



Anatomia e Fisiologia Humana

Anatomia e Fisiologia Humana

Isabel Cristina Chagas Barbin

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Ana Carolina de Castro Curado

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Leticia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbin, Isabel Cristina Chagas
B237a Anatomia e fisiologia humana / Isabel Cristina Chagas
Barbin. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
184 p.

ISBN 978-85-522-0528-9

1. Anatomia humana. 2. Fisiologia humana. I. Barbin,
Isabel Cristina Chagas. II. Título.

CDD 612

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 – Londrina – PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Conceitos gerais da anatomia e fisiologia e sistemas ósseo e articular _____	7
Seção 1.1 - Introdução aos estudos de anatomia e fisiologia humana _____	9
Seção 1.2 - Anatomia e fisiologia do sistema ósseo _____	22
Seção 1.3 - Anatomia e fisiologia do sistema articular _____	37
Unidade 2 Anatomia e fisiologia dos sistemas: muscular, nervoso central e periférico _____	53
Seção 2.1 - Anatomia e fisiologia do sistema muscular _____	55
Seção 2.2 - Anatomia e fisiologia do sistema nervoso central _____	70
Seção 2.3 - Anatomia e fisiologia do sistema nervoso periférico _____	86
Unidade 3 Anatomia e fisiologia dos sistemas: circulatório, respiratório e digestório _____	101
Seção 3.1 - Anatomia e fisiologia do sistema circulatório _____	103
Seção 3.2 - Anatomia e fisiologia do sistema respiratório _____	115
Seção 3.3 - Anatomia e fisiologia do sistema digestório _____	128
Unidade 4 Anatomia e fisiologia dos sistemas: urinário, reprodutor e endócrino _____	141
Seção 4.1 - Anatomia e fisiologia do sistema urinário _____	143
Seção 4.2 - Anatomia e fisiologia do sistema reprodutor _____	154
Seção 4.3 - Anatomia e fisiologia do sistema endócrino _____	168

Palavras do autor

Prezado aluno! Bem-vindo aos estudos da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana! Esta disciplina é base da formação do profissional que trabalha com a biologia do ser humano. As informações aprendidas nessa área futuramente serão associadas às áreas voltadas à funcionalidade do organismo humano e às patologias que o acometem, proporcionando, assim, a consolidação do aprendizado do ser humano biologicamente. Ela aborda a constituição macroscópica dos sistemas orgânicos do corpo humano, assim como sua funcionalidade.

O domínio e conhecimento deste tema são de extrema importância para o profissional das Ciências Biológicas, pois eles garantirão a competência do conhecimento e compreensão dos principais conceitos da anatomia e fisiologia humana, portanto, você será capaz de identificar, nomear e descrever os sistemas orgânicos com suas estruturas e processos fisiológicos.

Este livro didático será dividido em quatro unidades, na primeira você estudará os conceitos gerais de anatomia e fisiologia humana e a anatomia e fisiologia dos sistemas ósseo e articular, conhecerá os fundamentos para o estudo da anatomia e da fisiologia humana e a constituição e função dos componentes dos sistemas ósseos e articular. Na segunda unidade você estudará a anatomia e fisiologia dos sistemas muscular, nervoso central e periférico, e aprenderá as principais estruturas que os compõem e suas funções. Na terceira unidade você estudará a anatomia e fisiologia dos sistemas circulatório, respiratório e digestório, e aprenderá as principais estruturas que os compõem e suas funções. E, por fim, na quarta unidade você estudará a anatomia e fisiologia dos sistemas urinário, reprodutor e endócrino, e aprenderá as principais estruturas que os compõem e suas funções.

Com toda essa gama de informação, ao final dos estudos, você será capaz de compreender a constituição do corpo humano e seus processos fisiológicos que proporcionam a homeostasia, ou seja, o equilíbrio da funcionalidade do organismo humano. Vamos lá? Bons estudos!

Conceitos gerais da anatomia e fisiologia e sistemas ósseo e articular

Convite ao estudo

Você já refletiu sobre a importância de se estudar os princípios básicos da anatomia e da fisiologia humana? Pois bem, estes conhecimentos são importantes para o profissional da saúde e das ciências Biológicas, pois estes dois ramos da Biologia integram a constituição e a funcionalidade do corpo humano e proporcionam a base para o conhecimento fisiopatológico das principais doenças que acometem o organismo humano.

O estudo desta unidade permitirá a você conhecer os conceitos gerais de anatomia e fisiologia humana e anatomia e fisiologia dos sistemas ósseo e articular, além dos fundamentos para o estudo da anatomia e da fisiologia humana e a constituição e função dos componentes dos sistemas ósseo e articular. Ao término desta unidade, você terá atingido os objetivos de estudo e será capaz de identificar e nomear as principais estruturas que compõem estes sistemas orgânicos e compreenderá seus processos fisiológicos que permitem seu ideal funcionamento, além de ser capaz de aplicar o conhecimento adquirido no estudo em situações próximas da realidade profissional. Para auxiliar no desenvolvimento da competência anterior e atender aos objetivos específicos do tema em questão – Conceitos gerais de anatomia e fisiologia humana e anatomia e fisiologia dos sistemas ósseo e articular –, a seguir, será apresentada uma situação hipotética que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática. Vamos lá!

Carla está cursando o último ano do curso de graduação de Ciências Biológicas e a instituição de ensino superior onde estuda está pleiteando uma vaga para monitoria da disciplina

de Anatomia e Fisiologia Humana, que será ministrada para o primeiro ano do período da manhã. Como ela estuda no período da noite e tem afinidade com a disciplina, resolveu se candidatar para a vaga, pois, além de ajudá-la financeiramente, também viu como uma oportunidade de aprimorar seus estudos e se preparar para os desafios do mercado de trabalho, já que logo mais concluirá o curso e deverá transmitir estes conhecimentos aos seus futuros alunos.

Analisando essa situação, você consegue imaginar quais assuntos e conceitos são importantes que a aluna revise para ter chances de conquistar a vaga de monitoria?

Seção 1.1

Introdução aos estudos de anatomia e fisiologia humana

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo à primeira seção de estudos deste livro didático! A partir de agora você iniciará seus estudos sobre “Introdução aos estudos de anatomia e fisiologia humana”. Aprenderá, nesta seção, os princípios básicos e a terminologia aplicada nos estudos da anatomia e fisiologia, além de conhecer as principais estruturas anatômicas pertencentes aos sistemas ósseo e articular com suas respectivas funções. Agora, vamos relembrar a situação hipotética, apresentada no *Convite ao estudo*, que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

Carla, após fazer a inscrição no site da faculdade para a vaga de monitoria da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana do curso de Ciências Biológicas, baixou o arquivo com os temas que deveria estudar para o processo seletivo, que será realizado por meio da aplicação de uma prova objetiva sobre os temas da área. Além dos sistemas orgânicos que compõem o corpo humano, também consta como tema de estudo a parte introdutória da anatomia e fisiologia, que aborda os principais conceitos e terminologias da área. Sendo assim, explique quais são estes principais conceitos aplicados nos estudos de anatomia e fisiologia e sua importância para a compreensão orgânica.

Para que você consiga responder esse e outros questionamentos sobre os conceitos e a terminologia da anatomia e fisiologia, serão apresentados, de forma contextualizada na seção *Não pode faltar*, os conteúdos pertinentes a este tema.

Vamos lá, bons estudos!

Não pode faltar

Você já refletiu sobre a importância de estudar a anatomia e a fisiologia humana, principalmente para os profissionais da área

da saúde e das ciências biológicas? E para a pessoa leiga, qual é a importância de ter o conhecimento básico sobre o organismo humano? Para os profissionais da área da saúde e das ciências biológicas, é importante, pois estes temas são parte da Biologia que integram a constituição e a funcionalidade do corpo humano, proporcionando a base para o conhecimento fisiopatológico das principais doenças que acometem o organismo humano. Para a pessoa leiga, este conhecimento ajudará a reconhecer quando houver algo “errado” com o seu corpo, evitando, dessa forma, o agravamento de uma possível doença.



Refleta

Você já pensou em como e quando surgiu o interesse da humanidade em estudar a anatomia e a fisiologia do corpo humano? Você, com certeza, já ouviu histórias, geralmente de pessoas mais “velhas”, dizendo que antigamente haviam os curandeiros que eram responsáveis por “curar” as pessoas das enfermidades, e o fazia por meio da utilização de plantas, ervas e rezas. Dessa forma, a curiosidade e o interesse em se estudar o corpo humano, provavelmente surgiram há muito tempo pelos nossos ancestrais devido ao fato de as pessoas adoecerem e morrerem.

Introdução ao estudo de Anatomia e Fisiologia

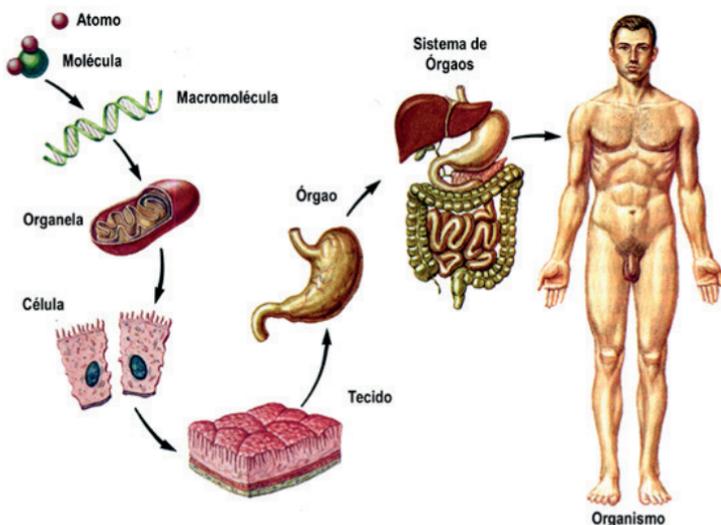
A anatomia é um dos ramos das ciências biológicas que estuda a morfologia do corpo humano, macro e microscopicamente. A palavra anatomia tem a origem grega e significa “cortar em partes”, o termo dissecação (cortar, incisar) é aplicado no estudo da anatomia com a utilização do cadáver humano. Sendo assim, a anatomia localiza, situa, divide e denomina as partes de todos os órgãos do corpo humano, enquanto que a fisiologia humana estuda as funções destas estruturas, e ambas devem ser estudadas juntas para proporcionar melhor compreensão do funcionamento do corpo humano em sua totalidade.

É importante ressaltar que o estudo da anatomia e da fisiologia envolve o conhecimento em conjunto da citologia (estudo das células), da histologia (estudo dos tecidos orgânicos) e da embriologia (estudo do desenvolvimento dos órgãos). Este conhecimento é importante, pois o organismo humano é organizado por níveis

estruturais e funcionais, dessa forma, a célula é a estrutura funcional básica da vida; é nela que ocorrem os processos orgânicos vitais da vida, por exemplo, o metabolismo celular, responsável pelo crescimento, reparo e replicação celular.

Os seres humanos são multicelulares e possuem trilhões de células, constituídas por átomos, os, por sua vez, formam as moléculas, que se agrupam e formam as organelas. Cada organela tem uma função específica no ambiente intracelular, são exemplos de organelas as mitocôndrias, responsáveis pela respiração celular, dentre outras. As células se agrupam de acordo com sua especialização e formam os tecidos. Existem quatro tipos principais de tecidos no organismo humano, são eles: o tecido epitelial, o conjuntivo, o nervoso e o muscular. Podemos citar como exemplo de tecido muscular o coração, tecido muscular estriado cardíaco, também denominado miocárdio, que tem a função de bombeamento do sangue para os vasos sanguíneos e estes para os tecidos. Os tecidos, por sua vez, formam os órgãos, que se agrupam conforme suas funções e formam um sistema, por exemplo, o estômago e os intestinos, os quais, juntos a outros órgãos, formam o sistema digestório, que tem a função de nutrir o organismo. E, por fim, o conjunto de sistemas formam o organismo humano.

Figura 1.1 | Organização do corpo humano



Fonte: Van de Graaff (2003, p. 29).

Agora que você já aprendeu a definição e a diferença entre anatomia e fisiologia, vamos compreender algumas regras que são aplicadas no estudo do corpo humano. Começando com a **Nomenclatura Anatômica**, conjunto de termos que são empregados na descrição das partes do organismo. Ela adota termos que associam as informações da estrutura referida, facilitando a interpretação. Além deste conjunto de terminologia, também existem abreviaturas que são utilizadas no estudo da anatomia e da fisiologia.



Exemplificando

Veja alguns exemplos da aplicação tanto da terminologia quanto das abreviaturas:

Terminologia:

- Quanto à forma: músculo trapézio.
- Quanto à posição ou situação: nervo mediano.
- Quanto às conexões ou inter-relações: ligamento sacroilíaco.
- Quanto à relação com o esqueleto: artéria radial.

Abreviaturas:

a. artéria - aa. artérias.

m. músculo - mm. músculos.

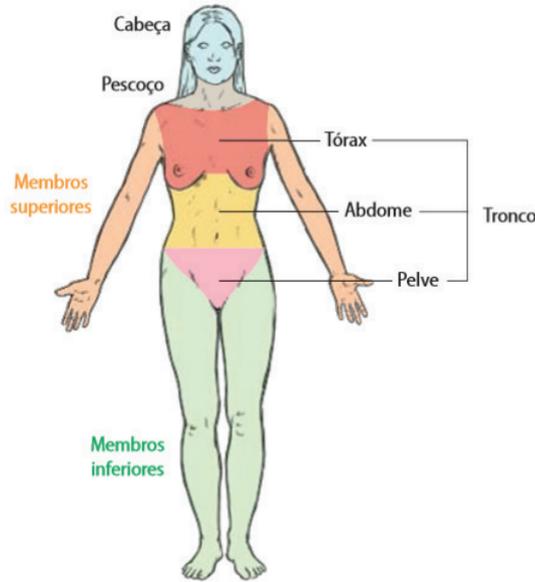
n. nervo - nn. nervos.

Fonte: DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia humana sistêmica e segmentar**: para o estudante de medicina. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1998.

Para estudar o corpo humano, primeiramente, ele deve ser dividido em partes: **cabeça, pescoço, tronco e membros**. A cabeça corresponde à extremidade superior do corpo e está unida ao tronco pelo pescoço; a região posterior do pescoço é denominada nuca, e a do tronco, dorso; o tronco compreende o tórax e o abdome com as respectivas cavidades torácica e abdominal; a cavidade abdominal prolonga-se inferiormente na cavidade pélvica; são 4 membros, sendo 2 superiores ou torácicos e 2 inferiores ou pélvicos, cada

membro apresenta uma raiz, pela qual está conectado ao tronco, e uma parte livre. Na transição entre o braço e o antebraço, há o cotovelo; entre o antebraço e a mão, o punho; entre a coxa e a perna, o joelho; e entre a perna e o pé, o tornozelo.

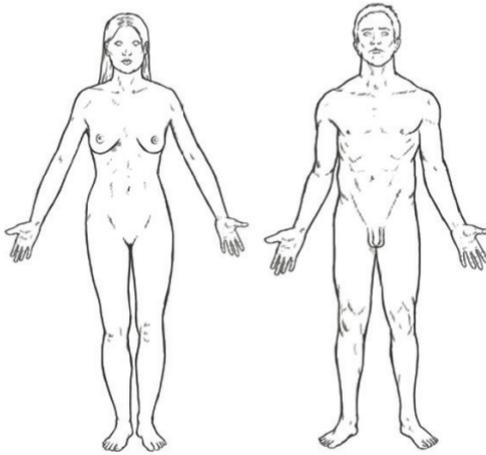
Figura 1.2 | Divisão do corpo humano



Fonte: Duarte (2009, p. 18).

A divisão do corpo humano e o seu estudo anatômico, seja do corpo humano como um todo ou em partes, deve sempre considerar a posição anatômica. Essa posição foi adotada com o objetivo de facilitar a descrição anatômica e evitar erros de termos durante a sua descrição, sendo assim, a posição anatômica adotada é: indivíduo em posição ereta (em pé, posição ortostática ou bípede), face voltada para a frente, olhar dirigido para o horizonte, membros superiores estendidos, aplicados ao tronco e com as palmas voltadas para a frente, membros inferiores unidos, com as pontas dos pés dirigidas para a frente. Independentemente do posicionamento do corpo no momento do estudo (decúbito dorsal, ventral ou lateral) as descrições anatômicas deverão ser feitas considerando o indivíduo em posição anatômica.

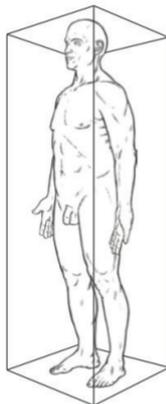
Figura 1.3 | Posição anatômica



Fonte: Duarte (2009, p. 17).

Além do conhecimento da divisão anatômica regional do corpo humano, ainda no seu estudo deve aplicar os chamados planos de delimitação, os quais tangenciam a superfície do corpo humano. Para sua melhor compreensão, imagine o corpo humano dentro de uma caixa retangular, conforme mostra a Figura 1.4. Você perceberá que a caixa tem quatro planos verticais e dois horizontais que tangenciam a superfície do corpo humano, observe o Quadro 1.1 que descreve estes planos.

Figura 1.4 | Planos de delimitação



Fonte: Duarte (2009, p. 19).

Quadro 1.1 | Planos de delimitação

Planos verticais	Descrição
Plano ventral ou anterior	Paralelamente ao abdome (frente da caixa)
Plano dorsal ou posterior	Paralelamente ao dorso (atrás da caixa)
Planos laterais direito e esquerdo	Paralelamente de cada lado do corpo (lado direito e lado esquerdo da caixa)
Planos horizontais	
Plano cefálico, cranial ou superior	Tangencia a cabeça (parte superior da caixa)
Plano podálico ou inferior	Passa junto à planta dos pés (parte inferior da caixa)

Fonte: adaptado de Dângelo e Fattini (1998).

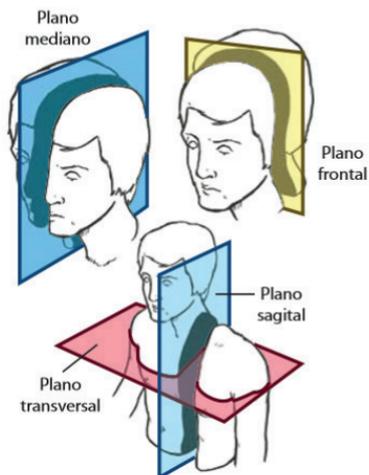
Também existem os planos de secção, que têm como significado cortar. Em alguns tipos de estudos e pesquisas em anatomia, é necessário realizar cortes na peça anatômica, sendo os sentidos destes cortes denominados planos de secção. São quatro planos de secção do corpo humano, veja no Quadro 1.2 e na Figura 1.5.

Quadro 1.2 | Planos de secção

Planos de secção	Descrição
Plano mediano	Plano vertical que divide o corpo do indivíduo em duas metades, aparentemente semelhantes (direita e esquerda).
Planos sagitais	São aqueles planos de secção do corpo feitos paralelamente ao plano mediano.
Plano frontal ou coronal	São todas aquelas secções paralelas aos planos ventral ou dorsal que dividem o corpo do indivíduo em duas partes: uma anterior (ventral) e a outra posterior (dorsal).
Plano transversal	São todas aquelas secções paralelas aos planos superior ou inferior. Este plano de secção divide o corpo do indivíduo em duas partes: superior e inferior.

Fonte: adaptado de Dângelo e Fattini (1998).

Figura 1.5 | Planos de secção



Fonte: Duarte (2009, p. 20).

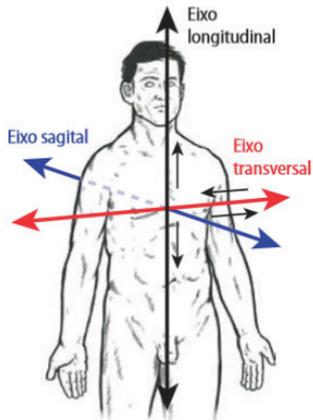
Também existem os eixos que atravessam o corpo em várias direções. São eixos imaginários que unem os centros dos planos de delimitação opostos e orientam os sentidos dos movimentos. Os principais eixos seguem três direções ortogonais, veja no Quadro 1.3 e na Figura 1.6.

Quadro 1.3 | Eixos do corpo humano

Eixos	Descrição
Eixo longitudinal ou superoinferior ou crânio-podálico	Une o centro do plano superior ao centro do plano inferior, exemplo: couro cabeludo e planta dos pés.
Eixo anteroposterior	Une o centro do plano dorsal ao centro do plano ventral, exemplo: umbigo e coluna vertebral.
Eixo laterolateral	Une o centro do plano lateral direito ao centro do plano lateral esquerdo, exemplo: regiões laterais direita e esquerda da parede anterolateral do abdome.

Fonte: adaptado de Dângelo e Fattini (1998).

Figura 1.6 | Eixos do corpo humano



Fonte: Duarte (2009, p. 19).

Embora o corpo apresente o mesmo padrão de construção, existem diferenças constitucionais entre as pessoas, dependendo do grau dessas diferenças temos que considerar **variação anatômica, anomalia e monstruosidade**.

- Variação anatômica: são pequenas diferenças morfológicas congênicas que podem apresentar-se externamente ou em qualquer dos sistemas do organismo, as quais não acarretam qualquer prejuízo ou distúrbio funcional para o indivíduo (DÂNGELO; FATTINI, 1998).

- Anomalia: malformação, quando o desvio do padrão anatômico perturba a função, acarretando prejuízos funcionais ao indivíduo (DÂNGELO; FATTINI, 1998).

- Monstruosidade: deformação que altera profundamente a construção do organismo. Muitas dessas deformidades são incompatíveis com a vida, por exemplo: agenesia (não formação) do encéfalo (DÂNGELO; FATTINI, 1998).

Ainda existem fatores que interferem na variação anatômica, porém são considerados fatores gerais e que estão relacionados com a idade, o gênero, a etnia e o biótipo.

Você sabe o que significa **homeostase**? É o equilíbrio no funcionamento do ambiente interno do organismo, que só ocorre graças à interação dos diversos processos reguladores que estão

presentes no organismo. Dessa forma, todos os sistemas orgânicos funcionam de forma integrada para manter a homeostase. São exemplos de equilíbrio orgânico a frequência cardíaca, a frequência respiratória, a temperatura, a pressão arterial, que se mantêm em níveis estáveis resultando em corpo saudável.



Assimile

Um aspecto importante da **homeostase**, ou seja, para o perfeito funcionamento celular, é a manutenção do volume e da composição dos líquidos corporais. Estes são formados pelo líquido intracelular (LIC), que fica no interior das células, e pelo líquido extracelular (LEC), que se encontra em vários locais, preenchendo os espaços entre as células dos tecidos, denominado líquido intersticial, no interior dos vasos sanguíneos, denominado plasma, nos vasos linfáticos linfa, no sistema nervoso central, líquido cefalorraquidiano, nas articulações líquido sinovial e no olho, denominado humor aquoso. Qualquer alteração que ocorra nesta composição destes líquidos que movimentam e transportam as mais diversas substâncias importantes para o organismo pode gerar a doença.

Para finalizar este tema de estudo sobre a introdução da anatomia e da fisiologia, cabe ressaltar a importância do conhecimento dessa parte introdutória que conceitua cada termo e significado utilizado no estudo do organismo humano. Por meio deste aprendizado será possível compreender e relacionar os processos fisiológicos dentro de sua normalidade, os processos patológicos que acometem o corpo humano, assim como, compreender os mecanismos farmacológicos dos medicamentos no organismo. Para isso, a partir dessa introdução, você se preparará para os próximos temas de estudos que abordarão, separadamente, cada sistema que compõe o organismo humano.



Pesquise mais

Ainda no estudo prático da anatomia é importante ter o conhecimento básico sobre os termos de posição e direção das estruturas anatômicas, além dos princípios gerais de construção do corpo humano. Para conhecer estes termos e aprofundar os assuntos tratados nesta seção,

leia o livro *Princípios de anatomia e fisiologia*, capítulo 1: introdução ao corpo humano (p. 1-26).

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre os conceitos gerais de introdução aos estudos de anatomia e fisiologia humana, você é capaz de analisar a situação-problema apresentada no *Diálogo aberto* e ajudar Carla, aluna do curso de Ciências Biológicas, que se candidatou a uma vaga para monitoria da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana, a lembrar quais são os principais conceitos aplicados nos estudos de anatomia e fisiologia?

É importante que ela resgate o conhecimento da terminologia aplicada nestes dois campos da biologia, como a nomenclatura anatômica e as regras de estudos do corpo humano, portanto, deve saber qual é a divisão do corpo humano em partes e regiões, os planos de delimitação e de secção, e os eixos de movimentos. Também é importante lembrar os conceitos de variação anatômica, anomalia e monstruosidade. Após revisar todos estes temas, ela deverá retomar os estudos sobre o processo de homeostase, isto é, o equilíbrio do funcionamento do organismo que o mantém sadio.

Esta revisão da introdução dos estudos de anatomia e fisiologia permitirá a Carla se preparar para os próximos temas das aulas, facilitando sua aplicação nas aulas práticas e no auxílio aos estudos dos alunos.

Avançando na prática

Homeostase

Descrição da situação-problema

Cátia é aluna do curso de Ciências Biológicas e está no período de estágio supervisionado, está acompanhando uma professora do ensino fundamental que leciona Biologia e que abordará, nesta

semana, os processos fisiológicos dos sistemas orgânicos do corpo humano. Sendo assim, a docente a orientou a revisar os principais conceitos de fisiologia e, principalmente, o processo de homeostase.

Analisando esta situação, responda: o que significa homeostase?

Resolução da situação-problema

Homeostase é o equilíbrio no funcionamento do ambiente interno do organismo; isso só ocorre graças à interação dos diversos processos reguladores que estão presentes no organismo. Dessa forma, todos os sistemas orgânicos funcionam de forma integrada para manter a homeostase.

Faça valer a pena

1. No estudo da anatomia existe a posição anatômica, que visa a orientação das partes do corpo humano durante seu estudo. Observe o texto a seguir sobre a descrição da posição anatômica e complete as lacunas:

Indivíduo em posição _____, face voltada para _____, olhar dirigido para o horizonte, membros superiores _____, aplicados ao tronco e com as palmas voltadas para frente, membros inferiores _____, com as pontas dos pés dirigidas para frente.

Assinale a alternativa que completa as lacunas corretamente:

- a) Deitada, trás, estendidos, fletidos.
- b) Sentada, lado, fletidos, estendidos.
- c) Ereta, frente, estendidos, unidos.
- d) Lateral, frente, abduzidos, estendidos.
- e) Sentada, lado, fletidos, unidos.

2. Embora o corpo apresente o mesmo padrão de construção, existem diferenças constitucionais entre as pessoas. Dependendo do grau dessas diferenças, elas recebem uma denominação específica. Quanto à morfologia anatômica do corpo humano, observe as colunas a seguir e associe as afirmativas com sua definição:

Coluna 1

I – Pequenas diferenças morfológicas congênitas que podem se apresentar externamente ou em qualquer um dos sistemas do organismo, sem acarretar qualquer prejuízo ou distúrbio funcional para o indivíduo.

II – Malformação, quando o desvio do padrão anatômico perturba a função, acarretando prejuízos funcionais ao indivíduo.

III – Deformação que altera profundamente a construção do organismo e muitas dessas deformidades são incompatíveis com a vida.

Coluna 2

A – Monstruosidade.

B – Anomalia.

C – Variação anatômica.

Assinale a alternativa que representa a associação correta:

a) I-C, II-B, III-A.

b) I-B, II-A, III-C.

c) I-A, II-C, III-B.

d) I-B, II-C, III-A.

e) I-A, II-B, III-C.

3. Complete o texto:

Equilíbrio no funcionamento do ambiente interno do organismo que só ocorre graças à interação dos diversos processos reguladores que estão presentes nele. Este processo é denominado _____.

Assinale a alternativa que completa o texto corretamente:

a) Anomalia.

b) Homeostase.

c) Metabolismo celular.

d) Planos de delimitação.

e) Replicação celular.

Seção 1.2

Anatomia e fisiologia do sistema ósseo

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo à segunda seção de estudos deste livro didático! A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre “Anatomia e fisiologia do sistema ósseo”. Aprenderá, nesta seção, as principais funções do sistema ósseo, os tipos de ossificação e de células ósseas, além de conhecer a classificação dos ossos e a divisão do esqueleto humano. Agora, vamos relembrar a situação hipotética, apresentada no *Convite ao estudo*, que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

Carla foi bem-sucedida na prova escrita do processo seletivo da faculdade para a vaga de monitoria da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana do curso de Ciências Biológicas e conquistou a vaga. Agora, está se preparando para as aulas, tendo como atividade auxiliar o professor titular da disciplina na organização do laboratório e na orientação dos estudos práticos com as peças anatômicas e nos procedimentos práticos em geral. Para isso, ela observou a ementa da disciplina com o cronograma e viu que a primeira aula prática se tratava do estudo anatômico e fisiológico do sistema ósseo. Dessa forma, é importante, além do conhecimento de quais são os principais ossos do corpo humano, que ela saiba responder aos seguintes questionamentos: quais são as funções do sistema ósseo; os tipos de ossificação; as células e substâncias ósseas; a classificação dos ossos e a divisão do esqueleto humano?

Para que você consiga responder esse e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema ósseo, serão apresentados, de forma contextualizada na seção *Não pode faltar*, os conteúdos pertinentes a este tema.

Vamos lá, bons estudos!

Não pode faltar

Você conhecerá, nesta seção, um pouco sobre a anatomia e fisiologia do sistema ósseo, e aprenderá sua importância para nosso organismo. Nesse contexto: você saberia dizer qual é o tecido orgânico mais resistente e “duro” do corpo humano? É o esmalte dos dentes, tecido considerado o mais resistente e mineralizado do corpo humano. O tecido ósseo é o segundo, formado por células e material extracelular calcificado, isto é, a matriz óssea. Portanto, os ossos são considerados peças rígidas, resistentes e capazes de suportar altas pressões.



Assimile

A histologia do tecido ósseo descreve as características microscópicas e a constituição do osso. Sendo assim, o tecido ósseo faz parte dos tecidos conjuntivos e contém as células e a matriz extracelular, sendo esta última formada por 25% de água, 25% de fibras colágenas mais as moléculas de proteoglicanas e glicoproteínas, e 50% de sais minerais cristalizados, sendo o mais abundante o fosfato de cálcio, que se combina com o hidróxido de cálcio, formando os cristais denominados hidroxiapatitas. Estes ainda se combinam com outros sais, como carbonato de cálcio, e com íons magnésio, fluoreto, potássio e sulfato. Os sais se cristalizam e depositam sobre as fibras colágenas, endurecendo o tecido ósseo (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Funções do sistema ósseo

O corpo humano possui 206 ossos, que se interligam por meio das articulações, para formar o arcabouço do corpo e desempenhar várias funções. Quando pensamos nos ossos e no esqueleto como um todo, com certeza, logo os associamos com as funções de sustentação do corpo humano e com os movimentos, no entanto, suas funções vão além disso. Portanto, os ossos apresentam funções tanto mecânicas quanto biológicas.

Funções mecânicas:

- **Sustentação do corpo:** o esqueleto proporciona sustentação para os tecidos moles do corpo humano, atuando, assim, como um arcabouço estrutural. A coluna vertebral, por exemplo, forma a armação estrutural para o tronco e o eixo central de sustentação do organismo.

- **Proteção de órgãos vitais:** os ossos formam um sistema de proteção de órgãos vitais em certas regiões do corpo, por exemplo, o crânio e a coluna vertebral, que protegem o sistema nervoso central, e a caixa torácica, que protege o coração e os pulmões.

- **Base mecânica para os movimentos:** os ossos fornecem pontos de fixação para os músculos, formando sistemas de alavancas juntamente das articulações. Assim quando os músculos se contraem, tracionam os ossos e, conseqüentemente, produz-se o movimento.

Funções biológicas:

- **Produção de células sanguíneas:** a maioria dos ossos do corpo humano aloja e protege a medula óssea, formadora das células sanguíneas, dos glóbulos vermelhos (eritrócitos) e brancos (leucócitos) e das plaquetas, processo este denominado hematopoese.

- **Armazenamento de sais (homeostase mineral):** os ossos atuam como um reservatório de sais minerais, como cálcio, fósforo, magnésio e íons, os quais contribuem para a resistência dos ossos e mantêm o equilíbrio orgânico e a constante concentração destes nos líquidos corporais.



Refleta

A medula óssea vermelha é um tipo de tecido conjuntivo e é constituída por células sanguíneas em desenvolvimento, fibroblastos, adipócitos e macrófagos. Está presente nos ossos em desenvolvimento do feto. No recém-nascido, toda a medula óssea é vermelha, e no adulto, parte dela se torna amarela (com acúmulo de adipócitos). Os principais ossos em

que se encontra a medula óssea vermelha no adulto são: quadril, costelas, crânio e nas extremidades dos ossos do braço e da coxa (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Refleta sobre este tema e pense: em qual processo patológico a medula óssea tem papel fundamental?

Tipos de células, ossificação e substâncias ósseas

Assim como os demais tecidos do organismo, o tecido ósseo também é formado por células, juntamente da matriz óssea. Existem três tipos de células ósseas, que têm sua origem a partir das células osteoprogenitoras ou osteogênicas, que são células-tronco não especializadas e derivadas do mesênquima. Observe o quadro a seguir sobre os tipos celulares.

Quadro 1.4 | Tipos celulares do tecido ósseo

Tipos	Definição
Osteoblastos	Células mais "jovens" que são responsáveis pela produção da matriz óssea, além de iniciarem a calcificação.
Osteócitos	São os osteoblastos na fase "adulta" ou forma "madura". Os osteócitos são responsáveis pela manutenção da matriz óssea.
Osteoclastos	São células responsáveis pela reabsorção da matriz óssea (remodelação óssea), liberando enzimas lisossômicas e ácidos que digerem proteínas e componentes minerais da matriz óssea. São importantes nos processos de desenvolvimento, manutenção e reparo ósseo.

Fonte: adaptado de Tortora e Derrickson (2016); D'Angelo e Fattini (1998).

Durante a fase embrionária e no período de toda a gestação, os ossos do embrião/feto estão se desenvolvendo e, de acordo com

a região dos ossos, eles podem sofrer dois tipos de ossificação, a intramembranosa ou a endocondral, sempre a partir de um tecido conjuntivo embrionário, inicialmente composto de células mesenquimais.

- **Ossificação intramembranosa (intramembranácea):** o osso se forma diretamente no interior de membranas de tecido conjuntivo (no mesênquima). É o processo formador dos ossos: frontal, parietal e de partes do occipital, do temporal, do maxilar e da mandíbula. Contribui para o crescimento dos ossos curtos e para o crescimento em espessura dos ossos longos. A parte da membrana conjuntiva que não sofre ossificação passa a constituir o endóstio e o perióstio.

- **Ossificação endocondral:** o osso se forma no interior de uma peça de cartilagem hialina (que teve origem a partir do mesênquima), de forma parecida à do osso que se formará porém de tamanho menor. É responsável pela formação dos ossos curtos e longos e pelo crescimento do osso em comprimento.

Quanto à vascularização dos ossos, assim como os demais tecidos e órgãos do corpo humano, os ossos necessitam de sangue para sua nutrição. Recebem suprimento arterial proveniente das artérias nutriciais que estão no perióstio. Além delas, as artérias epifisárias nutrem as extremidades dos ossos. A inervação dos ossos é feita pelos nervos periostais. Eles apresentam fibras que transmitem a sensação de dor, acompanham os vasos sanguíneos e inervam os ossos. O perióstio é sensível à lesão ou à tensão, o que explica a dor aguda que as pessoas sentem nas fraturas ósseas.



Assimile

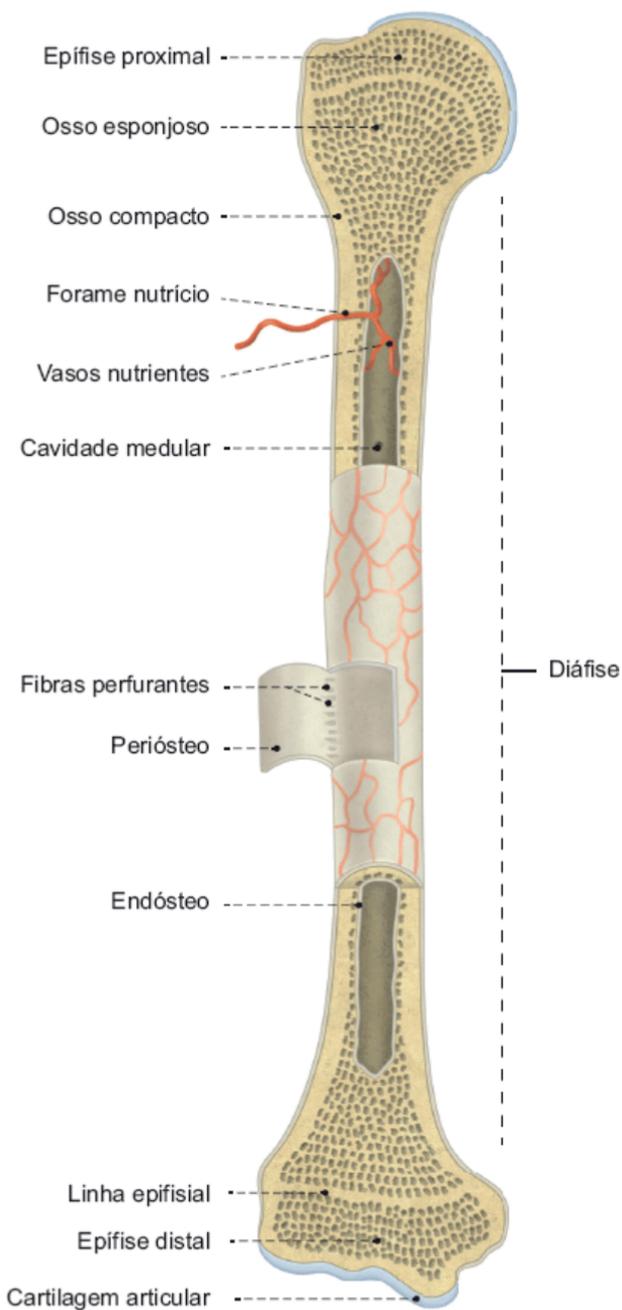
Perióstio: camada de tecido conjuntivo denso que reveste o osso externamente, com exceção dos locais de cartilagens articulares, apresenta uma camada de células osteogênicas internamente. É responsável pelo crescimento ósseo em espessura, proteção e reparo ósseo, além de auxiliar na nutrição do osso.

Endóstio: camada de tecido conjuntivo que reveste o osso internamente (voltada para o canal medular onde fica a medula óssea). Também apresenta uma camada de células osteogênicas (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Quando se observa uma peça óssea, nota-se que ela apresenta uma organização das trabéculas ósseas diferentes conforme a região, isso acontece porque os ossos em sua arquitetura apresentam dois tipos de substâncias: a compacta e a esponjosa. A compacta apresenta as trabéculas ósseas mais aderidas umas às outras e é mais resistente; situa-se principalmente na parte externa dos ossos. Já a substância esponjosa apresenta suas trabéculas mais espaçadas e desorganizadas, resultando em um aspecto de "esponja", por isso, a denominação osso esponjoso. A substância esponjosa é mais elástica e se encontra principalmente nas extremidades dos ossos longos e na parte interna dos ossos em geral.

O osso é revestido externamente, com exceção das partes articulares, por uma membrana denominada perióstio, que tem uma parte osteogênica (produz células ósseas), responsável pelo crescimento do osso em espessura e pelo reparo tecidual nos casos de fratura (forma o calo ósseo). Já no interior do osso existe a membrana que o reveste internamente no canal medular, denominada endóstio, a qual também apresenta a função osteogênica e é responsável pelo crescimento ósseo em espessura. As cavidades do osso esponjoso e o canal medular da diáfise dos ossos longos são ocupados pela medula óssea.

Figura 1.7 | Estruturas do osso longo



Fonte: Larosa (2017, [s.p.]).



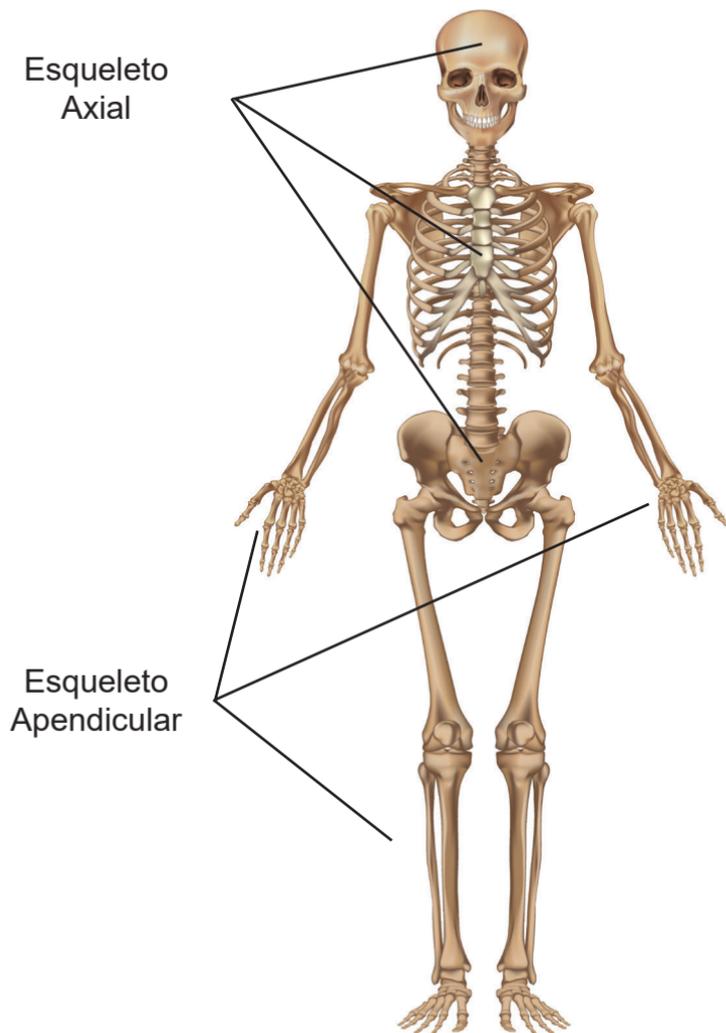
Vamos entender a ação destes elementos do osso em uma situação clínica, a fratura, por exemplo.

- Formação do hematoma de fratura: na lesão, os vasos sanguíneos são rompidos gerando um hematoma devido ao extravasamento do sangue, e células inflamatórias iniciam o processo de reparo da lesão.
- Formação do calo fibrocartilágneo: fibroblastos do periósteo depositam fibras colágenas no local da fratura, e condroblastos, também provenientes do periósteo, os quais produzem fibrocartilagem.
- Formação do calo ósseo: células osteogênicas se diferenciam em osteoblastos e iniciam a deposição de tecido ósseo, até que o calo se torne completamente ossificado.
- Remodelagem óssea: fase final da consolidação da fratura, os osteoclastos reabsorvem os fragmentos mortos no local da lesão e o excesso de tecido ósseo, remodelando-o. (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Divisão do esqueleto humano e classificação dos ossos

O esqueleto humano é dividido e classificado anatomicamente em duas partes: esqueleto axial e esqueleto apendicular. Os ossos do crânio, da coluna vertebral e do tórax constituem o esqueleto axial, enquanto os ossos dos membros superiores e dos inferiores, constituem o esqueleto apendicular. As chamadas cinturas ou cíngulos escapular e pélvico são responsáveis pela união entre as duas partes.

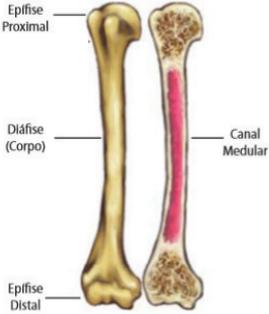
Figura 1.8 | Divisão do esqueleto humano: axial e apendicular

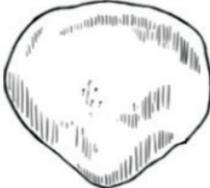


Fonte: Duarte (2009, p. 39).

Os ossos, além de serem classificados em axiais e apendiculares, também são classificados de acordo com sua morfologia, conforme a seguir:

Quadro 1.5 | Classificação morfológica dos ossos

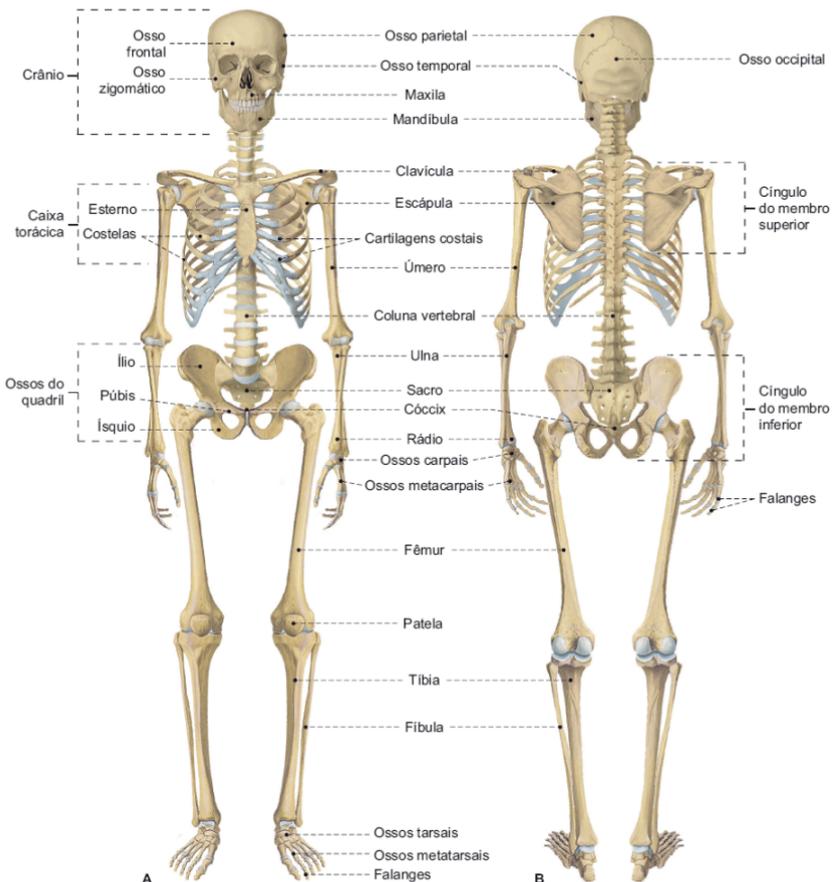
Tipos	Definição	Exemplo
Osso longo	Comprimento maior que a largura e a espessura e que tem canal medular em seu interior. Sua morfologia apresenta um corpo (diáfise) e duas extremidades (epífises distal e proximal). Esses ossos estão situados nos membros superiores e inferiores. Exemplos: úmero e fêmur.	<p>Úmero</p>  <p>Epífise Proximal</p> <p>Diáfise (Corpo)</p> <p>Canal Medular</p> <p>Epífise Distal</p> <p>Fonte: Duarte (2009, p. 33).</p>
Osso alongado	Comprimento predomina sobre a largura e a espessura, porém não apresenta canal medular. Exemplos: costelas e clavículas.	<p>Clavícula</p>  <p>Fonte: Duarte (2009, p. 34).</p>
Osso laminar ou plano	Comprimento e largura predominam sobre a espessura. Exemplos: ossos da calota craniana, escápula e ossos do quadril.	<p>Escápula</p>  <p>Fonte: Duarte (2009, p. 34).</p>
Osso curto	Comprimento, largura e espessura se equivalem. Exemplos: ossos do carpo e tarso.	<p>Tarso</p>  <p>Talus</p> <p>Calcâneo</p> <p>Cuboide</p> <p>Navicular</p> <p>Carpoíformes</p> <p>Fonte: Duarte (2009, p. 34).</p>

<p>Osso irregular</p>	<p>Apresentam forma diferente de qualquer figura geométrica conhecida. Exemplos: vértebras da coluna vertebral e mandíbula.</p>	<p>Vértebra</p>  <p>Fonte: Duarte (2009, p. 35).</p>
<p>Osso pneumático</p>	<p>Apresenta cavidade interna revestida de mucosa contendo ar (seios da face). Exemplos: frontal, maxila, etmoide e esferoide.</p>	<p>Maxila</p>  <p>Fonte: Duarte (2009, p. 35).</p>
<p>Ossos sesamoides</p>	<p>Pequenos ossos que se desenvolvem no interior de tendões ou da cápsula articular. Exemplo: patela.</p>	<p>Patela</p>  <p>Fonte: Duarte (2009, p. 35).</p>

Fonte: adaptado de Duarte (2009).

Veja na imagem a seguir os principais ossos do corpo humano e observe os exemplos de morfologia dos ossos.

Figura 1.9 | Principais ossos do corpo humano



Fonte: Larosa (2017, [s.p.]).



Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema ósseo, leia o livro *Princípios de Anatomia e Fisiologia*, capítulo 6: Sistema esquelético: tecido ósseo. (p. 171-193).

TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema ósseo, você é capaz de analisar a situação-problema apresentada no Diálogo aberto e ajudar Carla, aluna do curso de Ciências Biológicas, que conseguiu a vaga para monitoria da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana, a responder aos seguintes questionamentos: quais são as funções do sistema ósseo; os tipos de ossificação; as células e substâncias ósseas; a classificação dos ossos e a divisão do esqueleto humano?

Bom, vamos lá! Começando pelas funções, são elas: sustentação do corpo; proteção de órgãos vitais; base mecânica para os movimentos; produção de células sanguíneas e armazenamento de sais. Os tipos de ossificação são dois: a intramembranosa, que tem origem a partir da membrana mesênquima, e a endocondral, que se origina em um molde cartilágneo.

Os ossos são classificados em: longo, alongado, laminar, curto, irregular, pneumático e sesamoide. E o esqueleto humano é dividido anatomicamente em duas partes, esqueleto axial e esqueleto apendicular. Os ossos do crânio, da coluna vertebral e do tórax constituem o esqueleto axial, enquanto os ossos dos membros superiores e dos inferiores constituem o esqueleto apendicular.

Avançando na prática

Aula de anatomia e fisiologia do sistema ósseo

Descrição da situação-problema

Fernanda é aluna do curso de Ciências Biológicas e apresentará na disciplina de Anatomia e Fisiologia humana um trabalho em que deverá simular uma aula ministrada e direcionada para o ensino fundamental sobre o sistema ósseo. No entanto, ela deverá explicar as funções do sistema e apresentar o esqueleto humano.

Analisando esta situação, é importante que Fernanda saiba responder aos seguintes questionamentos para estar apta a ministrar a aula: quais são as funções do sistema ósseo e qual é a divisão e classificação do esqueleto humano?

Resolução da situação-problema

Fernanda deve preparar uma aula iniciando com a apresentação do sistema ósseo e explicar sua importância para o organismo, sendo assim, as funções deste sistema são: sustentação do corpo; proteção de órgãos vitais; base mecânica para os movimentos; produção de células sanguíneas; e armazenamento de sais. Em seguida, deve apresentar o esqueleto humano e explicar sua divisão: é dividido anatomicamente em duas partes, esqueleto axial e esqueleto apendicular, sendo que, os ossos do crânio, da coluna vertebral e do tórax constituem o esqueleto axial, enquanto os ossos dos membros superiores e inferiores constituem o esqueleto apendicular.

Faça valer a pena

1. O tecido ósseo é um dos tecidos mais resistentes e rígidos do corpo humano, é formado por tecido conjuntivo, constituído por células e material intercelular calcificado, isto é, a matriz óssea. Ele desenvolve-se a partir de tecido conjuntivo embrionário, esse modelo de osso que se forma durante a gestação pode sofrer dois tipos de ossificações.

Considerando os tipos de ossificações, avalie as afirmativas a seguir:

I – A ossificação do tipo intramembranosa surge no interior de membranas de tecido conjuntivo.

II – A ossificação do tipo endocondral surge a partir de um molde de tecido cartilágneo.

III – A ossificação do tipo intramembranosa ocorre a partir das substâncias compactas ósseas.

IV – A ossificação endocondral ocorre a partir das substâncias esponjosas da matriz óssea.

V – Ambos os tipos de ossificação ocorrem a partir de um tecido comum, o tecido cartilágneo que origina os osteoblastos.

Assinale a alternativa que apresenta a resposta correta sobre os tipos de ossificação:

- a) Apenas afirmativas I e II.
- b) Apenas afirmativas III e IV.
- c) Apenas afirmativas III e V.
- d) Apenas afirmativas I e IV.
- e) Apenas afirmativas I e III.

2. Assim como todos os demais tecidos do organismo, o tecido ósseo também é formado por células, juntamente da matriz óssea. Existem três tipos de células ósseas, que têm sua origem a partir das células osteoprogenitoras ou osteogênicas, que são células-tronco não especializadas e derivadas do mesênquima.

Sobre as células ósseas, avalie as colunas e as correlacione:

Coluna 1: Células

A – Osteoblastos.

B – Osteócitos.

C – Osteoclastos.

Coluna 2: Definição

I – Células responsáveis pela reabsorção da matriz óssea por meio da liberação de enzimas lisossômicas e ácidos que digerem proteínas e componentes minerais da matriz óssea.

II – Células “adultas” ou forma “madura”, responsáveis pela manutenção da matriz óssea.

III – Células “jovens”, responsáveis pela produção da matriz óssea e por iniciar a calcificação.

Analise as alternativas e assinale a que apresenta a relação correta entre as colunas:

a) A-I, B-II, C-III.

b) A-II, B-III, C-I.

c) A-I, B-III, C-II.

d) A-III, B-II, C-I.

e) A-II, B-I, C-III.

3. O esqueleto humano adulto apresenta 206 ossos, que se interligam por meio das articulações, para formar o arcabouço do corpo e desempenhar várias funções. Anatomicamente, o esqueleto apresenta duas classificações ou divisões. Considerando esta divisão, analise as alternativas.

Assinale a alternativa que apresenta a divisão do esqueleto humano:

a) Esqueleto do crânio e membros.

b) Esqueleto da coluna vertebral e membros.

c) Esqueleto do tórax e coluna vertebral.

d) Esqueleto axial e apendicular.

e) Esqueleto apendicular e coluna vertebral.

Seção 1.3

Anatomia e fisiologia do sistema articular

Diálogo aberto

Olá, aluno!

Seja bem-vindo a mais uma seção de estudos deste livro didático! A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre “Anatomia e fisiologia do sistema articular”. Aprenderá, nesta seção, a definição, a classificação e as características de cada tipo de articulação, fibrosa, cartilaginosa e sinovial. Agora, vamos relembrar a situação hipotética, apresentada no *Convite ao estudo*, que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

A segunda aula do cronograma da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana se trata do estudo anatômico e fisiológico do sistema articular e Carla, agora, precisa conhecer quais são as principais articulações do corpo humano, além de saber responder aos seguintes questionamentos: quais são os tipos de articulações existentes e suas características que as diferem, tanto morfológica quanto funcionalmente?

Para que você consiga responder esses e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema articular, serão apresentados, de forma contextualizada na seção *Não pode faltar*, os conteúdos pertinentes a este tema.

Vamos lá, bons estudos!

Não pode faltar

Você conhece a função do sistema articular no corpo humano? Imagine seu corpo ereto e imóvel; sem as articulações seria dessa forma, o corpo sem movimento. É importante, antes de continuar o estudo sobre as articulações, ressaltar que o movimento

propriamente dito é realizado pelos músculos, que apresentam as proteínas contráteis (actina e miosina) que realizam o movimento em si, por meio da contração das fibras musculares. Já os ossos servem como sistema de alavancas e as articulações proporcionam aos segmentos corporais os movimentos amplos ou limitados.

Este estudo lhe auxiliará a conceituar e a classificar os tipos de articulações, se fibrosas, cartilagíneas e sinoviais, os elementos constantes e inconstantes, os movimentos e a forma das superfícies ósseas articulares.

Dessa maneira, vamos começar os estudos com a definição de articulação! A articulação consiste em conjunto de estruturas moles e rígidas que se unem para formar o esqueleto humano. Sendo assim, elas mantêm os ossos unidos entre si, proporcionam estabilidade e possibilitam que o organismo execute alguns movimentos de maior ou menor amplitude. Artrologia é o estudo das articulações e cinesiologia, o estudo dos movimentos do corpo humano.

Classificação das articulações

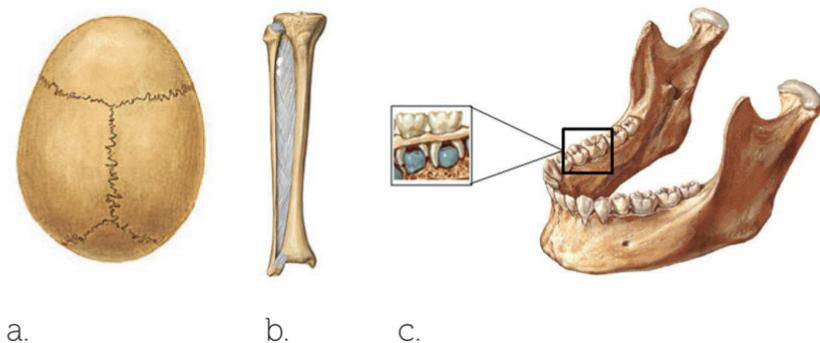
As articulações são classificadas de acordo com aspectos tanto estruturais, quanto funcionais, ou seja, pelo tecido que as interpõe e pelos movimentos que geram. Sendo assim, existem três tipos com base estrutural: fibrosas, cartilagíneas e sinoviais, e funcionalmente também são classificadas em três tipos: sinartrose, anfiartrose e diartrose. Vamos conhecer estes tipos de articulações!

Articulação fibrosa ou sinartrose: é classificada como fibrosa, pois não apresenta cavidade articular, e os ossos são unidos por tecido conjuntivo denso (fibroso), que não permite mobilidade alguma. Sinartrose devido à sua característica de não apresentar movimentos, sendo imóvel, fixa. Existem três tipos de articulações fibrosas no corpo humano: as suturas, as sindesmoses e as gonfoses (DÂNGELO ; FATTINI, 1998).



Como exemplo de suturas, podemos citar as articulações entre os ossos do crânio, de sindesmoses, a união entre os ossos da articulação entre os corpos dos ossos da tíbia e da fíbula, articulação tibiofibular distal, em que a união é feita pelo ligamento fibroso tibiofibular anterior e posterior, juntamente à membrana interóssea fazem a união entre estes dois ossos sem permitir movimentos. E, por fim, a gonfose, que se encontra somente entre os dentes e os alvéolos dentários da maxila e da mandíbula. Os dentes estão fixados nos ossos por intermédio de tecido conjuntivo fibroso.

Figura 1.10 | Articulações fibrosas: a) suturas; b) sindesmoses; c) gonfose



Fonte: Netter (2000, [s.p.]).

Articulação cartilaginosa ou anfiartrose: é classificada como cartilaginosa, pois apresenta elementos que unem os ossos compostos de tecido cartilaginoso. Esse tecido apresenta pouca mobilidade e, por isso, este tipo de articulação é funcionalmente classificada como semimóvel e anfiartrose. Pode-se encontrar dois tipos de articulações cartilaginosas no corpo humano: as sincondroses e as sínfises (DÂNGELO ; FATTINI, 1998).

Como exemplo de articulações do tipo sincondroses em que a união entre os ossos ocorre por meio de cartilagem hialina, podemos citar as articulações entre as dez primeiras costelas e as cartilagens costais da caixa torácica, elas são responsáveis pela expansão da

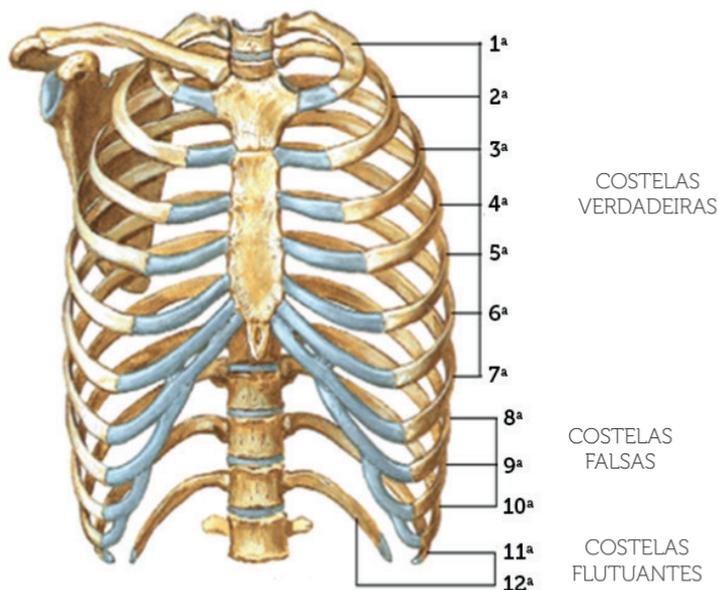
caixa torácica durante os movimentos respiratórios, outro exemplo de sincondrose é a cartilagem epifisial que se localiza entre a epífise e a diáfise dos ossos longos em fase de crescimento. E a do tipo sínfise, em que a união entre os ossos se faz por meio de tecido fibrocartilaginoso, é o que acontece na união entre os corpos das vértebras (articulações intervertebrais) e também na sínfise púbica. Nesses locais, o disco intervertebral e o disco interpúbico de constituição fibrocartilaginosa se interpõem às vértebras e aos ossos púbicos, respectivamente (DÂNGELO ; FATTINI, 1998).



Refleta

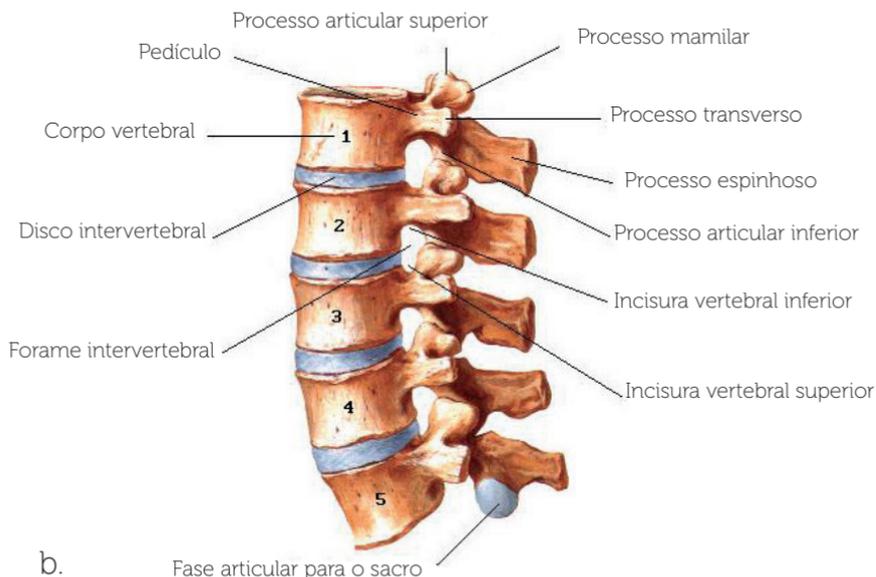
Você já deve ter ouvido alguém dizer em hérnia de disco, trata-se de uma doença que afeta o disco intervertebral da articulação intervertebral, devido à protrusão do disco, que causa pressão nos nervos espinais, muito comum no nervo isquiático. Reflita sobre qual outra alteração patológica pode ocorrer neste tipo de articulação?

Figura 1.11 | Articulações cartilagueas: a) sincondrose; b) sínfise



a.

Vértebras Lombares - Articuladas Vista Lateral Esquerda



Fonte: Netter (2000, [s.p.].

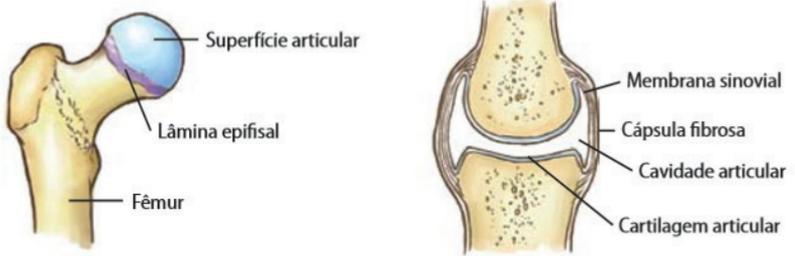
Articulação sinovial ou diartroses: é classificada como sinovial, pois apresenta cavidade articular entre os ossos, preenchida com líquido sinovial. Este tipo de articulação apresenta grande amplitude de movimento e, por isso, é classificada como diartrose. Esta característica de grande amplitude de movimento ocorre porque a união entre os ossos é feita por meio da cápsula articular, mantendo um espaço entre as superfícies ósseas articulares. Os movimentos que realizamos no dia a dia, por exemplo, quando andamos, estamos usando as articulações do tipo sinovial. Nesse tipo de articulação, os movimentos são delimitados apenas por ligamentos, tendões, músculos e ossos adjacentes. Apresentam elementos constantes e inconstantes: os constantes são aqueles que estão presentes em todas as articulações do tipo sinovial, já os inconstantes estão presentes apenas em algumas delas. Veja o quadro a seguir que descreve estes elementos (DÂNGELO ; FATTINI, 1998).

Quadro 1.6 | Elementos constantes e inconstantes das articulações sinoviais

Elementos constantes	Definição
Superfície articular	Superfícies de contato entre os ossos que formam a articulação.
Cartilagem articular	Cartilagem hialina situada nas extremidades dos ossos que se articulam.
Cápsula articular	Membrana fibrosa externa (revestida internamente pela membrana sinovial), principal meio de união dos ossos.
Membrana sinovial	Tecido maleável que reveste internamente toda articulação, responsável pela produção do líquido sinovial.
Líquido sinovial	Filtrado do plasma que lubrifica e nutre a articulação, é secretado por células da membrana sinovial.
Cavidade articular	Espaço entre os ossos que se articulam, preenchido de líquido sinovial.
Elementos inconstantes	Definição
Discos articulares	Estrutura fibrocartilaginosa que tem como função ajustar a congruência das superfícies articulares. Exemplo: articulação temporomandibular.
Meniscos	Estruturas fibrocartilaginosas em forma de meia-lua. Atuam como amortecedores de peso e permitem a estabilização da articulação. Exemplo: articulação do joelho.
Lábio articular	Estrutura em forma de anel que amplia uma das superfícies articulares. Exemplo: na escápula da articulação do ombro e na articulação do quadril.
Ligamentos	Estruturas ricas em fibras colágenas e elásticas que ajudam na fixação dos ossos articulados.
Bursas sinoviais	Bolsas que se assemelham à cápsula articular, preenchidas com líquido semelhante ao sinovial e têm a função de reduzir ou evitar atrito entre estruturas articulares e também entre tendões.

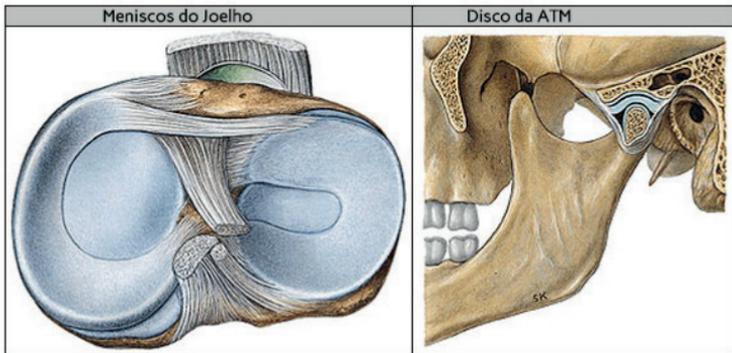
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 1.12 | Elementos constantes das articulações sinoviais



Fonte: Duarte (2009, p. 49).

Figura 1.13 | Elementos inconstantes das articulações sinoviais



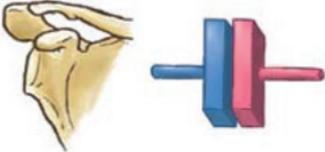
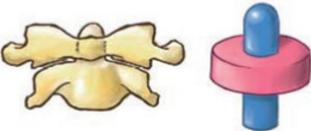
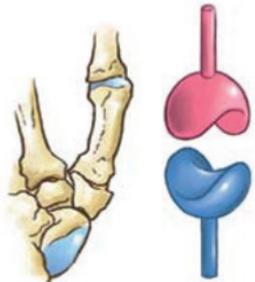
Fonte: Sobotta e Becher (2000, [s.p.]).



Assimile

As articulações sinoviais ainda podem ser classificadas de acordo com a forma das superfícies articulares, são elas: plana, gínglimo, trocoide, selar, condilar e esferoide, observe o quadro a seguir.

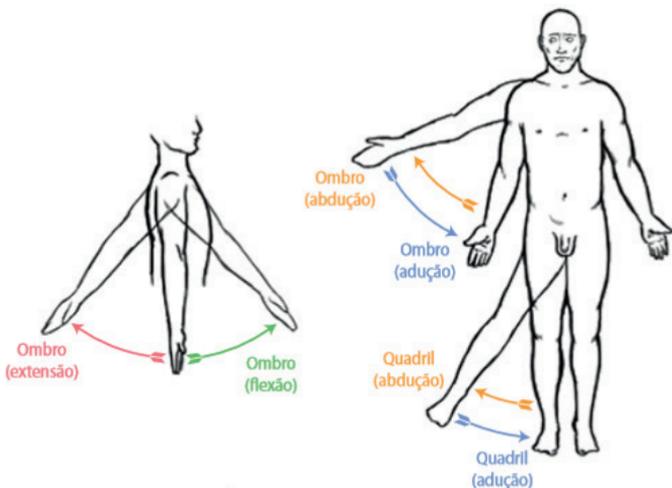
Quadro 1.7 | Classificação morfológica das articulações sinoviais

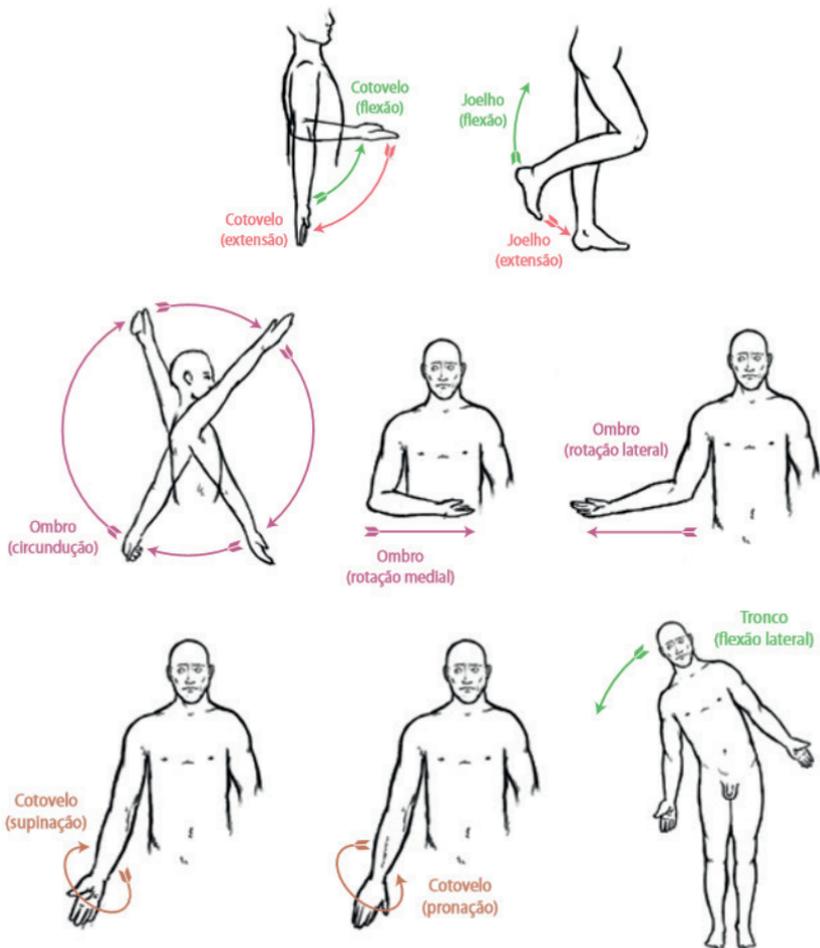
Tipo	Descrição	Exemplo
Plana	Superfícies de contato planas ou ligeiramente planas. Elas permitem apenas o movimento de deslizamento entre os ossos. Exemplo: acromioclavicular.	<p>Art. acromioclavicular</p>  <p>Fonte: Duarte (2009).</p>
Gínglimo	Também conhecida com dobradiça, a forma das superfícies articulares permite os movimentos de flexão e extensão. Exemplo: cotovelo e entre as falanges nos dedos.	<p>Art. cotovelo</p>  <p>Fonte: Duarte (2009).</p>
Trocoide	Superfícies articulares cilíndricas com forma de pivô que permitem a rotação. Exemplo: articulação radioulnar proximal, pronação e supinação e atlanto-axial, rotação.	<p>Art. atlanto-axial</p>  <p>Fonte: Duarte (2009).</p>
Selar	Superfícies articulares com a forma de sela de montaria. Permitem os movimentos de flexão e extensão, adução e abdução. Exemplo: articulação carpometacárpica, na base do 1º dedo (polegar).	<p>Art. carpometacárpica</p>  <p>Fonte: Duarte (2009).</p>

<p>Condilar</p>	<p>Superfície articular ligeiramente côncava e outra levemente convexa. Permite os movimentos de flexão e extensão, adução e abdução e circundução. Exemplo: articulação entre o rádio e o carpo (art. radiocárpica ou punho).</p>	<p>Art. metacarpofalângica</p>  <p>Fonte: Duarte (2009).</p>
<p>Esferoide</p>	<p>Superfícies ósseas formadas por uma cabeça esférica de um osso, contrapondo-se a uma cavidade em forma de taça do outro. Permitem os movimentos de flexão e extensão, adução e abdução, rotação lateral e medial, e circundução. Exemplo: ombro (art. escápulo-umeral) e quadril.</p>	<p>Art. quadril</p>  <p>Fonte: Duarte (2009).</p>

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 1.14 | Movimentos das articulações sinoviais





Fonte: Duarte (2009, p. 52).



Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema articular, leia o livro *Princípios de anatomia e fisiologia*, capítulo 9: Articulações (p. 264-290).

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do articular, você é capaz de analisar a situação-problema apresentada no Diálogo aberto e ajudar Carla, aluna do curso de Ciências Biológicas, que conseguiu a vaga para monitoria da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana, a responder aos seguintes questionamentos: quais são os tipos de articulações existentes e suas características que as diferem, tanto morfológica quanto funcionalmente?

As articulações são classificadas de acordo com aspectos tanto estruturais, onde consideramos a morfologia, quanto funcionais, pelo tecido que as interpõe e pelos movimentos que geram. Desta forma, existem três tipos com base estrutural que são: fibrosas, cartilagíneas e sinoviais, e funcionalmente, também são classificadas em três tipos: sinartrose, anfiartrose e diartrose. A articulação fibrosa ou sinartrose é classificada como fibrosa, pois não apresenta cavidade articular, e os ossos são unidos por tecido conjuntivo denso (fibroso) que não permite mobilidade alguma. Sinartrose devido à sua característica de não apresentar movimentos, sendo imóvel, fixa. Existem três tipos de articulações fibrosas no corpo humano, as suturas, as sindesmoses e as gonfoses. Articulação cartilagínea ou anfiartrose é classificada como cartilagínea, pois apresenta elementos que unem os ossos compostos de tecido cartilagíneo, esse tecido apresenta pouca mobilidade e, por isso, este tipo de articulação é funcionalmente classificada como semimóvel e anfiartrose. Pode-se encontrar dois tipos de articulações cartilagíneas no corpo humano: as sincondroses e as sínfises. Articulação sinovial ou diartrose é classificada como sinovial, pois apresenta cavidade articular entre os ossos, preenchida com líquido sinovial. Este tipo de articulação apresenta grande amplitude de movimento e, por isso, é classificada como diartrose. Esta característica de grande amplitude de movimento ocorre porque a união entre os ossos é feita por meio da cápsula articular, mantendo um espaço entre as superfícies ósseas articulares.

Aprendendo os movimentos do corpo humano

Descrição da situação-problema

Carlos é biólogo e foi convidado a ministrar uma aula de Anatomia para alunos do ensino fundamental, na “semana da saúde”. Ele deverá desenvolver uma aula diferenciada sobre a anatomia e fisiologia do sistema articular. Nesta aula, ele deverá, além de explicar a diferença entre os tipos de articulações, explicar os subtipos de acordo com a morfologia das articulações do tipo sinovial e demonstrar os movimentos que são permitidos por elas.

Analisando esta situação, é importante que Carlos saiba responder: quais são estes tipos de articulações sinoviais de acordo com a morfologia e quais são os movimentos realizados por elas?

Resolução da situação-problema

As articulações sinoviais ainda podem ser classificadas de acordo com a forma das superfícies articulares: plana, superfícies de contato planas ou ligeiramente planas. Elas permitem apenas o movimento de deslizamento entre os ossos; gínglimo, também conhecida como dobradiça, a forma das superfícies articulares permite os movimentos de flexão e extensão; trocoide, superfícies articulares cilíndricas com forma de pivô e que permitem a rotação; selar, superfícies articulares com a forma de sela de montaria. Permitem os movimentos de flexão e extensão, adução e abdução; condilar, superfície articular ligeiramente côncava e outra levemente convexa. Permite os movimentos de flexão e extensão, adução e abdução, e circundução; esferoide, superfícies ósseas formadas por uma cabeça esférica de um osso contrapondo-se a uma cavidade em forma de taça do outro. Permitem os movimentos de flexão e extensão, adução e abdução, rotação lateral e medial, e circundução.

Faça valer a pena

1. Os ossos, as articulações e os músculos formam o aparelho locomotor, o qual nos permite a locomoção e todos os demais movimentos do corpo humano. A articulação consiste em conjunto de estruturas moles e rígidas que se unem para formar o esqueleto humano. Sendo assim, elas mantêm os ossos unidos entre si, proporcionando estabilidade e possibilitando que o organismo execute alguns movimentos de maior ou menor amplitude.

Com base em seu conhecimento sobre as articulações, avalie as afirmativas a seguir:

I. Articulação fibrosa é classificada como semimóvel, pois apresenta tecido cartilágneo entre as peças ósseas que a interpõe.

II. Articulação cartilágnea é classificada como semimóvel, pois apresenta tecido cartilágneo entre as peças ósseas que a interpõe.

III. Articulação sinovial é classificada como móvel, pois apresenta componente entre os ossos que permite os movimentos, tais como: cavidade articular, cápsula articular, líquido sinovial, cartilagem articular, dentre outros.

IV. Articulação fibrosa é classificada como imóvel, pois apresenta tecido fibroso, o qual une fortemente as peças ósseas que a interpõe.

V. Articulação sinovial é classificada como semimóvel, pois apresenta tecido conectivo fibroso entre os ossos que a interpõe.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) Afirmativas I e II.
- b) Afirmativas II e V.
- c) Afirmativas II, III e IV.
- d) Afirmativas III e V.
- e) Afirmativa IV.

2. As articulações sinoviais são aquelas que apresentam grande amplitude de movimento e se caracterizam pela presença de uma cavidade articular. Nesse tipo de articulação, os movimentos são delimitados apenas por ligamentos, tendões, músculos e ossos adjacentes.

Sobre os elementos presentes nas articulações sinoviais, analise as colunas e as correlacione:

Coluna 1: Elementos

- A. Cápsula articular.
- B. Membrana sinovial.
- C. Líquido sinovial.

Coluna 2: Definição

- I. Membrana fibrosa externa, principal meio de união dos ossos.
- II. Tecido maleável que reveste internamente toda articulação, responsável pela produção do líquido sinovial.
- III. Filtrado do plasma que lubrifica e nutre a articulação, é secretado por células da membrana sinovial.

Analise as alternativas e assinale a que apresenta a relação correta entre as colunas:

- a) A-I, B-II, C-III.
- b) A-II, B-III, C-I.
- c) A-I, B-III, C-II.
- d) A-III, B-II, C-I.
- e) A-II, B-I, C-III.

3. A articulação sinovial apresenta cavidade articular entre os ossos, preenchida com líquido sinovial. Este tipo de articulação apresenta grande amplitude de movimento e, por isso, classificada como diartrose. Apresenta elementos constantes, que estão presentes obrigatoriamente em todas as articulações deste tipo, e os inconstantes, que se apresentam apenas em algumas articulações sinoviais.

Como se denomina a estrutura fibrocartilaginosa que tem como função ajustar a congruência das superfícies articulares nas articulações sinoviais?

- a) Cápsula articular.
- b) Ligamento.
- c) Bursa sinovial.
- d) Disco articular.
- e) Cartilagem articular.

Referências

- DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia humana sistêmica e segmentar: para o estudante de medicina**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1998.
- DUARTE, H. E. **Anatomia humana**. Florianópolis: DECTI da Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Saunders, 2006.
- LAROSA, P. R. **Anatomia humana: texto e atlas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.
- MIELNIK, N.; MIELNIK, S. **Terminologia anatômica internacional**. Sociedade Brasileira de Anatomia. Barueri: Manole, 2001.
- NETTER, F. H. **Atlas de anatomia humana**. 8. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1966. v. 1.
- _____. **Atlas de anatomia humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- RIZZO, D. C. **Fundamentos de anatomia e fisiologia**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- SOBOTTA, J.; BECHER, H. **Atlas de anatomia humana**. 21. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- TERMINOLOGIA anatômica internacional. Sociedade Brasileira de Anatomia. Barueri: Manole, 2001.
- TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- VAN DE GRAAF, K. M. **Anatomia humana**. 6. ed. Barueri: Manole, 2003.

Anatomia e fisiologia dos sistemas: muscular, nervoso central e periférico

Convite ao estudo

Olá, caro aluno, agora que você já estudou os conceitos e os princípios básicos da anatomia e fisiologia, além dos sistemas ósseo e articular, iniciará o estudo sobre a anatomia e fisiologia dos sistemas muscular e nervoso. Sendo assim, o estudo desta unidade permitirá a você conhecer os conceitos gerais de anatomia e fisiologia humana e anatomia e fisiologia dos sistemas muscular e nervoso, e conhecerá a constituição e função dos componentes dos sistemas muscular e nervoso. Ao término desta unidade, você terá atingido os objetivos de estudo e será capaz de identificar e nomear as principais estruturas que compõem estes sistemas orgânicos e compreenderá seus processos fisiológicos que permitem seu ideal funcionamento, além de ser capaz de aplicar o conhecimento adquirido no estudo em situações próximas da realidade profissional. Para auxiliar no desenvolvimento da competência acima e atender aos objetivos específicos do tema em questão, "Anatomia e Fisiologia dos sistemas: muscular, nervoso central e periférico", a seguir daremos continuidade à situação hipotética que foi apresentada na Unidade 1, que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática. Vamos lá!

Carla, aluna do último ano do curso de graduação de Ciências Biológicas, conseguiu a vaga para monitoria da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana, ministrada para o primeiro ano do curso de graduação de Ciências Biológicas, do período da manhã, na Instituição de ensino superior onde estuda. Já auxiliou a professora com as aulas de introdução aos estudos de anatomia e fisiologia e dos sistemas ósseo e articular. Agora ela terá que se preparar para as próximas aulas, que serão de

anatomia e fisiologia dos sistemas muscular e nervoso central e periférico. Portanto, nesta unidade você acompanhará Carla nos preparos e estudos para estas aulas. Vamos lá!

Seção 2.1

Anatomia e fisiologia do sistema muscular

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo à primeira seção de estudos da segunda unidade de ensino deste livro didático! A partir de agora você iniciará seus estudos sobre “Anatomia e fisiologia do sistema muscular”. Aprenderá nesta seção os tipos de tecido muscular existentes no corpo humano, a mecânica muscular e a origem e inserção dos músculos estriados esqueléticos, e compreenderá a fisiologia da contração muscular e a definição de placa e unidade motora. Agora vamos lembrar a situação hipotética que foi apresentada no “Convite ao estudo”, que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

A próxima aula em que Carla vai auxiliar sua professora abordará a anatomia e fisiologia do sistema muscular, para isso, ela terá que estudar os principais conceitos aplicados neste tema, para saber responder aos seguintes questionamentos: quais são os tipos de tecido muscular existentes no corpo humano? Como acontece a contração muscular? E qual a definição de placa e unidade motora?

Para que você consiga responder a esses e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema muscular, serão apresentados de forma contextualizada na seção *Não pode faltar* os conteúdos pertinentes a este tema.

Vamos lá, bons estudos!

Não pode faltar

Você conhece a importância do sistema muscular para o organismo e quais suas ações? Antes de falar sobre suas funções é necessário conhecer suas estruturas.

Todos os movimentos realizados no corpo humano, sejam eles voluntários ou involuntários, exigem a ação de grande número de músculos, que podem ser de três tipos. Portanto, os músculos são classificados de acordo com o tipo de células e de estrutura histológica que apresentam.



Assimile

As células musculares são chamadas de miócitos, sua membrana, sarcolema, e o citoplasma, sarcoplasma; elas são alongadas e possuem filamentos citoplasmáticos que são responsáveis pela contração muscular.

Classificação e funções dos músculos

Os músculos estão situados por todas as partes do corpo humano e, por isso, desempenham várias funções importantes ao organismo, tais como:

- **Locomoção:** em conjunto aos sistemas ósseo e articular formam um sistema de alavanca que possibilita os movimentos quando o músculo contrai.
- **Peristaltismo:** permite a propulsão dos alimentos ingeridos pelo tubo digestivo.
- **Bombeamento sanguíneo do coração:** a contração do músculo cardíaco é responsável por ejetar o sangue das câmaras cardíacas para os vasos sanguíneos.

O músculo pode ser classificado de acordo com o controle do Sistema Nervoso e com o tipo de tecido histológico que apresenta. Sendo assim, existem músculos de ação voluntária, que atuam conforme a vontade da pessoa, como o ato de andar, e os de ação involuntária, aqueles que atuam sem controle do indivíduo, como exemplo, os batimentos cardíacos.

Quanto à histologia, o músculo pode ser classificado em três tipos:

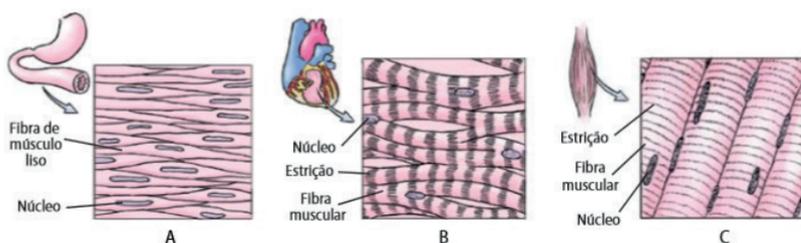
- **Músculo liso:** a fibra muscular é fusiforme, com um único núcleo centralizado, não apresenta estriações (por isso denominado liso) e

está situado nas paredes dos órgãos ocos e nos vasos sanguíneos. É responsável pela propulsão de materiais pelos tubos do corpo e pela constrição dos vasos sanguíneos e sua ação é involuntária.

- **Músculo estriado cardíaco:** a fibra muscular é estriada e ramificada, apresenta um ou dois núcleos centralizados e os discos intercalados, que fazem as junções entre uma fibra e outra. Situado restritamente no coração e início dos vasos da base, é responsável pelo bombeamento do sangue para os tecidos do corpo. Sua ação é involuntária.

- **Músculo estriado esquelético:** fibra estriada cilíndrica e longa, apresenta diversos núcleos periféricos. Situado sobre o esqueleto, proporciona a forma ao corpo e é responsável pela locomoção do esqueleto. Sua ação é voluntária.

Figura 2.1 | Tipos de tecidos musculares



Fonte: Duarte (2009, p. 62).

Os músculos apresentam as propriedades de contratilidade, que é a capacidade de se contrair e encurtar gerando movimentos, além da propriedade de elasticidade, que é a capacidade de retornar ao seu tamanho normal após a contração.

O foco desta seção de estudos é o músculo estriado esquelético, pois os demais serão estudados junto dos sistemas que os compõem. O músculo estriado esquelético é responsável pelos movimentos dos segmentos corporais e isso só é possível devido à presença de proteínas contráteis, sendo as principais a actina e a miosina, que formam o sarcômero ou unidade funcional da fibra muscular, estas proteínas interagem e geram a contração muscular.

O músculo estriado esquelético é formado por feixes de fibras musculares e cada fibra, por sua vez, contém os sarcômeros, que são as unidades funcionais da fibra muscular. Vamos entender sua constituição: o sarcoplasma da célula muscular está cheio de minúsculos filamentos, denominados miofibrilas, que se estendem por todo o comprimento da fibra muscular. No interior destas miofibrilas existem filamentos menores ainda, que participam diretamente do processo de contração. Estes filamentos são de grosso calibre (miosina) e também de fino (actina), os quais se sobrepõem. Estão dispostos em compartimentos na fibra muscular e são denominados sarcômeros.



Assimile

Conheça a constituição do sarcômero:

Linhas Z: regiões laminadas de material denso que separam um sarcômero de outro.

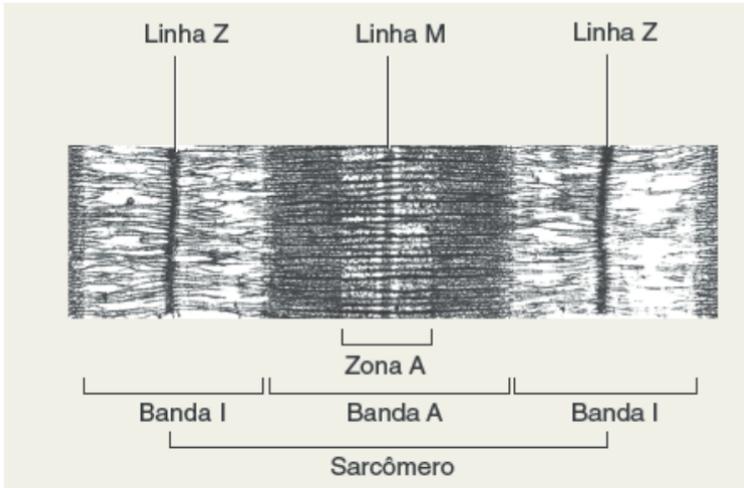
Faixa A: parte média escura do sarcômero que se estende por todo o filamento grosso e partes dos filamentos finos sobrepostos ao grosso.

Faixa I: área mais clara e menos densa do sarcômero, contém o restante dos filamentos finos (sem presença de filamentos grossos), uma linha Z atravessa o centro de cada faixa I.

Zona H: região estreita no centro de cada faixa A, que contém apenas filamentos grossos.

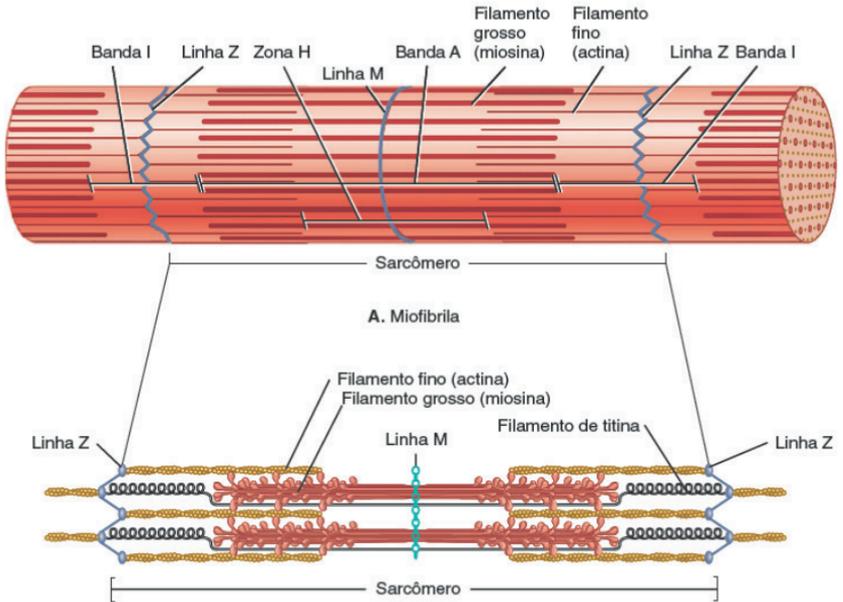
Linha M: região no centro da zona H, contém proteínas que mantêm os filamentos grossos unidos no centro do sarcômero (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Figura 2.2 | Estrutura do sarcômero



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 304).

Figura 2.3 | Esquema das estruturas do sarcômero



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 303).

Para de fato ocorrer a contração muscular, essas estruturas do sarcômero devem estar íntegras, além de outras estruturas proteicas e citoplasmáticas, porém, ainda é necessário o estímulo nervoso que se origina no córtex motor do cérebro. Esse estímulo atinge a fibra muscular e inicia o processo de contração muscular. Veja um resumo do processo de contração no *Exemplificando*.



Exemplificando

Contração muscular:

1- Primeiramente o impulso nervoso chega na terminação axônica do neurônio motor e libera o neurotransmissor acetilcolina (ACh).

2- A ACh, através da fenda sináptica, liga-se aos receptores na placa motora do músculo e inicia um potencial de ação.

3- A enzima acetilcolinesterase que está na fenda sináptica destrói a ACh e impede a formação de mais potencial de ação.

4- O potencial de ação segue ao longo dos túbulos T, presentes no interior da fibra muscular, abre os canais de liberação de cálcio na membrana do retículo sarcoplasmático, permitindo a entrada de íons cálcio para o sarcoplasma.

5- O cálcio se liga à proteína troponina nos filamentos finos de actina, expondo os sítios ativos de ligação para a miosina.

6- Ocorre a contração, o movimento de força usa ATP, as cabeças de miosina ligam-se à actina, giram e soltam-se, os filamentos finos são puxados em direção ao centro do sarcômero.

7- Os canais de liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático se fecham e as bombas de transporte ativo de cálcio usam o ATP para restaurar o baixo nível de cálcio no sarcoplasma.

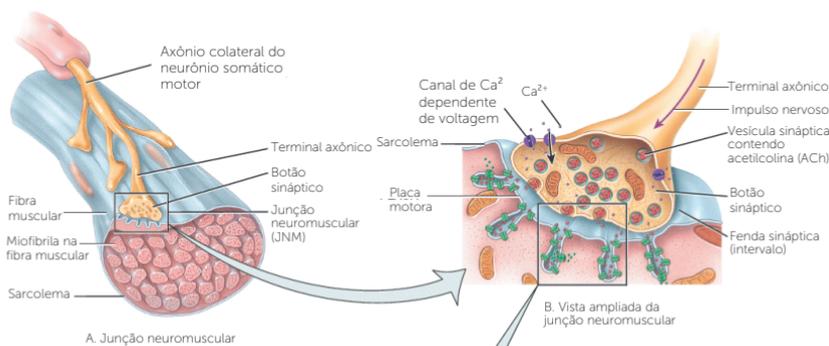
8- O complexo troponina-tropomiosina desliza de volta para sua posição inicial e bloqueia os sítios de ligação de miosina na actina.

9- O músculo relaxa.

Fonte: TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Cada ponto de junção entre uma terminação nervosa motora e uma célula muscular corresponde a uma sinapse, local denominado junção neuromuscular. Nessa junção, onde estão os receptores da acetilcolina no sarcolema, é conhecida pelo nome de **placa motora**. O impulso nervoso oriundo do córtex motor do cérebro (responsável pelos movimentos corporais) propaga-se pelo neurônio e atinge a placa motora. A célula muscular recebe o estímulo e gera uma corrente elétrica que se propaga pela célula muscular e desencadeia o mecanismo de contração muscular.

Figura 2.4 | Esquema da junção neuromuscular e placa motora



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 310).

Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a contração muscular e a placa motora, leia o livro *Princípios de anatomia e fisiologia*, capítulo 10: Tecido muscular (p. 296-331).

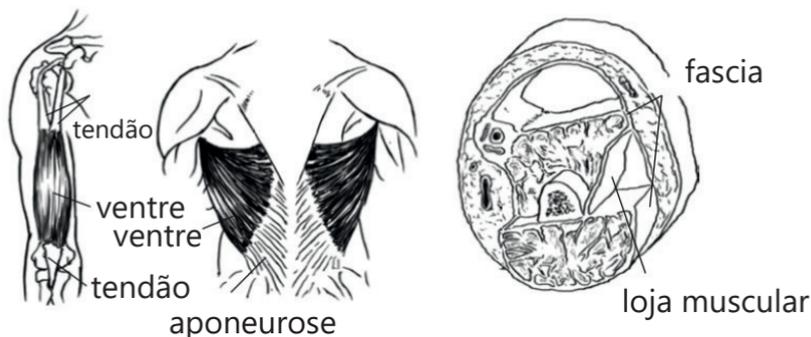
TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

O músculo estriado esquelético apresenta uma parte central, denominada ventre muscular, e em suas extremidades estão os tendões ou aponeuroses que se fixam nos ossos, na pele ou em outros órgãos.

Revestindo o músculo existe a fáscia muscular que se aprofunda

entre as fibras separando o músculo em feixes de fibras musculares, estas membranas possibilitam o deslizamento entre as fibras musculares no momento do movimento e da contração.

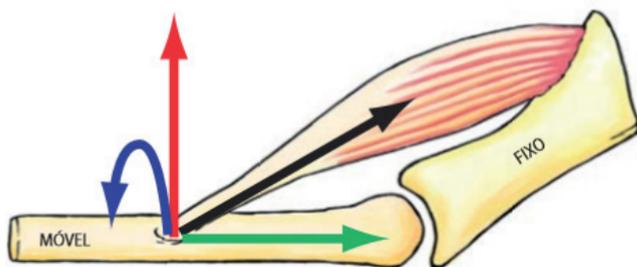
Figura 2.5 | Elementos do músculo estriado esquelético



Fonte: Duarte (2009, p. 63).

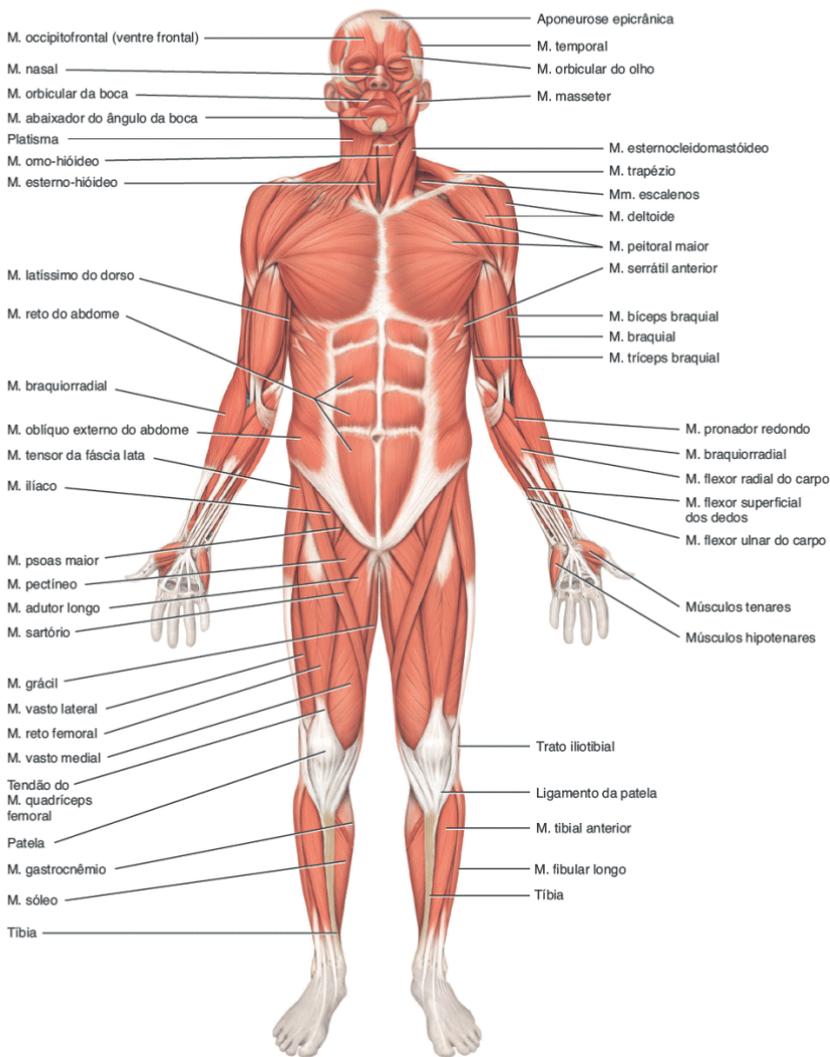
Os músculos estriados esqueléticos em sua maioria apresentam um ponto de origem, onde se fixa no osso que permanece fixo durante o movimento, e um ponto móvel denominado inserção, onde o músculo se fixa no osso que se desloca durante o movimento. Veja Figura 2.6 a seguir.

Figura 2.6 | Origem e inserção muscular

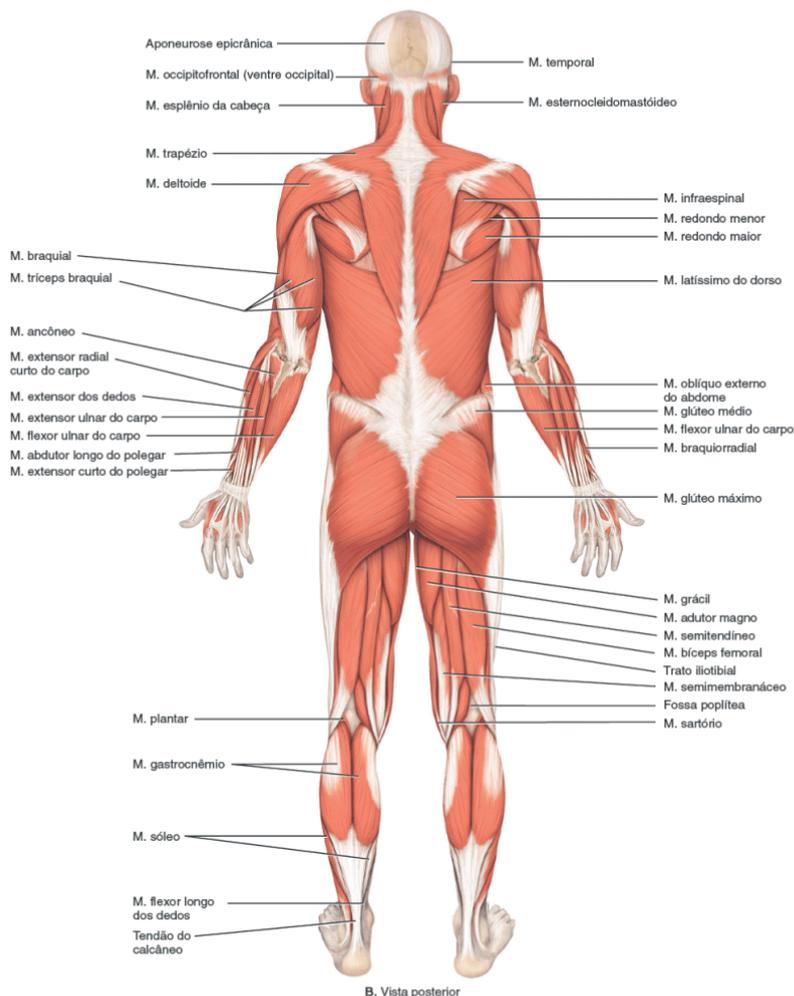


Fonte: Duarte (2009, p. 64).

Figura 2.7 | Principais músculos do corpo humano



A. Vista anterior



B. Vista posterior

Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 340).



Refleta

Após o estudo desta seção, de ter aprendido sobre o processo de contração muscular e de entender como nossos movimentos acontecem fisiologicamente, reflita sobre a situação que ocorre, quando um indivíduo morre e seus músculos enrijecem. Por que isso acontece?

Esse processo é denominado *rigor mortis* ou rigidez cadavérica. Pesquise a respeito e entenda o processo!

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema muscular, é capaz de analisar a situação-problema apresentada no *Diálogo aberto* e ajudar Carla, aluna do curso de Ciências Biológicas, que conseguiu a vaga para monitoria da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana, a responder os seguintes questionamentos que são pontos importantes para o estudo do sistema muscular: quais são os tipos de tecido muscular existentes no corpo humano? Como acontece a contração muscular? E qual a definição de placa e unidade motora?

Sobre os tipos de músculos existentes no corpo humano, Carla deve saber que são três tipos: **músculo liso**: a fibra muscular é fusiforme, com um único núcleo centralizado, não apresenta estriações (por isso denominado liso) e está situado nas paredes dos órgãos ocos e nos vasos sanguíneos. É responsável pela propulsão de materiais pelos tubos do corpo e pela constrição dos vasos sanguíneos e sua ação é involuntária; **músculo estriado cardíaco**: a fibra muscular é estriada e ramificada, apresenta um ou dois núcleos centralizados e os discos intercalados, que fazem as junções entre uma fibra e outra. Situado restritamente no coração e início dos vasos da base, é responsável pelo bombeamento do sangue para os tecidos do corpo. Sua ação é involuntária; **músculo estriado esquelético**: fibra estriada cilíndrica e longa, apresenta diversos núcleos periféricos. Situado sobre o esqueleto, proporciona a forma ao corpo e é responsável pela locomoção do esqueleto. Sua ação é voluntária.

Sobre o processo de contração é importante ela conhecer as estruturas que formam o sarcômero, unidade funcional da fibra muscular, e entender os processos que levam as proteínas actina e miosina a interagirem e gerarem a contração muscular: impulso nervoso chega na terminação axônica do neurônio motor e libera o neurotransmissor acetilcolina (ACh), esta liga-se aos receptores na placa motora do músculo e inicia um potencial de ação; enzima acetilcolinesterase destrói a ACh; potencial de ação segue ao longo dos túbulos T e abre os canais de liberação de cálcio na membrana do retículo sarcoplasmático, permitindo a entrada de íons cálcio para o sarcoplasma; cálcio se liga à proteína troponina nos filamentos

finos de actina, expondo os sítios ativos de ligação para a miosina; ocorre a contração, cabeças de miosina ligam-se à actina, os filamentos finos são puxados em direção ao centro do sarcômero; canais de liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático se fecham e as bombas de transporte ativo de cálcio usam o ATP para restaurar o baixo nível de cálcio no sarcoplasma; complexo troponina-tropomiosina desliza de volta para sua posição inicial e bloqueia os sítios de ligação de miosina na actina e o músculo relaxa.

A placa motora é o local onde estão os receptores da acetilcolina no sarcolema na junção neuromuscular. O impulso nervoso oriundo do córtex motor do cérebro propaga-se pelo neurônio e atinge a placa motora. A célula muscular recebe o estímulo e gera uma corrente elétrica que se propaga pela célula muscular e desencadeia o mecanismo de contração muscular.

Avançando na prática

Trabalho de anatomia e fisiologia do sistema muscular

Descrição da situação-problema

Felipe é aluno do curso de Ciências Biológicas e terá que apresentar um trabalho de anatomia e fisiologia do Sistema Muscular. Ele deverá desenvolver neste trabalho uma apresentação sobre os tipos de tecido muscular do corpo humano e exemplificar onde estão localizados.

Analisando esta situação, é importante que Felipe saiba responder: quais são os tipos de tecido muscular do corpo humano e suas diferenças?

Resolução da situação-problema

São três tipos: **músculo liso**: a fibra muscular é fusiforme, com um único núcleo centralizado, não apresenta estriações (por isso denominado liso) e está situado nas paredes dos órgãos ocos e nos vasos sanguíneos. É responsável pela propulsão de materiais pelos tubos do corpo e pela constrição dos vasos sanguíneos e sua ação é involuntária; **músculo estriado cardíaco**: a fibra muscular é

estriada e ramificada, apresenta um ou dois núcleos centralizados e os discos intercalados, que fazem as junções entre uma fibra e outra. Situado restritamente no coração e início dos vasos da base, é responsável pelo bombeamento do sangue para os tecidos do corpo. Sua ação é involuntária; **músculo estriado esquelético**: fibra estriada cilíndrica e longa, apresenta diversos núcleos periféricos. Situado sobre o esqueleto, proporciona a forma ao corpo e é responsável pela locomoção do esqueleto. Sua ação é voluntária.

Faça valer a pena

1. A célula muscular recebe estímulo nervoso e gera uma corrente elétrica que se propaga pela célula muscular e desencadeia o mecanismo de contração muscular. Como é denominada a estrutura por onde chegam os estímulos nervosos na fibra muscular estriada esquelética?

Assinale a alternativa que corresponde à resposta correta:

- a) Sarcômero.
- b) Tendão.
- c) Placa motora.
- d) Ligamento.
- e) Aponeurose.

2. O sistema muscular é formado pelo conjunto de músculos do nosso corpo. Existem cerca de 600 músculos no corpo humano, juntos eles representam de 40 a 50% do peso total de uma pessoa. A nossa capacidade de locomoção depende da ação conjunta de ossos, articulações e músculo, sob a regulação do sistema nervoso. Dessa forma, embora os ossos e as articulações formem o arcabouço do corpo humano, eles próprios não conseguem mover o corpo, assim o movimento resulta da contração e relaxamento dos músculos, os quais são os elementos ativos do movimento corporal.

Considerando os tipos de tecidos musculares e suas funções, avalie as afirmações a seguir:

I– O músculo liso está situado nas paredes dos órgãos ocos e nos vasos sanguíneos, é responsável pela propulsão de materiais pelos tubos do corpo e a constrição dos vasos sanguíneos, sua ação é involuntária.

II– O músculo estriado cardíaco está situado restritamente no coração e início dos vasos da base, é responsável pelo bombeamento do sangue para os tecidos do corpo e sua ação é involuntária.

III– O músculo liso está relacionado aos ossos e, por isso, auxilia nos movimentos corporais voluntários.

IV– O músculo estriado cardíaco, além do coração, também se encontra na parede dos vasos sanguíneos e age de forma voluntária, pois durante a atividade física é possível controlar os batimentos cardíacos alcançando desta forma um melhor desempenho na execução do exercício.

V– Os músculos estriados esqueléticos possuem ação voluntária, estão situados sobre o esqueleto, são eles que dão forma ao corpo e são responsáveis pela locomoção do corpo humano.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) I, II e V.
- b) III, IV e V.
- c) II, III e V.
- d) I, III, IV e V.
- e) II, III, IV e V.

3. Para que ocorra a contração muscular, as estruturas do sarcômero devem estar íntegras, além das estruturas proteicas e citoplasmáticas, porém, ainda é necessário o estímulo nervoso que se origina no córtex motor do cérebro. Esse estímulo atinge a fibra muscular e inicia o processo de contração muscular.

Sobre o processo de contração, analise a sequência dos processos:

1. O complexo troponina-tropomiosina desliza de volta para sua posição inicial, bloqueia os sítios de ligação de miosina na actina e o músculo relaxa.
2. O impulso nervoso chega na terminação axônica do neurônio motor e libera o neurotransmissor acetilcolina (ACh), que através da fenda sináptica liga-se aos receptores na placa motora do músculo e inicia um potencial de ação.
3. O cálcio se liga à proteína troponina nos filamentos finos de actina, expondo os sítios ativos de ligação para a miosina. Ocorre a contração, o movimento de força usa ATP, as cabeças de miosina ligam-se à actina, giram e soltam-se, os filamentos finos são puxados em direção ao centro do sarcômero.

4. A enzima acetilcolinesterase que está na fenda sináptica destrói a ACh e impede a formação de mais potencial de ação. O potencial de ação segue ao longo dos túbulos T, abre os canais de liberação de cálcio na membrana do retículo sarcoplasmático, permitindo a entrada de íons cálcio para o sarcoplasma.

5. Os canais de liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático se fecham e as bombas de transporte ativo de cálcio usam o ATP para restaurar o baixo nível de cálcio no sarcoplasma.

Assinale a alternativa que representa a sequência correta dos eventos da contração muscular:

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

Seção 2.2

Anatomia e fisiologia do sistema nervoso central

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo a mais uma seção de estudos da segunda unidade de ensino deste livro didático! A partir de agora você iniciará seus estudos sobre “Anatomia e fisiologia do sistema nervoso central”. Aprenderá nesta seção a anatomia e fisiologia das partes que compreendem o sistema nervoso central, o encéfalo e a medula espinal e compreenderá os processos de potencial de ação e de sinapse. Agora vamos lembrar a situação hipotética que foi apresentada no “Convite ao estudo” que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

Como encerraram as aulas que compõem o aparelho locomotor, você iniciará o estudo do sistema nervoso, este será dividido em duas partes com duas aulas: a primeira abordará o sistema nervoso central e a segunda, o sistema nervoso periférico. Portanto, Carla deverá se preparar para a primeira aula, na qual deverá, além de explicar o funcionamento do sistema, explicar e mostrar as partes anatômicas que o compõem. Para isso, ela deverá saber responder aos seguintes questionamentos sobre o tema: quais são as partes anatômicas pertencentes ao sistema nervoso central? Qual a definição e como ocorre o processo de sinapse?

Para que você consiga responder esses e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema nervoso central, serão apresentados de forma contextualizada na seção *Não pode faltar* os conteúdos pertinentes a este tema.

Vamos lá, bons estudos!

Não pode faltar

Todos os órgãos do nosso corpo reagem harmonicamente e de forma integrada diante das condições que o organismo enfrenta. O sistema nervoso junto ao endócrino é responsável pela manutenção da homeostasia, ele coordena as respostas aos estímulos recebidos dos ambientes interno e externo. Essas respostas são elaboradas pelas células nervosas que estão presentes em todo o corpo, formando feixes de fibras nervosas que conduzem impulsos elétricos sempre que acionadas.

O Tecido Nervoso é constituído pelas células neuronais e glias. Os neurônios são considerados a unidade básica e fundamental do sistema nervoso, existe aproximadamente cem milhões deles no organismo humano e suas funções são as de receber, processar e enviar informações na forma de impulsos nervosos. O outro tipo são as células da glia, também denominadas neuroglia, que se encontram nos espaços existentes entre os neurônios e apresentam as funções de revestimento, sustentação, modulação de atividade neuronal e de defesa, e são denominadas astrócitos, oligodendrócitos, micróglia e ependimárias. (TORTORA; DERRICKSON, 2016).



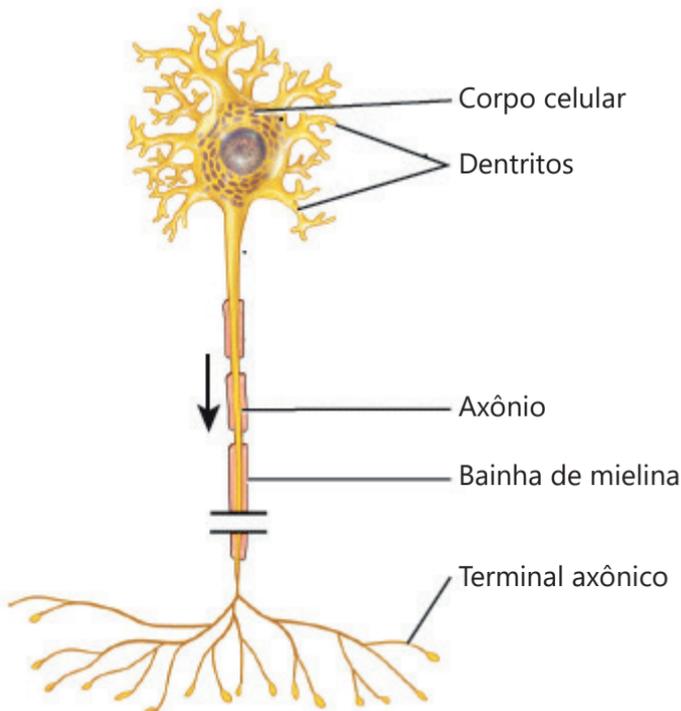
Assimile

O neurônio é a principal célula do tecido nervoso e possui a capacidade de excitabilidade elétrica, que é a capacidade de responder a um determinado estímulo e convertê-lo em potencial de ação. A maioria dos neurônios é constituída por:

- **Corpo Celular ou Pericário**, onde está localizado o núcleo, o citoplasma e as organelas, é o centro metabólico do neurônio, que tem como função sintetizar as proteínas neuronais e realizar a maioria dos processos de degradação e renovação de constituintes celulares. Do corpo celular partem prolongamentos denominados dendritos e axônios.
- **Dendritos** são ramificações que se estendem a partir do corpo celular, respondem a estímulos específicos e conduzem impulsos nervosos em direção ao corpo celular.

- **Axônio** é um prolongamento longo e fino, possui membrana plasmática e citoplasma. O axônio é capaz de gerar impulso nervoso e conduzi-lo até a **terminação axônica**, local onde ocorre a comunicação com outros axônios ou células efetuatoras (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Figura 2.8 | Constituição do neurônio



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 410).

Sinapses e potencial de ação

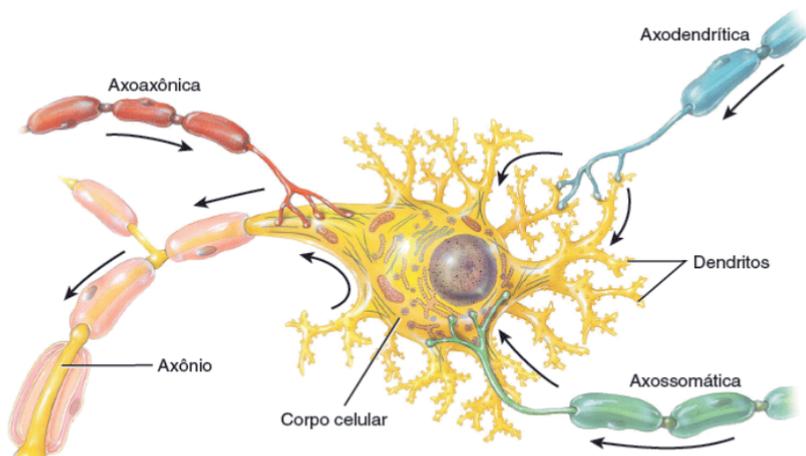
As fibras nervosas são formadas pelos axônios neuronais, têm a propriedade de propagar impulsos nervosos rapidamente, por todo o seu comprimento, além de transmiti-los à célula considerada alvo, este processo ocorre através de contatos neuronais denominados sinapses. As **sinapses** ocorrem entre dois ou mais neurônios e entre

neurônio e órgão efector, este último pode ser um músculo, órgão ou glândula. No caso da célula efectora ser um músculo, o local da sinapse é chamado de placa motora.

O impulso nervoso é captado pelos dendritos do neurônio, atravessa o corpo celular e segue pelo axônio, e este o envia para a célula seguinte. A terminação axônica é o destino final do impulso na célula neuronal, a partir daí este impulso que chega como sinal elétrico provoca a liberação de substâncias químicas denominadas neurotransmissores, que são mensageiros químicos presentes no interior de vesículas que estão localizadas na terminação axônica. Esses neurotransmissores permitem a passagem do impulso nervoso pela fenda sináptica (espaço entre os neurônios) até chegar no órgão efector, gerando assim uma resposta, que pode ser a contração muscular, por exemplo.

Os axônios neuronais são envolvidos por uma membrana chamada bainha de mielina, a qual possui a função de isolamento elétrico, impedindo que as cargas elétricas presentes na membrana dos axônios se dispersem. Dessa forma, existe a condução de impulso nervoso nas fibras mielínicas, que apresentam a bainha de mielina, e nas fibras amielínicas, que não apresentam bainha de mielina. Essa característica de fibras difere na velocidade do impulso pelo axônio, sendo este maior nas mielínicas.

Figura 2.9 | Sinapses



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 430).

Os neurônios são eletricamente excitáveis, portanto, utilizam sinais elétricos para se comunicarem um com o outro. Esses sinais podem ser o potencial de ação graduado, que ocorre em comunicações em curtas distâncias, e o potencial de ação propriamente dito, que permite comunicação de grandes distâncias, denominado potencial de ação neuronal ou impulso nervoso.



Exemplificando

Para você entender o potencial de ação, imagine uma caneta numa mesa, e você a pega, quando a toca, inicia-se o potencial de ação graduado, que permite por meio dos receptores sensitivos da pele dos dedos sentir a superfície lisa da caneta. Já o potencial de ação neuronal, permite que você use a caneta para escrever.

Dessa forma, os potenciais graduados e os potenciais de ação nervosos e musculares estão envolvidos na transmissão de um estímulo sensitivo, tanto nas funções integradoras, como a percepção, quanto nas atividades motoras.

O potencial de ação depende da existência de um potencial de membrana de repouso e de tipos específicos de canais iônicos na membrana. O fluxo de íons pela membrana forma a corrente elétrica, e o que permite a passagem destes íons pela membrana são os canais iônicos, sendo assim, eles controlam a concentração química da célula (lembrando que os íons se deslocam de áreas de maior concentração para áreas de menor concentração). O potencial de membrana do neurônio pode ser alterado à medida que os íons se deslocam. Normalmente, a membrana plasmática possui muito mais canais de vazamento de íon potássio (K^+) do que para íon sódio (Na^+), e os canais de potássio são mais permeáveis que os de sódio, sendo assim, a permeabilidade da membrana para K^+ é maior que para o Na^+ .

O potencial de ação de repouso da membrana do neurônio varia entre - 40 e - 90, sendo o mais comum - 70 mV (o sinal negativo indica que a parte interna da célula está mais negativa que a externa).

O potencial de ação trata-se de uma sequência rápida de eventos que diminui e reverte o potencial de membrana e posteriormente o leva novamente para seu estado de repouso (TORTORA; DERRICKSON, 2016). Apresenta duas fases, despolarização e hiperpolarização:

- Despolarização: o potencial de membrana se torna menos negativo, atinge o zero, e então se torna positivo.

- Repolarização: o potencial de membrana volta ao padrão de repouso de -70 mV.

- Pós-hiperpolarização: potencial de ação fica temporariamente mais negativo que no estado de repouso.

Canais dependentes de voltagem presentes na membrana plasmática dos axônios e terminais axônicos se abrem no potencial de ação: primeiro os canais de Na⁺ dependentes se abrem e permitem a passagem destes íons para o interior da célula, gerando a despolarização, em seguida, os canais de K⁺ dependentes se abrem permitindo a saída deste íon, induzindo a fase de hiperpolarização.

Em condições fisiológicas, a frequência máxima de impulsos nervosos (potencial de ação) nos axônios se situa entre 10 e 1.000 por segundo (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Existem dois tipos de sinapses: a elétrica e a química. Na **sinapse elétrica**, o potencial de ação ou impulsos nervosos são conduzidos entre as membranas plasmáticas de neurônios adjacentes, através das junções comunicantes, elas existem no encéfalo e nos músculos cardíaco e liso, são mais rápidas que as químicas.

Na sinapse química, as membranas plasmáticas dos neurônios que se comunicam não se tocam, embora estejam próximas. São separadas pelas fendas sinápticas (espaço de 20 a 50 nm) e preenchidas por líquido intersticial. Os impulsos nervosos são então conduzidos por neurotransmissores que são liberados pelo neurônio pré-sináptico, substâncias químicas que se ligam a receptores na membrana plasmática do neurônio pós-sináptico, que recebe os impulsos e gera um potencial de ação graduado.



Assimile

Existem diversos neurotransmissores e podem ser divididos em duas classes, de acordo com seu tamanho: neurotransmissores de moléculas pequenas e neuropeptídeos. Na classe dos neurotransmissores de moléculas pequenas estão: a acetilcolina, aminoácidos, aminas biogênicas, ATP e outras purinas, óxido nítrico e monóxido de carbono. A acetilcolina é liberada por muitos neurônios do sistema nervoso periférico e alguns do nervoso central (TORTORA; DERRICKSON, 2016).



Pesquise mais

Para você aprofundar seu conhecimento sobre os processos de sinapse e de potencial de ação, leia o livro **Princípios de Anatomia e Fisiologia**, capítulo 12: Tecido nervoso (p. 404-446).

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

O Sistema Nervoso Central (SNC) apresenta uma camada mais externa, como se fosse um revestimento, denominada substância cinzenta, composta pelos corpos dos neurônios e, mais internamente, tem a camada denominada substância branca, esta por sua vez é constituída pelos axônios e terminações dos neurônios. No bulbo e na medula espinal essa disposição se inverte, a substância branca se situa externamente enquanto a cinzenta, internamente. (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Já sabemos que o neurônio é a principal célula do sistema nervoso, sendo responsável pela interação entre as células receptoras dos órgãos sensoriais e as efetoras. Dessa forma, os neurônios são células especializadas que conduzem sinal elétrico através de seus prolongamentos e são classificados de acordo com o sentido em

que estes sinais o percorrem. Portanto, são denominados eferentes ou sensitivos os que conduzem os impulsos no sentido da periferia para o sistema nervoso central; e neurônios eferentes ou motores os que conduzem impulsos no sentido do sistema nervoso central para a periferia; e também existem os neurônios de conexão que transmitem impulsos entre si. (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

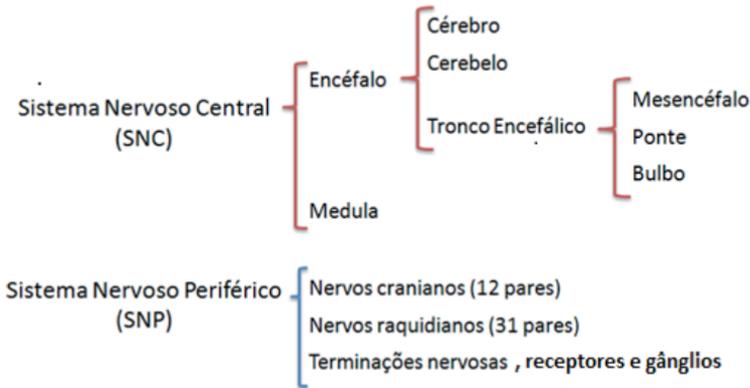
O sistema nervoso é classificado de várias formas, uma delas é aquela que o divide em:

- **Sistema Nervoso Central (SNC):** composto pelo encéfalo e medula espinal, estão contidos e protegidos pelo esqueleto axial, crânio neural e canal vertebral (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Sistema Nervoso Periférico (SNP):** composto pelos nervos (axônios), receptores e gânglios (formações de corpos de neurônios dispersos pelo corpo). Essas estruturas estão localizadas fora do esqueleto axial. O SNP é responsável por transmitir informações dos órgãos sensoriais para o sistema nervoso central e deste para a periferia, ou seja, para os órgãos efetores (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Outra forma de divisão do sistema nervoso é com base em sua função: somático ou de vida de relação, atua nas relações que são percebidas por nossa consciência; e em visceral ou vegetativo, atua de forma inconsciente, no controle e na percepção do meio interno e das vísceras. Ambos, somático e visceral, possuem componentes aferentes sensitivos e eferentes motores (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

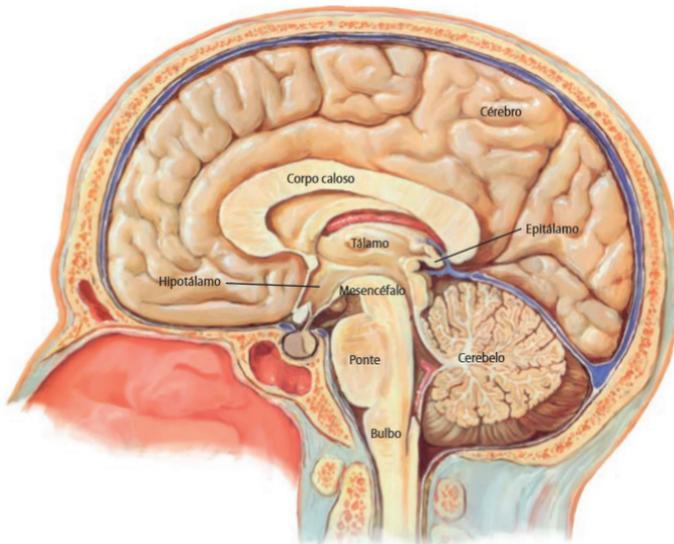
Figura 2.10 | Esquema da organização do sistema nervoso



Fonte: elaborada pelo autor.

O **SNC** é responsável por receber, analisar e integrar as informações, sendo o local em que ocorre a tomada de decisão e o envio de respostas. O encéfalo é constituído pelo telencéfalo, que corresponde aos hemisférios cerebrais, pelo diencefalo (tálamo, hipotálamo, epitélamo e subtálamo), pelo cerebelo e pelo tronco cefálico (que se divide em bulbo, mesencéfalo e ponte).

Figura 2.11 | Divisão do sistema nervoso central



Fonte: Duarte (2009, p. 83).

- **Telencéfalo:** também denominado cérebro, é dividido em dois hemisférios cerebrais bem desenvolvidos, são as sedes da memória, dos sentidos (córtex sensitivo) e dos movimentos (córtex motor). Entre os hemisférios estão presentes os ventrículos cerebrais (ventrículos laterais e terceiro ventrículo e ainda existe o quarto ventrículo, localizado mais abaixo, no tronco encefálico), trata-se de reservatórios do líquido cefalorraquidiano (líquor), substância líquida que participa da nutrição, proteção e excreção do sistema nervoso (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Durante o desenvolvimento cerebral, no córtex ocorre a formação de diversos sulcos, que permitem o seu desenvolvimento de forma compacta, para que caiba na calota craniana. Dessa forma, o cérebro adulto possui apenas 1/3 de sua superfície "exposta", o restante permanece entre os sulcos cerebrais.

O cérebro é o órgão que apresenta os centros nervosos responsáveis pela origem da inteligência, da sensibilidade consciente, da mobilidade voluntária, além de muitas outras funções, por este motivo, é considerado o centro nervoso mais importante de todo o sistema. Coordena as ações voluntárias desenvolvidas pelo indivíduo, além de comandar os atos inconscientes.

Anatomicamente o cérebro se divide em duas partes ou hemisférios cerebrais, um direito e outro esquerdo, e estes por sua vez se dividem em lobos, os quais apresentam funções específicas, sendo os principais: frontal, parietal, temporal, occipital e da ínsula.

Figura 2.12 | Lobos cerebrais



Fonte: Netter (2000, [s.p.]).

Quadro 2.1 | Lobos cerebrais e funções

Lobos	Funções
LOBO FRONTAL	Processamentos complexos: cognição, planejamento e iniciação dos movimentos voluntários.
LOBO PARIETAL	Área de projeção e processamento somestésico.
LOBO TEMPORAL	Área de projeção e processamento auditivo.
LOBO OCCIPITAL	Área de projeção e processamento visual.
ÍNSULA	Encontra-se oculta sob os lobos frontais e temporais, emoções e extinto de sobrevivência.

Fonte: Adaptado de Tortora e Derrickson (2016).

- **Diencefalo (tálamo, hipotálamo, epitálamo e subtálamo):** o **tálamo** é uma região formada por substância cinzenta, localizado entre tronco encefálico e o cérebro, é considerado a estação retransmissora de impulsos nervosos sensitivos para o córtex cerebral, onde eles devem ser processados. Dessa forma, as mensagens sensoriais, com exceção das provenientes dos receptores do olfato, obrigatoriamente passam por ele antes de atingir o córtex cerebral. O tálamo, junto de estruturas do sistema límbico (que regula as emoções), também está relacionado com o comportamento emocional. O **hipotálamo** está relacionado principalmente com o controle visceral e hormonal, portanto, da homeostasia do organismo. O **epitálamo** está relacionado com o sistema endócrino no controle do ritmo circadiano e juntamente do sistema límbico no controle comportamental. O **subtálamo** está relacionado ao controle dos movimentos junto ao córtex motor e de outros núcleos motores (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

O **Sistema Límbico** é constituído por um grupo de estruturas que inclui hipotálamo, tálamo, amígdala, hipocampo, corpos mamilares e giro do cíngulo. Todas estas áreas são importantes para o controle emocional. O hipocampo está relacionado também com a memória e o aprendizado.

- **Cerebelo**: localizado posteriormente ao cérebro, é o centro de controle dos movimentos iniciados pelo córtex motor, portanto, possui conexões com o cérebro e com a medula espinal. Apresenta dois hemisférios e ao contrário do cérebro, o hemisfério esquerdo está relacionado com os movimentos do lado esquerdo do corpo, enquanto o direito, com os movimentos do lado direito do corpo. A partir das informações do córtex motor sobre os movimentos a serem realizados e de informações proprioceptivas de articulações, músculos, áreas de pressão do corpo, aparelho vestibular e olhos, o cerebelo avalia o movimento que realmente será executado. Após a comparação entre o desempenho e o que deve ser realizado, estímulos de correção são enviados pelo cerebelo para o córtex, com o objetivo de que o movimento seja o ideal. Dessa forma, o cerebelo relaciona-se com os ajustes dos movimentos, equilíbrio, postura e tônus muscular (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Tronco encefálico**: é constituído pelo mesencéfalo, ponte e bulbo, encontra-se entre a medula espinal e o diencéfalo, ventralmente ao cerebelo. É responsável por receber informações sensitivas de estruturas cranianas e controla os músculos da cabeça; transmite informações da medula espinal para regiões encefálicas específicas, e também em direção contrária, do encéfalo para a medula espinal (lado esquerdo do cérebro controla os movimentos do lado direito do corpo; lado direito do cérebro controla os movimentos do lado esquerdo do corpo); regula a atenção; recebem ou emitem fibras nervosas dos nervos cranianos, sendo que, dos 12 pares de nervos cranianos, 10 fazem conexão no tronco encefálico. No bulbo estão os centros de controle da respiração, do ritmo dos batimentos cardíacos e da pressão arterial (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Medula espinal**: assim denominada por estar dentro do canal espinal ou vertebral da coluna vertebral, ela se estende somente até a primeira vértebra lombar, e na região lombossacral o canal vertebral abriga a cauda equina. Nela encontram-se corpos neuronais motores e sensitivos com seus respectivos axônios formando vias de fibras nervosas, as aferentes sensitivas, que levam informações sensoriais da periferia até a região cortical no cérebro e as vias eferentes motoras que trazem informações motoras elaboradas pelo córtex cerebral para os órgãos efetadores, por exemplo, o músculo.

Dessa forma, recebe impulsos sensoriais de receptores e envia impulsos motores a efetadores tanto somáticos quanto viscerais. Ela pode atuar em reflexos dependente ou independentemente do encéfalo. Da medula emergem as raízes nervosas que vão formar os nervos responsáveis pelos movimentos corporais (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Devido à importância do SNC, seus órgãos são protegidos tanto por estruturas esqueléticas (caixa craniana protegendo o encéfalo e a coluna vertebral protegendo a medula) quanto por membranas, denominadas meninges, são elas: dura-máter (a camada mais externa), aracnoide (camada intermédia) e pia-máter (camada mais interna). Entre as meninges, aracnoide e pia-máter, existe um espaço que é preenchido por um líquido, denominado líquido cefalorraquidiano ou líquor, que participa do sistema de proteção do sistema nervoso, absorvendo os impactos. Este líquido é renovado três vezes ao dia, a cada 8 horas (TORTORA; DERRICKSON, 2016).



Refleta

Agora que você já estudou sobre a anatomia e a fisiologia do sistema nervoso central, reflita sobre as situações clínicas de acidente vascular encefálico e de traumatismo raquimedular: qual o porquê dos sintomas e sequelas? Qual a sua relação com a localização da lesão?

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema nervoso central (SNC), você é capaz de analisar a situação-problema apresentada no *Diálogo aberto* e ajudar Carla, aluna do curso de Ciências Biológicas, que conseguiu a vaga para monitoria da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana, a responder os seguintes questionamentos que são pontos importantes para o estudo do sistema nervoso: quais são as partes anatômicas pertencentes ao sistema nervoso central? Qual a definição e como ocorre o processo de sinapse?

Sobre o SNC, ele é responsável por receber, analisar e integrar as informações, sendo o local em que ocorre a tomada de decisão e o envio de respostas. O encéfalo é constituído pelo telencéfalo, que corresponde aos hemisférios cerebrais, pelo diencefalo (tálamo, hipotálamo, epitélamo e subtálamo), pelo cerebelo e pelo tronco cefálico (que se divide em bulbo, mesencefalo e ponte).

Sobre as sinapses, as fibras nervosas são formadas pelos axônios neuronais, têm a propriedade de propagar impulsos nervosos rapidamente, por todo o seu comprimento, além de transmiti-los à célula considerada alvo, este processo ocorre através de contatos neuronais denominados sinapses. As sinapses ocorrem entre dois ou mais neurônios e entre neurônio e órgão efetor, este último pode ser um músculo, órgão ou glândula, e podem ser elétricas ou químicas.

Avançando na prática

Trabalho de células no ensino médio

Descrição da situação-problema

Eduarda está cursando o último ano do ensino médio, e também está se preparando para prestar o vestibular. Pretende cursar Ciências Biológicas Licenciatura. Para isso, se organizou e dividiu os temas de estudo, aproveitando a disciplina de Biologia, em que a professora solicitou um trabalho em que o aluno deveria escolher um determinado tema da área da saúde e relacionar com os estudos da biologia; ela escolheu falar sobre as células do sistema nervoso.

Analisando essa situação, é importante que Eduarda saiba responder: quais são as células do sistema nervoso e qual a constituição do principal tipo celular?

Resolução da situação-problema

Ela deve saber que o tecido nervoso é composto basicamente por dois tipos celulares, neuronais e gliais. Os neurônios são considerados a unidade básica e fundamental do sistema nervoso, existe aproximadamente cem milhões deles no organismo

humano e suas funções são as de receber, processar e enviar informações na forma de impulsos nervosos. O outro tipo são as células da glia, também denominadas neuroglia, se encontram nos espaços existentes entre os neurônios e apresentam as funções de revestimento, sustentação, modulação de atividade neuronal e de defesa, são denominadas astrócitos, oligodendrócitos, micróglia e ependimárias. O neurônio é a principal célula do tecido nervoso e possui a capacidade de excitabilidade elétrica, que é a capacidade de responder a um determinado estímulo e convertê-lo em potencial de ação. A maioria dos neurônios é constituído por: **corpo celular ou pericário**, onde está localizado o núcleo, o citoplasma e as organelas, é o centro metabólico do neurônio, que tem como função sintetizar as proteínas neuronais e realizar a maioria dos processos de degradação e renovação de constituintes celulares. Do corpo celular partem prolongamentos denominados dendritos e axônios; **dendritos** são ramificações que se estendem a partir do corpo celular, respondem a estímulos específicos e conduzem impulsos nervosos em direção ao corpo celular; **axônio** é um prolongamento longo e fino, possui membrana plasmática e citoplasma. O axônio é capaz de gerar impulso nervoso e conduzi-lo até a **terminação axônica**, local onde ocorre a comunicação com outros axônios ou células efetadoras.

Faça valer a pena

1. O sistema nervoso junto do endócrino é responsável pela manutenção da homeostasia, ele coordena as respostas aos estímulos recebidos dos ambientes interno e externo. Devido à sua importância, o SNC apresenta estruturas que formam um mecanismo de proteção.

Assinale a alternativa correta na identificação dessas estruturas:

- a) Córtex sensitivo, bulbo e líquor.
- b) Ossos do crânio e da coluna vertebral, meninges e líquor.
- c) Dendritos, medula espinal, células da glia.
- d) Meninges, nervos e receptores.
- e) Terminação nervosa, receptores e ossos.

2. O cérebro é o órgão onde se originam a sensibilidade consciente, a mobilidade voluntária e a inteligência; por este motivo, é considerado o centro nervoso mais importante de todo o sistema. Nele estão contidos os

centros nervosos relacionados com os sentidos, a memória, o pensamento e a inteligência.

Sobre os lobos cerebrais e suas respectivas funções, avalie as colunas e as correlacione.

Coluna 1: Lobo cerebral

- A. Frontal.
- B. Parietal.
- C. Occipital.

Coluna 2: Função

I– Área de projeção e processamento visual.

II– Área de projeção e processamento somestésico.

III– Processamentos complexos: cognição, planejamento e iniciação dos movimentos voluntários.

Assinale a alternativa que representa a relação correta entre as colunas:

- a) A-I, B-II, C-III.
- b) A-II, B-III, C-I.
- c) A-I, B-III, C-II.
- d) A-III, B-II, C-I.
- e) A-II, B-I, C-III.

3. O sistema nervoso é composto por aproximadamente 100 bilhões de neurônios e possui desde funções simples, como o ato reflexo, até as funções mais complexas, como os processos do pensamento, armazenamento de memórias, determinação de atividades motoras complexas etc. (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Considerando as partes que compõem o sistema nervoso central dos vertebrados, avalie as afirmações a seguir.

I– Bulbo, córtex cerebelar e nervos.

II– Encéfalo e medula espinal.

III– Cérebro, cerebelo e nervos cranianos.

IV– Medula espinal, nervos raquidianos e gânglios.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) I e II.
- b) I e IV.
- c) I.
- d) III e IV.
- e) II.

Seção 2.3

Anatomia e fisiologia do sistema nervoso periférico

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo a mais uma seção de estudos deste livro didático! A partir de agora você iniciará seu aprendizado sobre “Anatomia e fisiologia do sistema nervoso periférico”. Conhecerá nesta seção a definição de nervos e gânglios e a diferença entre os sistemas nervoso autônomo simpático e parassimpático. Agora, vamos lembrar a situação hipotética que foi apresentada no *Convite ao estudo* que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

A próxima aula que Carla auxiliará como monitora é a continuação dos estudos do sistema nervoso, só que agora será abordada a sua parte periférica, junto do sistema nervoso autônomo. Para esta aula, Carla deverá saber responder aos seguintes questionamentos: quais são as estruturas anatômicas que compõem o sistema nervoso periférico? Qual a função e a divisão do sistema nervoso autônomo?

Para que você consiga responder esses e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema nervoso periférico e autônomo, serão apresentados de forma contextualizada na seção *Não pode faltar* os conteúdos pertinentes a este tema.

Vamos lá, bons estudos!

Não pode faltar

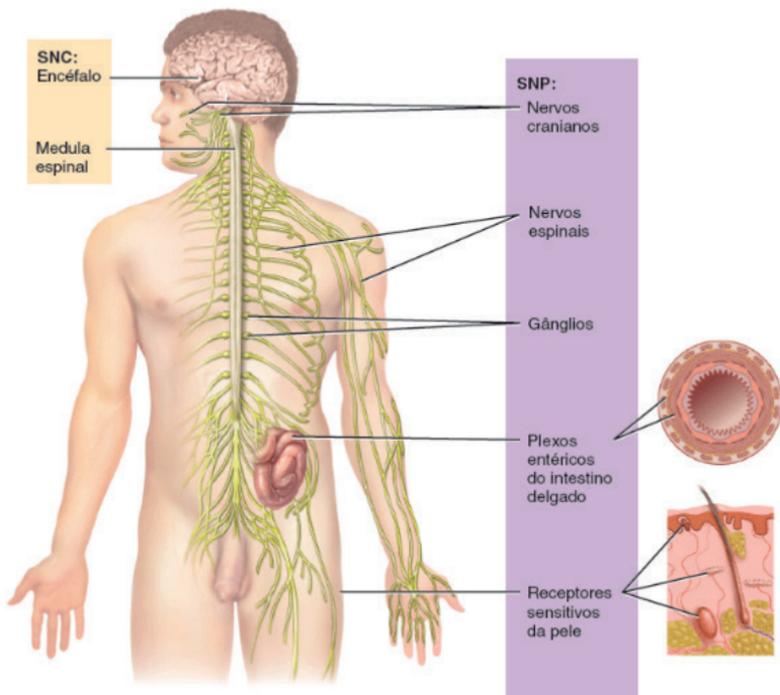
Olá, caro aluno, na seção anterior você aprendeu sobre a anatomia e fisiologia do sistema nervoso central e nesta você continuará a estudar o sistema nervoso, porém, sua parte periférica.

Recordando, o sistema nervoso periférico é aquele que se situa fora do eixo do esqueleto axial. É constituído pelos nervos, que são representantes dos axônios (fibras motoras e sensitivas); por gânglios (aglomerado de corpos neuronais fora do SNC); por receptores e

terminações nervosas. São as fibras nervosas dos nervos que fazem a conexão dos diversos tecidos do organismo e com o sistema nervoso central. Os nervos são compostos pelos nervos espinais e cranianos.

Na extremidade das fibras sensitivas existe o receptor, responsável por captar os diferentes tipos de sensibilidades. A extensão dessas fibras se comunica com um nervo motor, responsável pelos movimentos. Portanto, o sistema nervoso periférico é constituído por fibras que fazem a conexão entre o sistema nervoso central e o órgão efector, no caso da transmissão de impulsos sensitivos; ou ao efector, quando o impulso é motor. Os nervos se dividem em dois grandes grupos: 31 pares de nervos espinais, que têm a origem a partir das raízes nervosas da medula espinal que vão inervar os músculos, órgãos e glândulas do tronco e membros, e 12 pares de nervos cranianos, que emergem do encéfalo e inervam na sua maioria músculos e órgãos da cabeça e pescoço (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Figura 2.13 | Nervos cranianos e espinais



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 446).

Quadro 2.2 | Nervos cranianos

Nervos	Funções
Olfatório (I)	Sensitivo especial: olfação.
Ótico (II)	Sensitivo especial: visão.
Oculomotor (III)	Motor somático: movimento dos bulbos dos olhos e da pálpebra superior. Motor autônomo: acomodação da lente para a visão e constrição da pupila.
TrocLEAR (IV)	Motor somático: movimento dos bulbos dos olhos.
Trigêmeo (V)	Misto: Sensitivo: sensações táteis, álgicas e térmicas do escalpo, face e cavidade oral (incluindo dentes e dois terços anteriores da língua). Motor (branquial): mastigação e controle da musculatura da orelha média.
Abducente (VI)	Motor somático: movimento dos bulbos dos olhos.
Facial (VII)	Misto: Sensitivo: gustação nos dois terços anteriores da língua. Sensações táteis, álgicas e térmicas da pele do meato acústico externo. Motor (branquial): controle dos músculos da mímica facial e da musculatura da orelha média. Motor (autônomo): secreção de lágrimas e saliva.
Vestibulococlear (VIII)	Sensitivo especial: audição e equilíbrio.
Glossofaríngeo (IX)	Misto: Sensitivo: gustação no terço posterior da língua; propriocepção de alguns músculos mastigatórios e monitoramento da pressão artéria sanguínea e dos níveis de oxigênio e gás carbônico no sangue. Motor (branquial): sensações táteis, álgicas e térmicas da pele da orelha externa e da faringe superior. Motor (autônomo): auxilia na deglutição e secreção da saliva.

Vago (X)	Misto: Sensitivo: gustação na epiglote; propriocepção dos músculos da faringe e da laringe; monitoramento da pressão sanguínea e dos níveis de oxigênio e gás carbônico no sangue; sensações táteis, algicas e térmicas da pele da orelha externa. Motor (branquial): sensibilidade de órgãos torácicos e abdominais. Motor (autônomo): deglutição, vocalização e tosse; motilidade e secreção de órgãos do sistema digestório; constrição das vias respiratórias; diminuição da frequência cardíaca.
Acessório (XI)	Motor somático: movimento da cabeça e do cingulo do membro superior.
Hipoglosso (XII)	Motor somático: fala, movimentos da língua e mastigação.

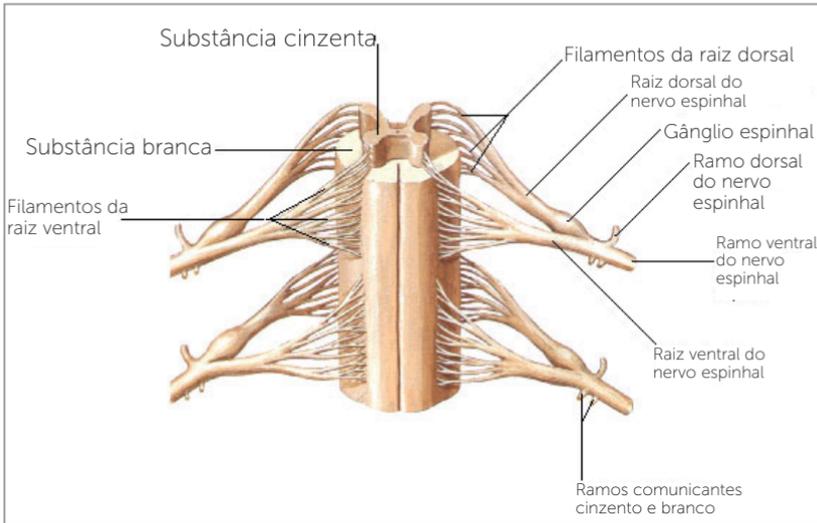
Fonte: adaptado de Tortora e Derrickson (2016).

Os nervos espinais são constituídos de feixes de axônios que estão envolvidos por várias camadas de tecido conjuntivo. Emergem de toda a extensão da medula espinal e são responsáveis por conectar o SNC aos receptores sensitivos, aos músculos e às glândulas de todo o corpo humano. São 31 pares de nervos espinais que são nomeados e numerados de acordo com o nível que emergem da coluna vertebral.

Vamos entender como é formado o nervo espinal. Cada um deles é formado por uma raiz dorsal motora e por uma ventral sensitiva. A raiz sensitiva com suas fibras adentra o gânglio sensitivo e, após passar por ele, as raízes se unem e formam o nervo espinal, desta forma os nervos espinais são mistos, ou seja, transmitem tanta informação sensitiva quanto motora.

Após a formação dos nervos, seus ramos anteriores, com exceção dos nervos torácicos de T2 a T12, não encaminham diretamente aos seus respectivos órgãos efetores e, sim, formam redes axônicas denominados plexos nervosos, estes se formam em ambos os lados da coluna vertebral. Os principais plexos são: cervical, braquial, lombar, sacral e coccigeo. São denominados de acordo com a região que vão inervar.

Figura 2.14 | Formação dos nervos espinais



Fonte: Netter (2000, [s.p.]).



Refleta

Agora que você já estudou sobre a formação dos nervos e já conhece sua anatomia e fisiologia, reflita sobre as situações clínicas de traumatismo, por exemplo: no caso da fratura da cabeça da fíbula com comprometimento do nervo fibular, qual o porquê dos sintomas e sequelas?

Pois, se você pesquisar, verá que a vítima apresentará tanto sequela motora quanto sensitiva.

Sistema Nervoso Autônomo (SNA)

O sistema nervoso periférico (SNP) é dividido em três partes: sistema nervoso somático (SNS), sistema nervoso autônomo (SNA) e sistema nervoso entérico (SNE). O SNS apresenta controle sensitivo e motor, principalmente dos músculos estriados esqueléticos, de forma consciente. O SNE controla o funcionamento do sistema digestório e antigamente era considerado parte do SNA, sua ação é involuntária. O SNA apresenta neurônios sensitivos que captam informações de receptores sensitivos autônomos, presentes em

órgãos viscerais, e transmite para o SNC e neurônios motores que conduzem respostas do SNC para estes órgãos viscerais, sendo assim, sua ação é inconsciente e, portanto, involuntária.

A parte motora do SNA é dividida em simpática e parassimpática. Geralmente apresentam ações opostas, porém existem poucas exceções em que acontece de o órgão receber tanto ramos do simpático como do parassimpático.



Assimile

A parte simpática do SNA está relacionada com atividades que aceleram o metabolismo, por exemplo, na prática de exercícios físicos e nas situações de emergência, como nas respostas de "luta ou fuga"; já a parte parassimpática está relacionada com situações de redução do metabolismo, por exemplo, no processo de digestão dos alimentos e no repouso (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

De maneira geral, o SNA controla as funções dos órgãos viscerais e das glândulas. Os dois componentes, simpático e parassimpático, são estimulados por múltiplos centros encefálicos, localizados, principalmente, no hipotálamo e no tronco cerebral.

As diferenças entre esses dois componentes são: distribuição anatômica das fibras nervosas, efeitos estimulantes muitas vezes antagônicos e tipos de substâncias transmissoras (neurotransmissores) em geral diferentes.

- Anatomia do sistema nervoso autônomo simpático

Os nervos periféricos simpáticos, juntamente dos nervos espinais, apresentam sua origem nos seguimentos torácicos e nos dois primeiros segmentos lombares da medula espinal. Eles chegam até as cadeias simpáticas, que estão situadas uma a cada lado da coluna vertebral, com seus gânglios simpáticos. Após passar por esta cadeia, os nervos terminais simpáticos se distribuem por todo o organismo.

As principais funções do sistema nervoso simpático são: controle das glândulas sudoríparas equilibrando a sudorese; controle da vasoconstrição da pele e conseqüentemente da perda de calor pelo corpo; controle da pressão arterial e da frequência cardíaca; inibição dos movimentos gastrintestinais e das secreções de suas mucosas, e aumento do metabolismo celular do organismo como um todo.

- Neurônios pré e pós-ganglionares do sistema simpático: são transmitidos sinais simpáticos para a periferia a partir de dois neurônios, o primeiro está localizado na coluna lateral da substância cinzenta da medula espinal, sua fibra pré-ganglionar passa para a cadeia simpática onde faz sinapse com o segundo neurônio no gânglio simpático. A fibra do segundo neurônio, a pós-ganglionar, segue até o órgão efector (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- Anatomia do sistema nervoso autônomo parassimpático

O sistema nervoso parassimpático, por sua vez, se origina a partir de vários nervos cranianos e de segmentos sacrais da medula espinal. Alguns exemplos de ação deste sistema são: as fibras parassimpáticas no nervo oculomotor, que controlam o foco da visão dos olhos, além da dilatação das pupilas; as fibras parassimpáticas nos nervos vago e glossofaríngeo controlam a secreção da saliva, o ritmo da frequência cardíaca, a secreção gástrica e pancreática e muitas das contrações da parte superior do tubo gastrintestinal; e as fibras parassimpáticas, de origem sacral, controlam o esvaziamento da bexiga e do reto (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Todas as terminações parassimpáticas secretam o neurotransmissor acetilcolina e, por este motivo, essas fibras são camadas colinérgicas.

- Neurônios pré e pós-ganglionares do sistema parassimpático: os corpos dos neurônios pré-ganglionares ficam no tronco encefálico e na medula espinal sacral e suas fibras pré-ganglionares seguem trajeto direto até o órgão efector e fazem sinapse com o segundo neurônio, que está localizado na parede do órgão, as fibras pós-ganglionares de pequeno comprimento enfim penetram no órgão fazendo o controle deste.



Tanto os neurotransmissores acetilcolina quanto a noradrenalina e adrenalina podem excitar alguns órgãos internos enquanto inibem outros. Frequentemente, enquanto um excita um determinado órgão o outro inibe, mas isso não é regra absoluta. Seguem alguns exemplos de ação em determinados órgãos das partes do SNA simpático e parassimpático:

Órgão	SNA simpático	SNA parassimpático
Olhos	Dilatação da pupila	Contração da pupila
Pulmões	Dilatação dos brônquios	Constricção dos brônquios
Fígado	Liberação de glicose	Nenhuma
Rins e suprarrenais	Estimula a produção de adrenalina e noradrenalina	Nenhuma
Bexiga	Relaxamento	Contração
Coração	Acelera a FC	Reduz a FC
Órgãos sexuais masculinos	Promove a ejaculação	Promove a ereção

Fonte: adaptado Tortora e Derrickson (2016).

Hipotálamo

O hipotálamo faz parte do encéfalo, sendo importante no controle das "funções vegetativas" do organismo, ou seja, conjunto das funções orgânicas internas que são subconscientes, incluindo a maioria das funções do sistema nervoso autônomo.

No hipotálamo existem muitos núcleos que exercem funções reguladoras tais como: regulação da temperatura corporal, pelo controle da perda de calor pelo corpo, da sudorese, da intensidade da produção de calor pelos tecidos, pela variação de vasoconstrição cutânea e pelo controle do metabolismo celular; regulação do sistema cardiovascular, ritmo da frequência cardíaca e da pressão arterial; regulação da água corporal, por meio do controle da sede

e do mecanismo de ingestão de água e pela secreção de hormônio antidiurético que atua sobre o rim, fazendo com que retenha água; regulação da alimentação, através da excitação do centro da fome no hipotálamo; controle da excitação e da raiva, na situação especial de ameaça à vida; controle da secreção de hormônios secretados pelas glândulas endócrinas espalhadas pelo organismo; controle de, pelo menos, metade de todas as funções metabólicas do corpo; sensação somestésica como tato, pressão, calor, frio, dor e angulação das articulações e controle da interpretação dos sinais sensoriais (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

O tálamo também faz parte do encéfalo e é responsável por determinar o tipo de sensibilidade, denominado modalidade sensorial, em que um indivíduo experimenta um dos tipos de sensibilidade, tato, pressão, frio, calor ou dor. Quando essa informação sensitiva é transmitida do tálamo ao córtex sensitivo, é nele que esta informação se torna consciente, sendo possível determinar de qual ponto do corpo a informação sensitiva se originou (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

É importante ressaltar que as informações sensitivas de dor desempenham papel fundamental na proteção dos tecidos corporais contra qualquer lesão. Portanto, a própria lesão do tecido é que estimula as terminações nervosas da dor. Quando estas são estimuladas, o sistema sensitivo da dor gera respostas múltiplas, começando com os reflexos de defesa que são integrados na medula espinal, e causam a retirada imediata do segmento corporal que sofreu os estímulos dolorosos. A dor ainda provoca elevado nível de excitabilidade tanto no tronco encefálico quanto no cérebro, o que gera reações do tipo gritar, correr ou lutar.



Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema nervoso autônomo, leia o livro **Princípios de Anatomia e Fisiologia**, capítulo 15: Divisão autônoma do sistema nervoso (p. 527-546).

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema nervoso periférico (SNP), é capaz de analisar a situação-problema apresentada no *Diálogo aberto* e ajudar Carla, aluna do curso de Ciências Biológicas, que conseguiu a vaga para monitoria da disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana, a responder os seguintes questionamentos que são pontos importantes para o estudo do sistema nervoso: quais são as estruturas anatômicas que compõem o sistema nervoso periférico? Qual a função e a divisão do sistema nervoso autônomo?

Sobre as estruturas que compõem o SNP, são elas: nervos, gânglios, receptores sensitivos e terminações nervosas.

A divisão do SNA é em simpático e parassimpático, de maneira geral, o SNA controla as funções dos órgãos viscerais e das glândulas. Os dois componentes, simpático e parassimpático, são estimulados por múltiplos centros encefálicos, localizados, principalmente, no hipotálamo e tronco cerebral. As diferenças entre esses dois componentes são: distribuição anatômica das fibras nervosas, efeitos estimulantes muitas vezes antagônicos e tipos de substâncias transmissoras (neurotransmissores) em geral diferentes.

Agora que você já aprendeu sobre a anatomia e fisiologia dos sistemas que formam o aparelho locomotor e do sistema nervoso, elabore um quadro com as principais estruturas anatômicas dos sistemas ósseo, articular, muscular e nervoso, com suas respectivas funções.

Avançando na prática

Compreendendo o sistema nervoso autônomo

Descrição da situação-problema

Lucimara é aluna de graduação do curso de Ciências Biológicas e está acompanhando uma sala de alunos do ensino fundamental 2, no estágio de docência. E hoje foi o dia do passeio com a classe a uma feira de ciências do corpo humano. Antes já havia solicitado

aos alunos que estudassem as partes dos sistemas orgânicos e suas funções. Na feira, quando chegaram na parte da exposição do sistema nervoso, uma aluna perguntou sobre os componentes do sistema nervoso autônomo e sua função.

Resolução da situação-problema

Lucimara deve responder à aluna que o SNP é dividido em três partes, sistema nervoso somático (SNS), sistema nervoso autônomo (SNA) e sistema nervoso entérico (SNE). O SNS apresenta controle sensitivo e motor, principalmente dos músculos estriados esqueléticos, de forma consciente. O SNE controla o funcionamento do sistema digestório e antigamente era considerado parte do SNA, sua ação é involuntária. O SNA apresenta neurônios sensitivos que captam informações de receptores sensitivos autônomos, presentes em órgãos viscerais, e transmite para o SNC e neurônios motores que conduzem respostas do SNC para estes órgãos viscerais, sendo assim, sua ação é inconsciente e, portanto, involuntária. A parte motora do SNA é dividida em simpática e parassimpática. Geralmente apresentam ações opostas, porém existem poucas exceções em que acontece de o órgão receber tanto ramos do simpático como do parassimpático.

Faça valer a pena

1. O Sistema Nervoso Autônomo é responsável pelo controle da ação do organismo no meio ambiente interno, regulando assim a atividade dos órgãos viscerais (glândulas, músculos lisos e cardíacos), por meio de seus dois eixos de ativação, o simpático e o parassimpático.

Com base em seu conhecimento sobre o SNA, analise as afirmativas abaixo:

I– O SNA apresenta neurônios sensitivos que captam informações de receptores sensitivos autônomos, presentes em órgãos viscerais, e transmite para o SNC, e neurônios motores que conduzem respostas do SNC para estes órgãos viscerais, sendo assim, sua ação é inconsciente e, portanto, involuntária.

II– A parte motora do SNA é dividida em simpática e parassimpática. Geralmente apresentam ações opostas, porém existem poucas exceções em que acontece de o órgão receber tanto ramos do simpático como do parassimpático.

III– As diferenças entre o simpático e o parassimpático são a distribuição anatômica das fibras nervosas, os efeitos estimulantes muitas vezes antagônicos e os tipos de substâncias transmissoras (neurotransmissores), em geral diferentes.

IV– A maioria das terminações simpáticas secreta o neurotransmissor denominado noradrenalina ou adrenalina e, por este motivo, essas fibras são camadas adrenérgicas, que exercem os diversos efeitos simpáticos sobre o corpo.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) I.
- b) I e III.
- c) IV.
- d) II e III.
- e) I, II, III e IV.

2. Os nervos do SNP se dividem em dois grandes grupos: os 31 pares de nervos espinais, que têm a origem a partir das raízes nervosas da medula espinal e vão inervar músculos, órgãos e glândulas do tronco e membros, e os 12 pares de nervos cranianos, que emergem do encéfalo e inervam na sua maioria músculos e órgãos da cabeça e do pescoço.

Sobre os 12 pares de nervos cranianos e suas funções, avalie as colunas e as correlacione:

Coluna 1: Nervos cranianos

- A. Nervo trigêmeo.
- B. Nervo facial.
- C. Acessório.

Coluna 2: Funções

I– Motor somático: movimento da cabeça e do cíngulo do membro superior.

II– Misto: Sensitivo: gustação nos dois terços anteriores da língua, sensações táteis, álgicas e térmicas da pele do meato acústico externo; Motor (branquial): controle dos músculos da mímica facial e da musculatura da orelha média; Motor (autônomo): secreção de lágrimas e saliva.

III– Misto: Sensitivo: sensações táteis, álgicas e térmicas do escalpo, face e cavidade oral (incluindo dentes e dois terços anteriores da língua); Motor (branquial): mastigação e controle da musculatura da orelha média.

Analise as alternativas e assinale a que apresenta a relação correta entre as colunas:

- a) A-I, B-II, C-III.
- b) A-II, B-III, C-I.
- c) A-I, B-III, C-II.
- d) A-III, B-II, C-I.
- e) A-II, B-I, C-III.

3. De maneira geral, o SNA controla as funções dos órgãos viscerais e glândulas. Os dois componentes, simpático e parassimpático, são estimulados por múltiplos centros encefálicos, localizados, principalmente, no hipotálamo e tronco cerebral.

Das afirmações abaixo, assinale V para verdadeiro e F para falso em relação às funções do hipotálamo:

- () Regulação da alimentação, pela excitação de um centro da fome no hipotálamo, quando as reservas de nutrientes do corpo estão diminuídas.
- () Controle dos movimentos dos músculos estriados esqueléticos do corpo humano.
- () Controle da excitação e da raiva, quando a pessoa é ameaçada de qualquer modo.
- () Controle do equilíbrio corporal durante as execuções das atividades da vida diária.
- () Regulação do sistema cardiovascular, em especial da frequência cardíaca e da pressão arterial.

Assinale a alternativa que representa a sequência correta de V e F:

- a) F, F, F, F, F.
- b) V, F, V, F, V.
- c) V, V, F, F, F.
- d) F, F, V, V, F.
- e) V, V, V, V, V.

Referências

- DÂNGELO, José Geraldo; FATTINI, Carlo Americo. **Anatomia humana sistêmica e segmentar**: para o estudante de medicina. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1998.
- DUARTE, Hamilton Emídio. **Anatomia humana**. Florianópolis: DECTI da Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Saunders, 2006.
- LAROSA, Paulo Ricardo. **Anatomia humana**: texto e atlas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.
- MIELNIK, Nelson; MIELNIK, Sylvia. **Terminologia anatômica internacional**. Sociedade Brasileira de Anatomia. Barueri: Manole, 2001.
- NETTER, Frank H. **Atlas de anatomia humana**. 8. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1966. v. 1.
- RIZZO, Donald C. **Fundamentos de anatomia e fisiologia**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- SOBOTTA, Johannes; BECHER, Hellmut. **Atlas de anatomia humana**. 21. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, Bryan. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- VAN DE GRAAF, Kent Marshall. **Anatomia humana**. 6. ed. Barueri: Manole, 2003.

Anatomia e fisiologia dos sistemas: circulatório, respiratório e digestório

Convite ao estudo

Olá, caro aluno! Nesta unidade você dará continuidade aos estudos dos sistemas orgânicos do corpo humano, e estudará a anatomia e fisiologia dos sistemas circulatório, respiratório e digestório. O estudo desta unidade permitirá a você conhecer os conceitos gerais da anatomia e fisiologia destes sistemas, assim como conhecer a constituição e a função de seus componentes. Ao término desta unidade, você terá atingido os objetivos de estudo e será capaz de identificar e nomear as principais estruturas que compõem estes sistemas orgânicos e compreenderá seus processos fisiológicos que permitem seu ideal funcionamento, além de ser capaz de aplicar o conhecimento adquirido no estudo em situações próximas da realidade profissional. Para auxiliar no desenvolvimento da competência acima e atender aos objetivos específicos do tema em questão ("Anatomia e fisiologia dos sistemas: circulatório, respiratório e digestório"), será apresentada a seguir uma situação hipotética que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática. Vamos lá!

Cristina é formada em Ciências Biológicas Licenciatura e atualmente leciona em um colégio particular, onde ministra aulas de biologia para o ensino fundamental. A direção da escola solicitou que cada professor, em sua área específica, desenvolvesse um projeto junto aos alunos que deverá ser apresentado ao final do semestre, ao término da disciplina. O objetivo é que os alunos apliquem o conhecimento adquirido nas aulas, comprovando assim, o alcance da competência esperada na disciplina. Após refletir sobre os possíveis temas para o seu projeto, Cristina decidiu desenvolver uma feira de

exposição do corpo humano, aplicando o estudo de anatomia e fisiologia e resolveu começar com os sistemas circulatório, respiratório e digestório.

Portanto, nesta unidade você acompanhará Cristina nos preparos da feira de exposição do corpo humano. Vamos lá!

Seção 3.1

Anatomia e fisiologia do sistema circulatório

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo a mais uma seção de estudos deste livro didático! A partir de agora você iniciará seus estudos sobre “Anatomia e fisiologia do sistema circulatório”, e aprenderá quais são as estruturas anatômicas do sistema circulatório, além de compreender os processos de circulações sanguíneas, de débito cardíaco e de ciclo cardíaco. Agora vamos relembrar a situação hipotética apresentada no *Convite ao estudo*, que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

Cristina dividiu seus alunos em grupos e distribuiu as atividades e o sistema que irão trabalhar. O primeiro grupo ficou com o sistema circulatório e terá que desenvolver materiais que apresentem os órgãos pertencentes a este sistema e demonstrar suas funções e sua importância para o organismo. Para isso, Cristina deverá recordar os principais conceitos aplicados aos estudos da anatomia e fisiologia do sistema circulatório, e saber responder aos seguintes questionamentos: quais são os órgãos e estruturas do sistema circulatório e quais suas respectivas funções?

Para que você consiga responder a esses e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema circulatório, serão apresentados de forma contextualizada os conteúdos pertinentes a este tema na seção *Não pode faltar*.

Vamos lá e bons estudos!

Não pode faltar

Você conhece a importância do sistema circulatório para o organismo, e quais suas funções? Antes de falar sobre as funções é necessário conhecer as estruturas anatômicas. Vamos lá!

O sistema circulatório sanguíneo é responsável pelo transporte de sangue do coração para todo o corpo e dos tecidos do corpo até o coração. No entanto, para que ocorra este transporte para todo

o corpo, além do sangue, existem outras estruturas que compõem o sistema circulatório, tais como: o coração e os vasos sanguíneos.



Assimile

O sangue é um líquido de aspecto viscoso de cor vermelha, representando aproximadamente 8% da massa do corpo de um adulto. Ou seja, corresponde a um volume de cerca de 4 a 5 litros em mulheres adultas e de 5 a 6 litros em homens adultos. É responsável pela circulação de células de defesa no organismo e pelo transporte de oxigênio dos pulmões até os tecidos, de nutrientes do sistema digestório aos tecidos, de resíduos provenientes das células até os órgãos responsáveis e por sua eliminação, e pela circulação de hormônios por todo o corpo humano.

O sangue possui uma parte líquida, denominada plasma, e uma parte composta por células variadas e fragmentos de células (plaquetas, leucócitos e hemácias).

As hemácias ou glóbulos vermelhos são as principais células do tecido sanguíneo, conhecidas também como eritrócitos. No seu interior existe grande quantidade de hemoglobina, que são responsáveis pela característica da cor vermelha e tem como principal função transportar aos tecidos o oxigênio que está ligado às moléculas de ferro existente na estrutura da hemoglobina.

Os leucócitos ou glóbulos brancos são células pertencentes ao sistema imune e participam dos processos de defesa do organismo. São produzidos na medula óssea e ficam circulando no sangue por dias, semanas, meses ou até anos no organismo. Sua produção é contínua, e quando há alguma alteração na quantidade destas células, observada em um exame de sangue, por exemplo, é sinal de que está ocorrendo algum problema que possa ter alterado o funcionamento adequado do sistema imune.

As plaquetas são formadas por fragmentos celulares e promovem a coagulação do sangue, auxiliando nos processos de reparo de lesões dos vasos sanguíneos. Elas desencadeiam o mecanismo de proteção contra perda de sangue em ferimentos.



Quando ocorre uma lesão do vaso sanguíneo com consequente sangramento, os grânulos presentes nas plaquetas contêm substâncias químicas que, uma vez liberadas, promovem a coagulação do sangue. Portanto, as plaquetas ajudam a cessar a perda de sangue de vasos sanguíneos danificados formando um tampão plaquetário (TORTORA & DERRICKSON, 2016).

Todo o nosso corpo é irrigado por vasos sanguíneos que se ramificam e se espalham pelo corpo, formando uma rede responsável por distribuir o sangue para todos os tecidos. Os vasos sanguíneos variam em formato, sendo classificados em artérias, arteríolas, veias, vênulas e capilares.

- **Artérias:** são os vasos sanguíneos que levam o sangue rico em oxigênio do coração aos tecidos. Sua parede é grossa e é formada pelos tecidos epitelial, muscular e conjuntivo. Esses tecidos permitem que as artérias transportem o sangue com determinada pressão, a qual é importante para que o sangue seja impulsionado pelo corpo. Conforme as redes de vasos sanguíneos se afastam do coração em direção aos tecidos do corpo, as artérias vão se ramificando e formando outros vasos, de menor tamanho, chamados arteríolas.

- **Arteríolas:** são vasos que transportam o sangue rico em oxigênio para os tecidos, mas são menores que as artérias. Elas ramificam-se cada vez mais, conforme se afastam do coração. Os vasos formados a partir dessa ramificação são cada vez menores. Ao chegar aos tecidos, as arteríolas formam os capilares.

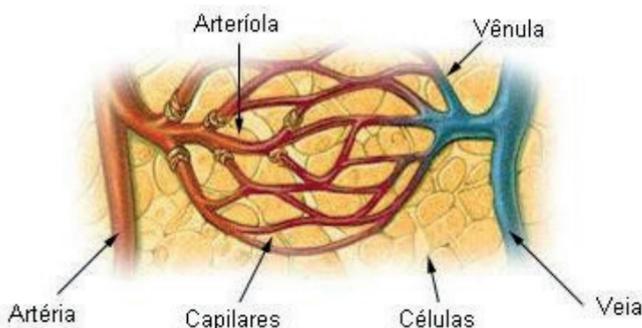
- **Capilares:** são vasos microscópicos espalhados por todo o corpo, alcançando praticamente todas as células dos tecidos. Eles são responsáveis pela troca de gases e nutrientes entre o sangue e os tecidos. Essa troca só é possível porque a parede dos capilares possui uma estrutura permeável. Conforme os capilares passam pelos tecidos, o sangue perde o oxigênio e recebe o gás carbônico. Em seguida, esse sangue pobre em oxigênio passa para as vênulas.

- **Vênulas:** são pequenas veias que recebem o sangue pobre em oxigênio e rico em gás carbônico proveniente dos capilares e o encaminha até as veias.

- **Veias:** são vasos sanguíneos que transportam o sangue rico

em gás carbônico e pobre em oxigênio dos tecidos para o coração. Possuem estrutura semelhante à das artérias, porém, sua parede é mais delgada. Além disso, possuem válvulas que impedem o retorno do sangue, contribuindo para direcionar o fluxo sanguíneo ao coração.

Figura 3.1 | Vasos sanguíneos



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Capilar_sangu%C3%ADneo>. Acesso em: 10 nov. 2017.

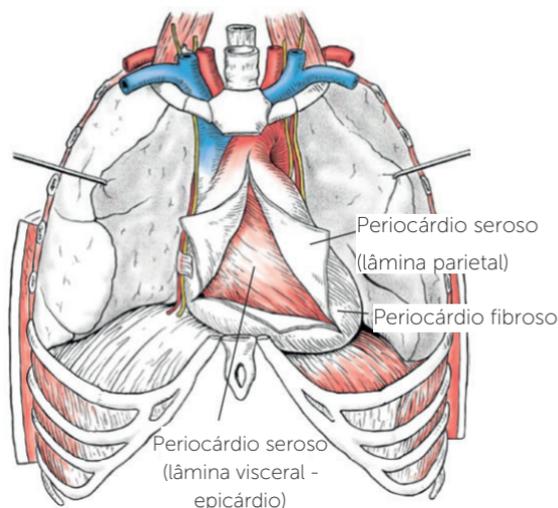


Refleta

Você já refletiu sobre como a análise do sangue por meio dos exames laboratoriais consegue determinar se estamos saudáveis e detectar ou descartar doenças, e até mesmo diagnosticar diversos tipos de infecções?

O **coração** é o órgão responsável por bombear o sangue através dos vasos sanguíneos, levando os nutrientes e o oxigênio aos tecidos do corpo. É um órgão muscular com cavidades ocas internas e funciona como uma bomba contrátil-propulsora. O tecido muscular que forma o coração é muscular estriado cardíaco, e constitui sua camada média chamado miocárdio. Forrando internamente o miocárdio existe o endocárdio e externamente o pericárdio. O coração localiza-se na cavidade torácica ao lado dos dois pulmões e possui sua maior parte desviada para o lado esquerdo do tórax e internamente. Ele está dividido em quatro cavidades: duas superiores, os átrios e duas inferiores, os ventrículos.

Figura 3.2 | Situação do coração



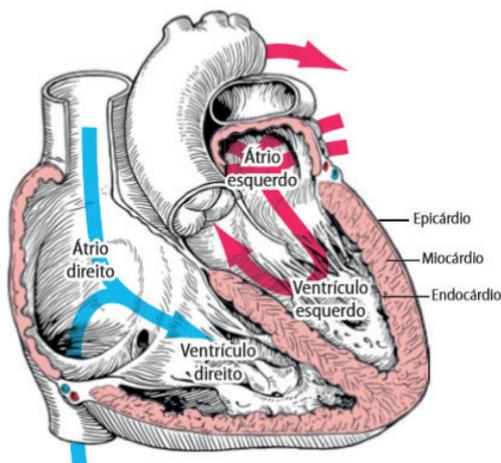
Fonte: Duarte (2009, p. 96).

Quando o sangue chega ao coração, os átrios dilatam - processo denominado diástole. Para que o sangue passe para os ventrículos, os átrios contraem (sístole atrial) e os ventrículos dilatam (diástole ventricular). Assim, sístoles e diástoles alternam-se, gerando os batimentos do coração e a circulação do sangue (DUARTE, 2009).

Para percorrer todo o corpo, o sangue passa duas vezes pelo coração realizando dois percursos. O percurso mais curto é o da **circulação pulmonar** ou pequena circulação, em que o sangue faz o trajeto coração-pulmão-coração. Nesse trajeto, o gás carbônico do sangue passa para o pulmão, e parte do oxigênio inspirado passa para o sangue. O percurso mais longo corresponde à **circulação sistêmica** ou grande circulação, em que o sangue faz o trajeto coração-tecidos-coração. Nesse trajeto, o oxigênio que estava no sangue passa para as células dos tecidos e esse sangue recebe gás carbônico produzido nas células. O lado direito do coração recebe sangue pobre em oxigênio vindo do corpo e o impulsiona para os pulmões. O lado esquerdo recebe o sangue rico em oxigênio vindo dos pulmões e o bombeia para o corpo. A veia cava se abre no átrio direito, trazendo o sangue carregado de gás carbônico e pobre em oxigênio, chamado de sangue venoso. Esse sangue é então bombeado para o ventrículo direito, passando pela valva

tricúspide e segue para a artéria pulmonar. A artéria pulmonar leva o sangue venoso até o pulmão, onde ocorrerá a troca gasosa. Essa troca gasosa é denominada hematose. Agora o sangue rico em oxigênio sai dos pulmões e retorna ao coração através das veias pulmonares, chegando ao átrio esquerdo e em seguida é bombeado ao ventrículo esquerdo passando pela valva bicúspide ou mitral. Do ventrículo esquerdo o sangue arterial sai pela artéria aorta e segue para todas as partes do corpo (DUARTE, 2009).

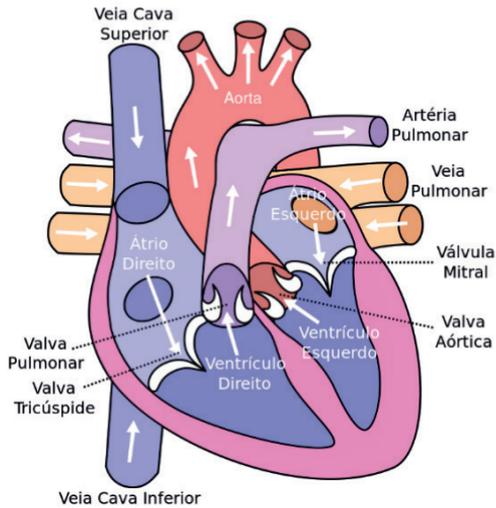
Figura 3.3 | Coração e suas câmaras



Fonte: Duarte (2009, p. 97).

Na base do coração estão as artérias e veias de grande calibre, que levam sangue do coração para os órgãos e trazem sangue dos órgãos para o coração, chamadas de vasos da base. São eles: artéria aorta, tronco pulmonar, veia cava superior, veia cava inferior e as veias pulmonares. A artéria aorta, a mais importante do corpo humano, emerge no ventrículo esquerdo e carrega sangue arterial do coração para todo o organismo. Já o tronco pulmonar emerge do ventrículo direito e carrega o sangue venoso do coração para os pulmões. A veia cava superior traz o sangue venoso da parte superior do corpo, e a veia cava inferior o sangue venoso da parte inferior do corpo - ambas desembocam no átrio direito. No átrio esquerdo chegam as veias pulmonares, trazendo sangue arterial dos pulmões (DUARTE, 2009).

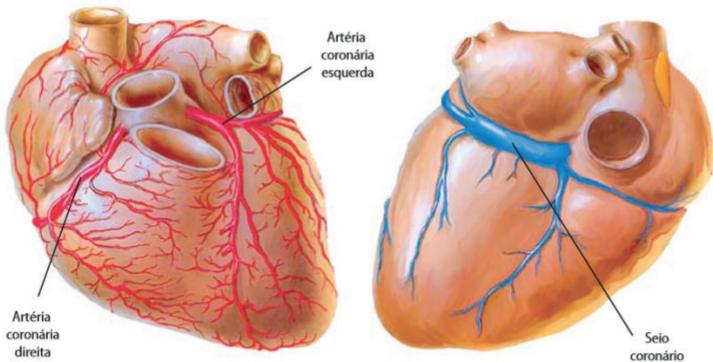
Figura 3.4 | Vasos da base e válvulas do coração



Fonte: <<https://goo.gl/cLw47d>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

O miocárdio é um músculo do coração que recebe sua irrigação sanguínea das artérias coronária direita e esquerda, emergindo da aorta ascendente e irrigando todo o miocárdio. O sangue venoso do tecido cardíaco é drenado pelas veias cardíacas que se confluem para formar o seio coronário, que desemboca no átrio direito (DUARTE, 2009).

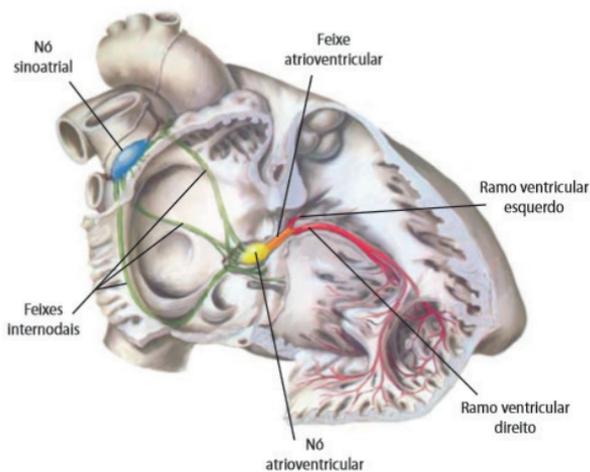
Figura 3.5 | Artérias coronárias e seio coronário



Fonte: Duarte (2009, p. 100).

Os movimentos de sístole e diástole do miocárdio, são controlados por um sistema altamente especializado, conhecido como sistema excitocondutor ou sistema próprio do coração. Esse sistema é formado por fibras musculares especializadas em conduzir impulsos elétricos e, ao mesmo tempo, permite manter a frequência cardíaca entre 60 e 80 batimentos por minuto no indivíduo adulto. O sistema é formado por: nó sinoatrial (sinusal), agrupamento de fibras musculares especializadas situado próximo da veia cava superior, conhecido como o marca-passo fisiológico do coração, pelos feixes internodais, que fazem as conexões do nó sinoatrial com o nó atrioventricular, pelo nó atrioventricular, agrupamento de fibras musculares especializadas situado na porção inferior do septo interatrial, e pelo feixe atrioventricular, constituído por um cordão de fibras musculares especializadas que se origina do nó atrioventricular e se dirige para o septo interventricular, onde se divide em ramo direito e ramo esquerdo, que vão se distribuir nos ventrículos (DUARTE, 2009).

Figura 3.6 | Sistema excitocondutor



Fonte: Duarte (2009), p.105.

- Ciclo e débito cardíaco

O processo fisiológico denominado ciclo cardíaco está relacionado aos batimentos cardíacos, porém, um único ciclo cardíaco apresenta todos os eventos associados a um batimento cardíaco. Sendo assim, um ciclo cardíaco consiste em uma sístole

e uma diástole dos átrios mais uma sístole e uma diástole dos ventrículos. (TORTORA & DERRICKSON, 2016).

O débito cardíaco (DC) é o volume de sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo (ou ventrículo direito) na aorta (ou tronco pulmonar) a cada minuto. O débito cardíaco é igual ao volume sistólico (VS), o volume de sangue ejetado pelo ventrículo a cada contração, multiplicado pela frequência cardíaca (FC), a quantidade de batimentos cardíacos por minuto. (TORTORA & DERRICKSON, 2016).



Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a fisiologia do coração e de sua circulação, leia o livro **Princípios de Anatomia e Fisiologia**, capítulo 10: Sistema circulatório I – O coração. (p. 693–733).

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema circulatório, você é capaz de analisar a situação problema apresentada no “Diálogo aberto” e ajudar Cristina e seus alunos a projetarem o primeiro tema da feira de exposição do corpo humano e a responderem os seguintes questionamentos, que são pontos importantes para a elaboração: quais são os órgãos e estruturas do sistema circulatório e quais suas respectivas funções?

O sistema circulatório é formado pelos vasos sanguíneos e pelo coração, sendo responsável pelo transporte de sangue do coração para todo o corpo e dos tecidos do corpo até o coração. O coração é o órgão bombeador do sangue para os vasos, o que ocorre por meio da sístole, que é a contração das câmaras cardíacas. O sangue transporta várias substâncias, tais como, hormônios, nutrientes e oxigênio, e as leva até os tecidos - o contrário também acontece. Em seguida, o sangue recolhe restos do metabolismo e gás carbônico

dos tecidos e os levam até o órgão eliminador. Desta forma, Cristina deverá demonstrar estas estruturas anatômicas e simular suas funções.

Avançando na prática

Aula sobre tipos de vasos sanguíneos

Descrição da situação-problema

Fátima é aluna do curso de graduação de Ciências Biológicas Licenciatura, está no período de estágio e acompanha uma sala de alunos do ensino fundamental. Na próxima aula ela terá que explicar as diferenças dos vasos sanguíneos. Desta forma, ela terá que saber responder: quais são os tipos de vasos sanguíneos e suas diferenças?

Resolução da situação-problema

Cristina deverá explicar aos alunos que os vasos sanguíneos variam em formato, sendo classificados em artérias, arteríolas, veias, vênulas e capilares. **Artérias:** são os vasos sanguíneos que levam o sangue rico em oxigênio do coração aos tecidos. Sua parede é grossa e é formada pelos tecidos epitelial, muscular e conjuntivo. Esses tecidos permitem que as artérias transportem o sangue com determinada pressão, a qual é importante para que o sangue seja impulsionado pelo corpo. Conforme as redes de vasos sanguíneos se afastam do coração em direção aos tecidos do corpo, as artérias vão se ramificando e formando outros vasos, de menor tamanho, chamados arteríolas. **Arteríolas:** são vasos que transportam o sangue rico em oxigênio para os tecidos, mas são menores que as artérias. Elas ramificam-se cada vez mais, conforme se afastam do coração. Os vasos formados a partir dessa ramificação são cada vez menores. Ao chegar aos tecidos, as arteríolas formam os capilares. **Capilares:** são vasos microscópicos espalhados por todo o corpo, alcançando praticamente todas as células dos tecidos. Eles são responsáveis pela troca de gases e nutrientes entre o sangue e os tecidos. Essa troca só é possível porque a parede dos capilares possui uma estrutura permeável. Conforme os capilares passam pelos tecidos, o sangue perde o oxigênio e recebe o gás carbônico. Em seguida, esse sangue pobre em oxigênio passa para as vênulas. **Vênulas:** são

pequenas veias que recebem o sangue pobre em oxigênio e rico em gás carbônico proveniente dos capilares e o encaminha até as veias.

Veias: são vasos sanguíneos que transportam o sangue pobre em oxigênio e rico em gás carbônico dos tecidos para o coração. Elas têm estrutura semelhante à das artérias, mas sua parede é mais fina. Além disso, possuem válvulas que impedem o retorno do sangue, contribuindo para direcionar o fluxo sanguíneo ao coração.

Faça valer a pena

1. Complete o texto:

O volume de sangue ejetado pelo ventrículo na artéria a cada minuto, sendo definido como igual ao volume sistólico (VS), o volume de sangue ejetado pelo ventrículo a cada contração, multiplicado pela frequência cardíaca (FC), a quantidade de batimentos cardíacos por minuto. Esta descrição se refere ao _____.

Assinale a alternativa que completa corretamente o texto.

- a) Débito cardíaco.
- b) Ciclo cardíaco.
- c) Sistema excitocondutor.
- d) Nó sinoatrial.
- e) Nó atrioventricular.

2. Todo o nosso corpo é irrigado por vasos sanguíneos, que se ramificam e se espalham pelo corpo formando uma rede responsável por distribuir o sangue para todos os tecidos. Os vasos sanguíneos variam em formato, e são classificados em artérias, arteríolas, veias, vênulas e capilares. Em relação aos vasos sanguíneos e sua definição, observe as colunas abaixo e associe os com sua definição.

Coluna 1

I- Artérias

II- Veias

III- Capilares

Coluna 2

A- Vasos microscópicos espalhados por todo o corpo, responsáveis pela troca de gases e nutrientes entre o sangue e os tecidos.

B- Vasos sanguíneos que transportam o sangue pobre em oxigênio e rico

em gás carbônico dos tecidos para o coração.

C- Vasos sanguíneos que levam o sangue rico em oxigênio do coração aos tecidos.

Assinale a alternativa que representa a associação correta.

- a) I-C, II-B, III-A.
- b) I-B, II-A, III-C.
- c) I-A, II-C, III-B.
- d) I- B, II-C, III-A.
- e) I-A, II-B, III- C.

3. Os movimentos de sístole e diástole do miocárdio são controlados por um sistema altamente especializado, conhecido como sistema excitocondutor ou sistema próprio do coração. Esse sistema é formado por fibras musculares especializadas em conduzir impulsos elétricos e, ao mesmo tempo, permite manter a frequência cardíaca entre 60 e 80 batimentos por minuto no indivíduo adulto.

Com base em seu conhecimento sobre o sistema excitocondutor, avalie as afirmativas abaixo:

I. Nó sinoatrial (sinusal) é um agrupamento de fibras musculares especializadas, situado próximo da veia cava superior, conhecido como o marca-passo fisiológico do coração.

II. Feixes internodais fazem as conexões do nó sinoatrial com o nó atrioventricular.

III. Nó atrioventricular é um agrupamento de fibras musculares especializadas situado na porção inferior do septo interatrial.

IV. Feixe atrioventricular, constituído por um cordão de fibras musculares especializadas que se origina do nó atrioventricular e se dirige para o septo interventricular, onde se divide em ramo direito e ramo esquerdo, que vão se distribuir nos ventrículos.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) I.
- b) I e III.
- c) IV.
- d) II e III.
- e) I, II, III e IV.

Seção 3.2

Anatomia e fisiologia do sistema respiratório

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo a mais uma seção de estudos deste livro didático! A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre “Anatomia e fisiologia do sistema respiratório”. Aprenderá, nesta seção, quais são suas estruturas anatômicas e compreenderá os processos de respiração e ventilação. Vamos relembrar a situação hipotética que foi apresentada no *Convite ao estudo* que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

O segundo grupo ficou com o sistema respiratório e terá que desenvolver materiais que apresentem os órgãos pertencentes a este sistema, bem como demonstrar suas funções e sua importância para o organismo. Para isso, Cristina deverá recordar os principais conceitos aplicados aos estudos da anatomia e fisiologia do sistema respiratório e saber responder aos seguintes questionamentos: quais são os órgãos e estruturas do sistema respiratório e suas respectivas funções?

Para que você consiga responder a esses e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema circulatório, serão apresentados de forma contextualizada na seção *Não pode faltar* os conteúdos pertinentes a este tema.

Vamos lá, bons estudos!

Não pode faltar

Você conhece a importância do sistema respiratório para o organismo, e quais suas ações? Antes de falar sobre as funções, é necessário conhecer suas estruturas, vamos lá!

O sistema respiratório tem a importante função de suprir oxigênio para todos os tecidos do organismo, após a metabolização dessa molécula no interior celular, acontece a remoção e eliminação do dióxido de carbono, também feitos pela respiração. Portanto, inspiramos oxigênio da atmosfera

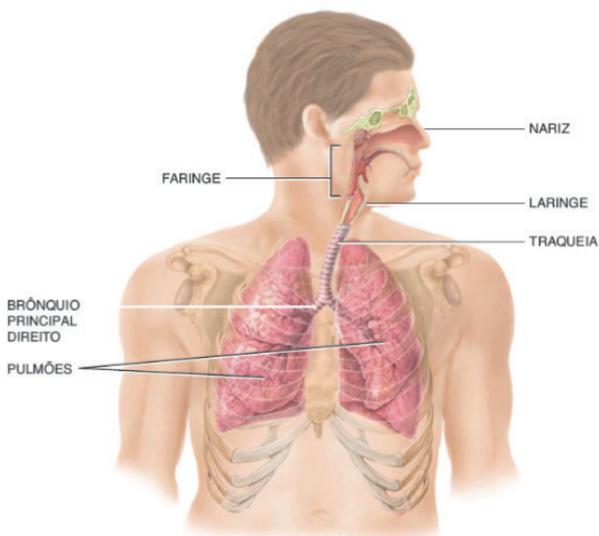
e expiramos dióxido de carbono como restos metabólicos do organismo.

O sangue é o veículo desses gases e é responsável por conduzi-los ao seu destino final. O principal órgão do sistema respiratório é o pulmão, porém, para o oxigênio chegar até ele, outros órgãos participam desse sistema. Ele é dividido anatomicamente em duas partes, uma condutora e outra respiratória.

- **Parte condutora:** formada pelos órgãos tubulares que têm a função de conduzir o ar inspirado até a parte respiratória, bem como os pulmões que devem direcionar o ar a ser expirado com CO_2 (dióxido de carbono) até a cavidade oral para então ser eliminado para fora do organismo. A sequência dos órgãos condutores de oxigênio até os pulmões é a seguinte: o ar inspirado entra no organismo pelo nariz e cavidade nasal, continua seu percurso pela faringe, laringe, traqueia até chegar nos brônquios, que são subdivididos em brônquios principais, lobares, segmentares e bronquíolos.

- **Parte respiratória:** formada pelos pulmões que, por sua vez, são constituídos pelos ductos alveolares e alvéolos, sendo esses últimos estruturas nas quais realmente acontece a hematose (troca gasosa).

Figura 3.7 | Órgãos respiratórios



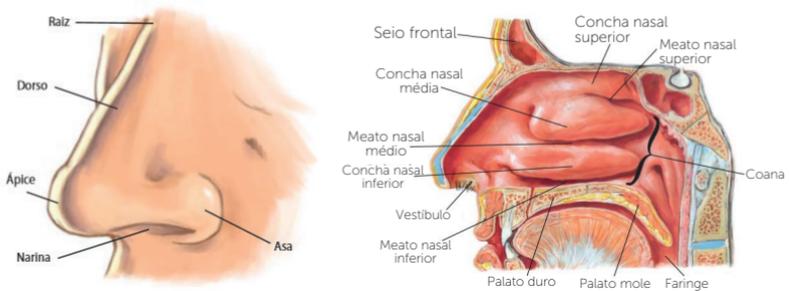
Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 848).

Agora, vamos conhecer cada órgão que compõe o sistema respiratório:

- **Nariz:** o nariz apresenta uma parte externa e uma interna. A externa se situa no plano mediano, tem a forma de uma pirâmide de base inferior, apresenta dorso, ápice e raiz, além das aberturas denominadas narinas. A cavidade nasal é a parte interna do nariz e possui as conchas nasais, que são revestidas por mucosa ricamente vascularizada, os meatos que separam as conchas, o septo nasal que divide as duas narinas e, por fim, as coanas, orifícios de comunicação com a nasofaringe, marcam o limite posterior das cavidades nasais.

O nariz apresenta uma parte olfatória que têm as terminações nervosas responsáveis pelo olfato, umidificação, aquecimento e purificação do ar.

Figura 3.8 | a) Anatomia do nariz externo; b) anatomia da cavidade nasal



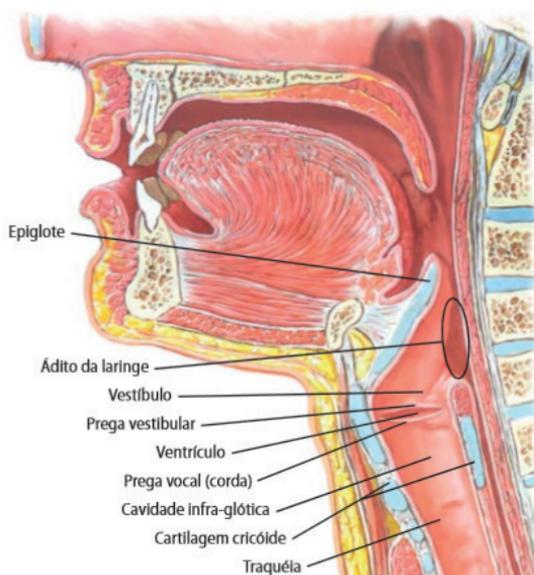
Fonte: Duarte (2009, p. 136 e 137).

Existem também os seios paranasais, cavidades intraósseas revestidas de mucosa respiratória situados em torno da cavidade nasal. Estes seios são formados por ossos pneumáticos, contêm ar no seu interior e se comunicam com a cavidade nasal. São eles: seio frontal, seio maxilar, seio esfenoidal e células etmoidais. O processo inflamatório desses seios é denominado sinusite. (DUARTE, 2009).

- **Faringe:** faringe é um tubo comum aos sistemas digestório e respiratório e comunica-se com as cavidades nasais, a cavidade oral e a cavidade da laringe. O ar inspirado pelas narinas ou pela boca passa obrigatoriamente pela faringe antes de atingir a laringe. A faringe apresenta três partes: nasofaringe, orofaringe e laringofaringe. (DUARTE, 2009).

- **Laringe:** a laringe é um tubo cartilágneo localizado entre a faringe e a traqueia. Além da passagem do ar, também apresenta importante função na fonação. O esqueleto cartilaginoso da laringe compreende as cartilagens epiglote, tireoide, cricoide, aritínoides e corniculadas. A epiglote exerce a importante função de fechar a abertura da laringe para evitar a entrada de alimentos no momento da deglutição. Se o alimento passa para a laringe, ocorre a broncoaspiração e pode evoluir para broncopneumonia (DUARTE, 2009).

Figura 3.9 | Faringe e laringe cavidade interna

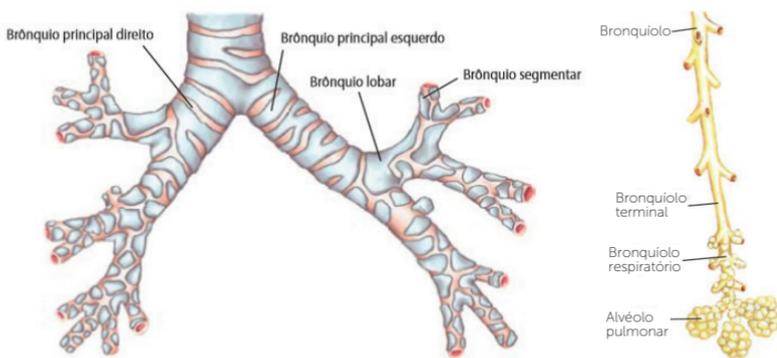


Fonte: Duarte (2009, p. 139).

- **Traqueia:** tubo cartilágneo que se estende da laringe até a sua divisão em dois brônquios principais. É formada por 20 anéis traqueais de cartilagem hialina em forma de letra C fechados posteriormente pelo músculo traqueal. Na bifurcação da traqueia, encontra-se a "carina", relevo em forma de quilha formado pelo último anel traqueal. No pescoço e no tórax, a traqueia encontra-se anteriormente ao esôfago. Nas ocasiões de obstrução grave das vias aéreas superiores (acima da traqueia) realiza-se a traqueostomia, abertura por meio do bisturi no espaço entre o primeiro e segundo anéis traqueais com o objetivo de estabelecer fluxo de ar. (DUARTE, 2009).

- **Brônquios:** a traqueia se divide em brônquios, que são estruturas tubulares com anéis de cartilagem hialina em suas paredes. Se comunicam superiormente com a traqueia e inferiormente com os pulmões. Na extremidade inferior, a traqueia divide-se em dois brônquios, o brônquio principal direito que penetra no pulmão direito, e o brônquio principal esquerdo, destinado ao pulmão esquerdo. Cada brônquio principal divide-se em unidades menores, os brônquios lobares, destinados aos lobos pulmonares. Os brônquios lobares se subdividem em unidades menores, os brônquios segmentares, destinados aos segmentos pulmonares. Os brônquios segmentares sofrem ainda sucessivas divisões denominadas bronquíolos, antes de terminarem nos alvéolos. Estes últimos são as estruturas funcionais do sistema respiratório e é nelas que ocorre a troca gasosa. Todo este arranjo dá origem ao conjunto denominado árvore brônquica. (DUARTE, 2009).

Figura 3.10 | Brônquios e bronquíolos



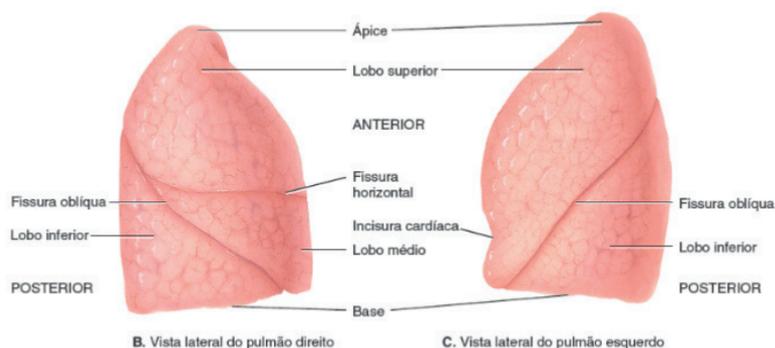
Fonte: Duarte (2009, p. 141 e 142).

- **Pulmões:** os pulmões são órgãos pares, possuem forma de pirâmide, sendo assim, têm um ápice e uma base. Estão situados um de cada lado da coluna vertebral na cavidade torácica e repousam sobre o diafragma. Eles são órgãos responsáveis pela hematose (troca gasosa). Cada pulmão está dividido por fissuras em partes chamadas lobos. O pulmão direito possui as fissuras horizontal e oblíqua, que o divide em três lobos (superior, médio e inferior), e o pulmão esquerdo possui a fissura oblíqua entre os lobos superior e inferior. Os alvéolos formam o tecido pulmonar (DUARTE, 2009).



Os pulmões apresentam aparência rosa claro em crianças saudáveis e pessoas jovens que vivem em ambiente limpo. Nos adultos são frequentemente escuros e acinzentados, especialmente nos fumantes. Essa coloração escura ocorre em virtude do acúmulo de partículas de carbono, poeira e outras substâncias inaladas no fumo. Você imagina quais consequências essa situação pode trazer ao organismo?

Figura 3.1 | Pulmões



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 860).

Pleura pulmonar: é uma membrana serosa que reveste internamente a parede do tórax denominada pleura parietal, e a seguir se reflete para envolver os pulmões, denominada pleura visceral. O espaço entre elas é a cavidade pleural a qual contém uma pequena quantidade de líquido pleural que lubrifica as pleuras parietal e visceral, evitando o atrito entre elas.



Exemplificando

Exemplos de lesões da pleura pulmonar:

Se uma quantidade de ar suficiente entra na cavidade pleural, a tensão superficial que prende a pleura visceral à parietal é rompida, o pulmão entra em colapso e a cavidade pleural torna-se um espaço real. A entrada de ar na cavidade pleural é denominada pneumotórax. Ferimentos resultantes de objetos perfurantes ou fraturas de costelas podem causar um pneumotórax. Acúmulo de líquido na cavidade pleural é chamado hidrotórax, o de sangue hemotórax. O hemotórax

resulta mais frequentemente de lesão aos vasos intercostais do que propriamente da laceração do pulmão.

Mecânica respiratória

O principal músculo da respiração é o diafragma que atua na inspiração, junto com ele, também atuam os intercostais externos. Na expiração atuam os músculos abdominais e os intercostais internos. Esses músculos agem sobre a caixa torácica elevando ou abaixando-a, contribuindo assim com a ventilação pulmonar, especialmente durante a respiração profunda.

A mecânica respiratória compreende o condicionamento do ar, os movimentos da caixa torácica e a contração do músculo diafragma. O condicionamento do ar inspirado pelas narinas, acontece dentro da cavidade nasal, onde ocorre também a filtração, o aquecimento e o umedecimento do ar. A caixa torácica se movimenta durante a respiração, realizando dois movimentos, um deles é denominado "alça de balde", no qual ocorre um aumento do diâmetro transversal do tórax devido à elevação das costelas durante a inspiração. No movimento denominado "braço de bomba", há um aumento do diâmetro anteroposterior do tórax devido à elevação e à projeção anterior do esterno durante a inspiração. Outro diâmetro que também aumenta durante a inspiração é o diâmetro longitudinal do tórax, que ocorre devido à contração do diafragma em sentido inferior. A contração da musculatura da parede do abdome empurra o diafragma para cima, diminuindo assim todos os diâmetros do tórax durante a expiração (DUARTE, 2009).

Fisiologia respiratória

A respiração é o processo de troca gasosa no organismo e possui três fases: a **ventilação pulmonar**, troca de ar entre o meio atmosférico e os alvéolos pulmonares, por meio da inspiração e expiração; **respiração externa**, troca de gases entre alvéolos pulmonares e sangue dos capilares pulmonares, na qual o sangue se torna rico em oxigênio e perde dióxido de carbono, e **respiração interna**, troca de gases entre sangue dos capilares sistêmicos e as células do organismo. O sangue se torna pobre em oxigênio e rico em dióxido de carbono, resultado da respiração celular.



Relação ventilação-perfusão (V/Q)

Essa relação equivale a razão existente entre a quantidade de ventilação (V) e do fluxo sanguíneo (Q) que chega até os alvéolos pulmonares, sendo o valor normal por volta de 0,8 a 1,0. Esta relação mostra a funcionalidade dos pulmões, o equilíbrio desta relação garante a troca gasosa por todas as regiões pulmonares. (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

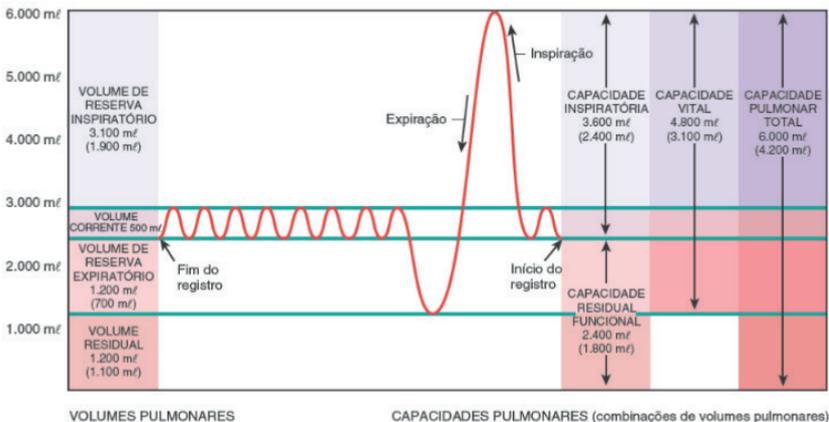
A respiração normal é denominada eupneia, quando aumentada, taquipneia e quando diminuída, bradpneia. Em repouso, um indivíduo saudável de estatura mediana, respira em torno de 12 vezes por minuto e move a cada respiração (inspiração e expiração) aproximadamente 500 ml de ar, tanto para dentro do organismo, quanto para fora. Esse volume de ar é denominado volume corrente (VC). A ventilação minuto (VM) é o volume total de ar no processo de respiração a cada minuto, frequência respiratória multiplicada pelo volume corrente, igual a 6 litros por minuto. (TORTORA; DERRICKSON, 2016).



Redução da VM é sinal de disfunção pulmonar e o aparelho utilizado na clínica para medir esse volume é o espirômetro, o exame é chamado de espirometria e seu registro espirograma.

Trinta por cento do VC fica aprisionado no "espaço morto", vias respiratórias de condução do ar onde não ocorre troca gasosa. Dessa forma, a taxa de ventilação alveolar é dada pelo volume de ar porque alcança efetivamente a zona respiratória. (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Figura 3.12 | Espirograma dos volumes e capacidades pulmonares



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 860).

Quadro 3.1 | Volumes e capacidades pulmonares (adultos jovens)

Volume Corrente (VC)	Volume de ar que se movimenta no ciclo respiratório normal em repouso.
Volume de Reserva Inspiratório (VRI)	Volume de ar que se movimenta na inspiração forçada (cerca de 45 a 50% da capacidade pulmonar total).
Volume de Reserva Expiratório (VRE)	Volume de ar que se movimenta na expiração forçada (cerca de 15 a 20% da capacidade pulmonar total).
Volume Residual (VR)	Volume de ar que permanece nos pulmões após uma expiração máxima (cerca de 25 a 30% da capacidade pulmonar total).
Capacidade Vital (CV)	Volume de ar que se movimenta ativamente (compreende três volumes primários: VC, VRI, VRE e corresponde cerca de 70 a 75% da capacidade pulmonar total).
Capacidade Residual Funcional (CRF)	Volume de ar que permanece nos pulmões ao final de uma expiração normal.

Capacidade Inspiratória (CI)	Volume máximo inspirado voluntariamente a partir do final de uma expiração espontânea (compreende o VC e o VRI e corresponde cerca de 50 a 55% da CPT e de 60 a 70% da CV).
Capacidade Pulmonar Total (CPT).	Volume de ar nos pulmões após uma inspiração máxima (soma dos Volumes Corrente, de Reserva Inspiratório, de Reserva Expiratório mais o Volume Residual).

Fonte: adaptado de Tortora e Derrickson (2016).

O controle nervoso dos músculos respiratórios é feito pelo centro respiratório que é formado por agrupamentos neuronais situados no bulbo e na ponte do tronco encefálico. Neurônios do centro respiratório do bulbo estimulam o diafragma e os intercostais externos por meio dos nervos frênicos e intercostais, causando a contração desses músculos e, conseqüentemente, ocorre a inspiração. Após alguns segundos se tornam inativos e ocorre o relaxamento dos músculos e, em seguida, a expiração. O agrupamento neuronal presente na ponte está ativo durante todo o ciclo da respiração, ele interage com os neurônios do bulbo e interfere no ritmo da respiração, como na realização de atividade física, ao dormir e ao falar, aumentando ou diminuindo a frequência respiratória de acordo com a necessidade.



Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a fisiologia do sistema respiratório, leia o livro **Princípios de Anatomia e Fisiologia**, capítulo 23: Sistema respiratório. (Páginas 879 – 892).

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. Sistema respiratório. In: **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. p. 879-892.

Sem medo de errar

Agora que já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema respiratório, você é capaz de analisar a situação-problema apresentada no *Diálogo aberto* e ajudar Cristina, professora de Biologia, e seus alunos a projetarem o segundo tema da feira de exposição do corpo humano respondendo aos seguintes questionamentos que são pontos importantes para a elaboração do evento: quais são os órgãos e estruturas do sistema respiratório e suas respectivas funções?

Ela deve saber e explicar a seus alunos que o sistema respiratório tem a importante função de suprir oxigênio para todos os tecidos do organismo. Após a metabolização dessa molécula no interior celular, acontece a remoção e eliminação do dióxido de carbono, também feitos pela respiração. O sistema respiratório é dividido em parte condutora, formada pelos órgãos tubulares que têm a função de conduzir o ar inspirado até a parte respiratória. Os pulmões também devem conduzir o ar a ser expirado com CO₂ (dióxido de carbono) até a cavidade oral a fim de que seja eliminado para fora do organismo. A sequência dos órgãos condutores de oxigênio até os pulmões é a seguinte: o ar inspirado entra no organismo pelo nariz e cavidade nasal, continua seu percurso pela faringe, laringe, traqueia até chegar nos brônquios, subdivididos em brônquios principais, lobares, segmentares e bronquíolos e, parte respiratória, formada pelos pulmões que são, por sua vez, constituídos pelos ductos alveolares e alvéolos, sendo esses últimos estruturas onde realmente ocorre a hematose (troca gasosa). Além de saber essas informações, ainda é necessário entender a função específica de cada órgão, aproveite para consultá-las no texto.

Avançando na prática

Controle nervoso da respiração

Descrição da situação-problema

Luciana é professora de Biologia do ensino fundamental II e pediu para que seus alunos apresentassem os sistemas orgânicos do ser humano e suas funções na semana seguinte. Ela já explicou

em aula cada sistema e fez uma lista de perguntas para direcionar a elaboração do trabalho. Uma das perguntas é: quais são os principais músculos da respiração e como é o seu controle nervoso?

Resolução da situação-problema

O principal músculo da respiração é o diafragma que opera na inspiração e, junto com ele, também atuam os intercostais externos. Na expiração, os músculos abdominais e os intercostais internos são acionados. Esses músculos atuam sobre a caixa torácica elevando ou abaixando-a, contribuindo com a ventilação pulmonar, especialmente durante a respiração profunda. O controle nervoso dos músculos respiratórios acontece pelo centro respiratório, formado por agrupamentos neuronais situados no bulbo e na ponte do tronco encefálico.

Faça valer a pena

1. As doenças respiratórias são muito comuns na estação de inverno devido ao clima frio e ar seco, elas acometem principalmente os idosos e crianças e ocupam o posto de terceira causa de morte neste período. Dentre elas as mais comuns são: broncopatias, pneumopatias, doenças nasais, hipersensibilidade respiratória e infecções respiratórias. O tratamento medicamentoso é essencial para a adequada recuperação da capacidade respiratória e exige-se do profissional da saúde total domínio e conhecimento anatômico e fisiológico desse sistema.

Com base em seu conhecimento anatômico do sistema respiratório, analise as alternativas que descrevem a sequência do percurso do ar inspirado até chegar aos pulmões e assinale a correta.

- a) Boca, laringe, faringe, esôfago, brônquios e pulmões.
- b) Nariz, boca, faringe, bronquíolos, diafragma e alvéolos nos pulmões.
- c) Boca, esôfago, diafragma, laringe e alvéolos.
- d) Brônquios, traqueia, diafragma, faringe e pulmões.
- e) Nariz, faringe, laringe, traqueia, brônquios, bronquíolos e alvéolos nos pulmões.

2. Complete o texto:

O condicionamento do ar que inspiramos ocorre dentro da cavidade nasal e a mecânica respiratória compreende as várias etapas que vão desde o

condicionamento do ar, os movimentos da caixa torácica e a contração do músculo _____.

Assinale a alternativa que completa a frase corretamente:

- a) diafragma.
- b) reto do abdome.
- c) oblíquo interno.
- d) transverso do abdome.
- e) quadrado lombar.

3. Em repouso, um indivíduo saudável de estatura mediana, respira em torno de 12 vezes por minuto, e move a cada respiração (inspiração e expiração) aproximadamente 500 ml de ar, tanto para dentro do organismo, quanto para fora.

Em relação aos volumes pulmonares, observe as colunas abaixo e associe com sua definição.

Coluna 1: volumes pulmonares

- I. Volume Corrente (VC)
- II. Volume Residual (VR)
- III. Volume de Reserva Inspiratório (VRI)

Coluna 2: Definição

- A- Volume de ar que se movimenta no ciclo respiratório normal em repouso.
- B- Volume de ar que se movimenta na inspiração forçada (cerca de 45 a 50% da capacidade pulmonar total).
- C- Volume de ar que permanece nos pulmões após uma expiração máxima (cerca de 25 a 30% da capacidade pulmonar total).

Enunciado:

Assinale a alternativa que representa a associação correta.

- a) I-C, II-B, III-A.
- b) I-B, II-A, III-C.
- c) I-A, II-C, III-B.
- d) I- B, II-C, III-A.
- e) I-A, II-B, III-C.

Seção 3.3

Anatomia e fisiologia do sistema digestório

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo a mais uma seção deste livro didático! A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre "Anatomia e fisiologia do sistema digestório". Aprenderá quais são suas estruturas anatômicas e compreenderá os processos de deglutição, digestão e absorção intestinal e também conhecerá as secreções do trato gastrointestinal. Vamos relembrar a situação hipotética que foi apresentada no *Convite ao estudo* que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

O terceiro grupo ficou com o sistema digestório e terá que desenvolver materiais que apresentem os órgãos pertencentes ao respectivo sistema e demonstrar suas funções e sua importância para o organismo. Para isso, Cristina deverá recordar os principais conceitos aplicados aos estudos da anatomia e fisiologia do sistema digestório e saber responder a seguinte pergunta: quais são os órgãos e estruturas do sistema digestório?

Para que você consiga responder a esse e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema digestório, serão apresentados, de forma contextualizada no item *Não pode faltar*, os conteúdos pertinentes a esse tema.

Vamos lá, bons estudos!

Não pode faltar

Para realizarmos nossas atividades do dia a dia, como andar, falar, correr, precisamos de energia, você imagina como a obtemos? Dos alimentos que ingerimos!

Todas as células do nosso organismo precisam de nutrientes para sua sobrevivência e para poderem realizar suas atividades, dessa forma, os alimentos que ingerimos diariamente são os fornecedores desses nutrientes, os quais são importantes para a renovação e reparo celular. Porém, os alimentos são compostos por moléculas grandes

e precisam ser processados e transformados em partículas menores, para então serem absorvidos e metabolizados pelo nosso organismo. O sistema responsável por todo esse processo é o digestório.



Assimile

As funções do sistema digestório são:

- Ingestão: absorção do alimento na cavidade oral.
- Secreção: liberação de água, ácido, tampões e enzimas para o lúmen do canal alimentar.
- Mistura e propulsão: agitação e movimento dos alimentos ao longo do canal alimentar.
- Digestão: fragmentação mecânica e química dos alimentos.
- Absorção: passagem dos produtos digeridos do canal alimentar para o sangue e linfa.
- Defecação: eliminação das fezes do canal alimentar.

Fonte: Tortora; Derrickson, 2016.

O sistema digestório pode ser dividido anatomicamente em duas partes com base na localização do diafragma e do músculo da respiração, a parte superior é denominada supradiafragmática e a inferior infradiafragmática. O sistema digestório trata-se de um tubo cujo trajeto se estende desde a cavidade oral até o ânus. A parte supradiafragmática é formada pela cavidade oral, faringe e parte do esôfago, e a parte infradiafragmática, formada pela parte inferior do esôfago, estômago, intestinos delgado e grosso. (DUARTE, 2009).

Além dos órgãos que formam o tubo digestivo, existem os que são conhecidos como anexos do sistema digestório, são eles: língua, dentes, glândulas salivares, fígado, vesícula biliar e pâncreas. Os dentes fragmentam os alimentos e a língua, além de fornecer o sabor (gustação), auxiliam na mastigação e na deglutição. Os demais órgãos acessórios sintetizam, armazenam e liberam secreções que auxiliam na digestão dos alimentos pelo tubo digestivo.

- **Cavidade oral:** primeira parte do tubo digestivo em que se

inicia o processo de quebra dos alimentos, nela estão localizadas as glândulas salivares (parótida, submandibular e sublingual) que secretam a saliva, importante para a mistura dos alimentos junto com a ação dos dentes e musculatura da mastigação. Dessa forma, os alimentos são triturados e moídos formando o bolo alimentar para em seguida ser deglutido.

- **Faringe:** órgão comum aos sistemas respiratório e digestório, recebe o bolo alimentar da cavidade oral e o conduz ao esôfago.

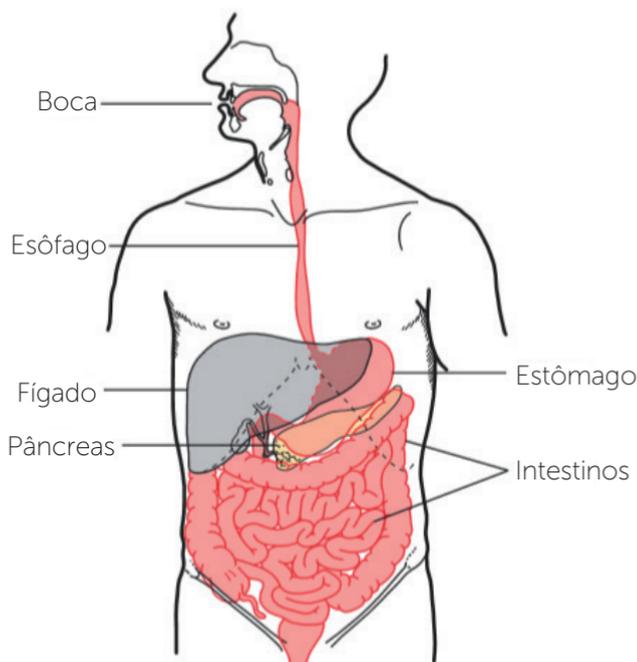
- **Esôfago:** por meio das contrações peristálticas, transporta o bolo alimentar até o estômago, ele possui o esfíncter esofágico que atua como uma válvula em sua parte inferior, que restringe o fluxo alimentar impedindo o refluxo do alimento.

- **Estômago:** recebe o bolo alimentar do esôfago. Age como um triturador misturando o bolo com o suco gástrico, e inicia a digestão das proteínas; apresenta absorção limitada.

- **Intestino delgado:** após o alimento ser parcialmente digerido e misturado no estômago ele segue para o intestino delgado que subdivide-se em três segmentos: duodeno, jejuno e íleo. A maior parte da digestão ocorre no intestino delgado, principalmente no duodeno e, por isso, ele apresenta grande superfície de absorção com pregas em toda sua extensão assim como vilosidades.

- **Intestino grosso:** é subdividido em colo ascendente, colo transversal, colo descendente, colo sigmoide, reto e ânus. Após aproximadamente 3 a 10 horas, o conteúdo deixa o intestino delgado e entra no intestino grosso, que é responsável pela absorção de água, determinando a consistência do bolo fecal. Constitui a parte final do tubo digestivo e possui rica flora bacteriana.

Figura 3.13 | Esquema dos órgãos do sistema digestório



Fonte: Duarte (2009, p.117).

Os órgãos que constituem o tubo digestivo são revestidos por células epiteliais que produzem um muco responsável pelo deslizamento do bolo alimentar e a secreção de enzimas que degradam as grandes moléculas, formando o chamado trato gastrintestinal. Sua principal função consiste em preparar os alimentos para serem metabolizados pelas células.

O mecanismo denominado deglutição é o ato de engolir alimentos, ação automática comandada pelo sistema nervoso central, mais precisamente por centros nervosos do tronco encefálico. Dessa forma, a deglutição possibilita o transporte do bolo alimentar que estava na boca para o estômago, passando antes pela faringe e esôfago. Portanto, a deglutição consiste em uma sequência reflexa de contrações musculares que propõem o alimento desde a cavidade oral até o estômago.

A motilidade é o movimento do alimento transitando no tubo digestivo com o auxílio das contrações peristálticas rítmicas que movem o alimento através do tubo gastrointestinal.

A digestão compreende processos mecânicos e químicos, tem início na cavidade oral com a mastigação, processo que degrada o alimento em partículas menores que são misturadas pela saliva, transformando em bolo alimentar que é deglutido na sequência.



Refleta

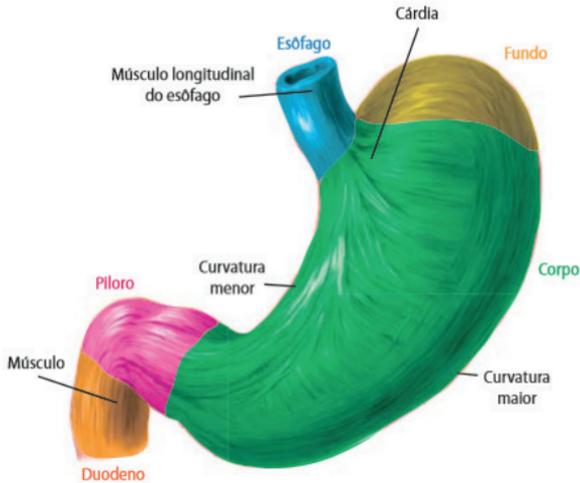
Você já parou para pensar o porquê de às vezes engasgarmos com os alimentos? Existe um mecanismo que atua como uma válvula entre o término da faringe e início da laringe: a epiglote. Sendo uma das cartilagens que compõem a laringe, no momento da deglutição, a epiglote fecha o canal da laringe, impedindo que o alimento entre nele. A laringe faz parte do sistema respiratório e dá sequência a traqueia, brônquios e pulmões. Quando engasgamos, o alimento entra nesses órgãos respiratórios e por isso tossimos, na tentativa de expelir o alimento. Esse fenômeno chama-se broncoaspiração.

Após o alimento ser deglutido e passar pelo esôfago, ele chega ao estômago. Ele é dividido em **cárdia**, onde desemboca o esôfago e ocorre a transição entre o esôfago e o estômago, atua como válvula e impede o refluxo do alimento; **fundo**, região superior que se projeta para o diafragma; **corpo**, sua maior parte; e **piloro**, parte final que se comunica com o duodeno, local em que ocorre a liberação do alimento transformado em quimo no intestino delgado.

O estômago armazena e mistura o alimento a enzimas digestivas, ele secreta um líquido altamente ácido denominado suco gástrico rico em ácido clorídrico. A função dessa secreção é quebrar os alimentos e ajudar a destruir boa parte das bactérias que foram juntamente ingeridas.

O alimento, denominado quimo após chegar ao estômago, pode ali permanecer por 30 minutos a várias horas e se encontra parcialmente digerido. O processo de digestão continua no intestino delgado, em sua primeira parte, denominada duodeno, o quimo é neutralizado por secreções oriundas dos órgãos anexos, pâncreas, fígado e vesícula biliar.

Figura 3.14 | Esquema dos órgãos do sistema digestório



Fonte: Duarte (2009, p.117).

No intestino delgado, o peristaltismo continua a propulsionar o alimento digerido por toda sua extensão e, ao mesmo tempo, os nutrientes vão sendo absorvidos por células presentes na mucosa intestinal em estruturas denominadas microvilosidades. Os nutrientes absorvidos nelas são transferidos para a corrente sanguínea que se encarregará de levá-los para todo o organismo.

Na transição entre o intestino delgado e o início do intestino grosso, existe um esfíncter que atua como uma válvula, denominado ileocecal. Os resíduos não absorvidos pelo intestino delgado passam para o intestino grosso, nele, o que resta do alimento perderá água e endurecerá, formando o bolo fecal, que passará para a ampola retal por meio de movimentos peristálticos, sendo então eliminado pelo ânus pelo processo de defecação.

A eliminação das fezes ocorre com a distensão do reto e relaxamento do esfíncter anal. A contração dos músculos abdominais durante o esforço, facilita o esvaziamento do intestino.

Processos químicos e secreções do sistema digestório

Na digestão, as moléculas grandes são degradadas em partes menores para serem absorvidas pelo trato gastrintestinal. Essa

degradação ocorre por meio de reações químicas realizadas pela ação das enzimas digestivas e por proteínas especializadas que promovem a digestão. Essas enzimas diferem entre si pelo tipo de substrato que irão digerir, pelos locais de atuação ao longo do tubo digestivo e pelas condições de acidez ideais para seu funcionamento.

As secreções são substâncias químicas liberadas pelo sistema endócrino em interação com o sistema digestório, com o objetivo de auxiliar no processo de digestão. Durante processo, ocorrem tanto secreções exócrinas como endócrinas. A exócrina é aquela que é liberada no próprio local, ou seja, é secretada pelo próprio órgão e exerce ação local, e a endócrina é aquela secreção glandular que é lançada na corrente sanguínea, podendo chegar até o órgão alvo, onde finalmente exercerá sua função.



Exemplificando

São exemplos de secreções exócrinas: água, ácido clorídrico, bicarbonato e enzimas digestivas, que são secretadas para o interior do colo do trato gastrointestinal. Como exemplo temos o estômago que secreta entre dois a três litros de suco gástrico por dia.

São exemplos de secreções endócrinas: as glândulas que estão presentes no estômago e no intestino delgado que ajudam na regulação do sistema digestório como um todo.

Vamos entender onde ocorrem as secreções no sistema digestório! Iniciando na cavidade oral, os dentes, juntamente da língua, preparam o alimento para a deglutição, na língua estão presentes as papilas gustativas responsáveis por captar os diferentes sabores como salgado, doce, amargo e azedo. Quando colocamos o alimento na boca, ou sentimos o seu cheiro, ocorre o estímulo das glândulas salivares. Em seguida, a saliva é imediatamente secretada, nela encontra-se a enzima denominada amilase salivar ou ptialina, além de sais e outras substâncias. A amilase digere amido e polissacarídeos e os sais neutralizam as substâncias ácidas, mantendo a cavidade oral com o pH levemente ácido, facilitando a ação da amilase.

No estômago, o alimento se mistura ao suco gástrico que é rico em ácido clorídrico e em enzimas digestivas chamadas pepsina.

Essas enzimas apresentam ação proteolítica e decompõem as proteínas dos alimentos. O hormônio denominado gastrina é produzido durante a digestão sendo responsável por estimular a produção do ácido clorídrico. A mucosa da parede interna do estômago apresenta uma densa camada de muco que a protege da ação do ácido clorídrico, porém, mesmo assim, suas células são danificadas e mortas e, conseqüentemente, a mucosa é regenerada. O estômago produz em torno de três litros de suco gástrico diariamente, o bolo alimentar, após ser misturado ao suco gástrico, se transforma em quimo, o qual é liberado aos poucos para o intestino delgado.

No intestino delgado, são produzidos e liberados três hormônios importantes para a digestão: secretina, colecistoquinina e enterogastrona. A secretina atua no pâncreas e estimula a liberação de bicarbonato, a colecistoquinina estimula a liberação da bile pela vesícula biliar e de enzimas pancreáticas. Já o hormônio enterogastrona inibe o peristaltismo do estômago e, conseqüentemente, a secreção gástrica.

O intestino delgado apresenta cerca de 6 a 7 metros de comprimento e a maior parte da digestão ocorre nele, com predominância no duodeno, isso porque nele é secretado o suco pancreático com suas enzimas digestivas, juntamente da bile, a qual é produzida no fígado e armazenada na vesícula biliar. O suco pancreático realiza a hidrólise das moléculas de carboidratos, das proteínas, das gorduras e de ácidos nucleicos, a bile tem ação emulsificante sobre a gordura dos alimentos. Ainda no intestino delgado, ocorre a secreção do suco entérico, rico em enzimas digestivas que auxiliam na hidrólise das proteínas. Após a ação de todas estas enzimas, o quimo é transformado em quilo.

A absorção da maioria dos nutrientes ocorre na mucosa de toda a extensão do intestino delgado e, na sequência, passam para a corrente sanguínea. O álcool etílico, a água e alguns sais podem ser absorvidos já no estômago.

Após a digestão dos alimentos e absorção dos nutrientes, o resto do alimento que não é utilizado pelo organismo, passa para o intestino grosso, onde ocorre a absorção da água e seu endurecimento. Existem glândulas na mucosa do intestino grosso que secretam muco, responsável por lubrificar as fezes, facilitando seu transporte e eliminação.

Ainda no intestino grosso, estão presentes bactérias que dissolvem os restos dos alimentos e combatem às bactérias estranhas que geram doenças infecciosas do sistema digestório. As fibras vegetais contribuem com a formação da massa fecal, pois não são digeridas e nem absorvidas, elas tornam as fezes macias e fáceis de serem eliminadas. A presença de fezes no reto causa sua distensão e estimula as terminações nervosas ali presentes, que iniciam o processo de defecação.



Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema digestório, leia o capítulo 24 do livro *Princípios de Anatomia e Fisiologia*.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. Princípios de Anatomia e Fisiologia. In: _____. **Sistema digestório**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. p. 893-946.

Sem medo de errar

Agora que já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema digestório, você é capaz de analisar a situação-problema apresentada no *Diálogo aberto* e ajudar Cristina, professora de Biologia e seus alunos a projetar o terceiro tema da feira de exposição do corpo humano e a responder a seguinte pergunta que é um ponto importante para a elaboração do trabalho: quais são os órgãos e estruturas do sistema digestório?

Ela deve saber e explicar a seus alunos que o sistema digestório é dividido em duas partes com base na localização do diafragma, a parte superior é denominada supradiafragmática e a inferior infradiafragmática. Trata-se de um tubo que se estende desde a cavidade oral até o ânus. A parte supradiafragmática é formada pela cavidade oral, faringe e parte do esôfago, e a parte infradiafragmática, formada pela parte inferior do esôfago, estômago, intestinos delgado e grosso. Além dos órgãos que formam o tubo digestivo, ainda existem os órgãos conhecidos como anexos do sistema digestório,

são eles: língua, dentes, glândulas salivares, fígado, vesícula biliar e pâncreas. A principal função desse sistema é a nutrição do organismo, que ocorre por meio de vários processos, tais como, mastigação, deglutição, digestão e absorção. (DUARTE, 2009).

Avançando na prática

Aprendendo as funções do sistema digestório

Descrição da situação-problema

Patrícia é aluna do ensino fundamental II e está estudando na disciplina de Biologia a composição do corpo humano e suas funções. Para a semana seguinte, ela terá de apresentar um trabalho sobre os órgãos do sistema digestório, para isso, está pesquisando em livros e sites específicos que órgãos são esses e suas funções.

Analisando essa situação, responda: quais são as principais funções do sistema digestório?

Resolução da situação-problema

As principais funções do sistema digestório são: ingestão (absorção do alimento na cavidade oral), secreção (liberação de água, ácido, tampões e enzimas para o lúmen do canal alimentar), mistura e propulsão (agitação e movimento dos alimentos ao longo do canal alimentar), digestão (fragmentação mecânica e química dos alimentos), absorção (passagem dos produtos digeridos do canal alimentar para o sangue e linfa) e defecação (eliminação das fezes do canal alimentar).

Faça valer a pena

1. A incidência do câncer gástrico vem decrescendo progressivamente nos países industrializados desde a metade deste século, não obstante tenha sido considerado, em 1980, o câncer mais comum no mundo. No Brasil, esta neoplasia apresenta uma das maiores incidências (20.350 casos novos/1999) e mortalidade. O câncer gástrico é considerado uma doença da população idosa com maior ocorrência acima dos 50 anos de idade, e menos de 5% dos casos ocorrem abaixo dos 40 anos. Devido a esta realidade, os diagnósticos de neoplasia gástrica em pacientes jovens são feitos tardiamente ou suas lesões são confundidas com patologias benignas.

Fonte: Disponível em: <http://www.inca.gov.br/rbc/n_46/v03/pdf/artigo6.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2018.

Uma das principais funções do sistema digestório é a absorção dos nutrientes. Analise as alternativas e assinale a que apresenta o órgão em que ocorre a maior parte da absorção dos nutrientes.

- a) Cavidade oral.
- b) Esôfago.
- c) Estômago.
- d) Intestino delgado.
- e) Intestino grosso.

2. A bile emulsifica as gorduras, é produzida a partir de hemácias velhas e não apresenta enzimas digestivas. Possui sais biliares (glicolato e taurocolato de sódio) que emulsionam as gorduras, facilitando a ação das lipases (aumentam a superfície de ação). Outra função dos sais biliares é solubilizar os produtos finais da digestão lipídica, facilitando a sua absorção por meio da mucosa intestinal. A presença de gordura no intestino delgado estimula a mucosa duodenal a produzir o hormônio colecistoquinina, que promove a liberação da bile para o intestino.

Fonte: Disponível em: <<http://biologia.ifsc.usp.br/bio2/apostila/apost-fisiol-parte4.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

Existem órgãos considerados anexos do sistema digestório devido suas ações auxiliares no processo de digestão dos alimentos, a bile é um deles.

Relacione esses órgãos com suas respectivas funções abaixo:

- (1) Glândulas salivares.
- (2) Fígado.
- (3) Pâncreas.
- (4) Vesícula Biliar.

- () Armazena e potencializa a bile.
- () Secreta saliva que auxilia na quebra dos alimentos.
- () Produz a bile.
- () Produz insulina e suco que auxilia na digestão dos alimentos.

Enunciado:

Assinale a alternativa que apresenta a sequência da seriação correta:

- a) 4, 1, 2, 3.
- b) 1, 2, 3, 4.

- c) 2, 3, 4, 1.
- d) 3, 4, 1, 2.
- e) 4, 3, 2, 1.

3. A mastigação é a primeira etapa do processo digestivo nos animais que possuem dentes, uma etapa mecânica e o ato de engolir (deglutição), também mecânico, ocorrem graças ao músculo revestido de tecido conjuntivo conhecido como língua. A língua tem sua extremidade posterior presa ao osso hioide. Desempenha importante papel na percepção do gosto, pois nela estão localizadas as papilas gustativas. Tem papel importantíssimo também na fonação.

Fonte: Disponível em: <<http://biologia.ifsc.usp.br/bio2/apostila/apost-fisiol-parte4.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

Com base em seu conhecimento anatômico do sistema digestório, analise as afirmações sobre o percurso em que o alimento realiza em todos os segmentos do tubo digestório.

I- Boca, laringe, faringe, esôfago, brônquios e intestinos.

II- Boca, faringe, bronquíolos, diafragma, estômago e alvéolos.

III- Boca, esôfago, diafragma, intestino grosso e laringe.

IV- Boca, laringe, esôfago, estômago, intestinos delgado e grosso, reto e ânus.

V- Boca, faringe, esôfago, estômago, intestinos delgado e grosso, reto e ânus.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) Afirmativas I, II, V.
- b) Afirmativas I, III, IV.
- c) Afirmativa I.
- d) Afirmativa II.
- e) Afirmativa V.

Referências

- DANGELO, J. G. & FATTINI, C. A. **Anatomia humana sistêmica e segmentar: para o estudante de Medicina**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1998.
- DONALD C. RIZZO. **Fundamentos de anatomia e fisiologia**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- DUARTE, H. E. **Anatomia humana**. 1. ed. Florianópolis: DECTI da Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- GUYTON, A. C. & HALL, J.B. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Saunders, 2006.
- LAROSA, P. R. **Anatomia humana: texto e atlas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.
- MIELNIK, N. & MIELNIK, S. **Terminologia anatômica internacional**. Sociedade Brasileira de Anatomia. 1. ed. Barueri: Manole, 2001.
- NETTER, H. F. **Atlas de anatomia humana**. 8. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, v. 1, 1966.
- SOBOTTA, J. BECHER, H. **Atlas de anatomia humana**. 21. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- TORTORA, G. J. & DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- VAN DE GRAAF, K. M. **Anatomia humana**. 6. ed. Barueri: Manole, 2003.

Anatomia e fisiologia dos sistemas: urinário, reprodutor e endócrino

Convite ao estudo

Olá, caro aluno! Nesta unidade, daremos continuidade aos estudos dos sistemas orgânicos do corpo humano, sendo assim, estudaremos a anatomia e fisiologia dos sistemas urinário, reprodutor e endócrino. O estudo desta unidade permitirá a você conhecer os conceitos gerais da anatomia e fisiologia desses sistemas, assim como conhecer a constituição e a função de seus componentes.

Ao término desta unidade, você terá atingido os objetivos de estudo e será capaz de identificar e nomear as principais estruturas que compõem esses sistemas orgânicos e compreenderá seus processos fisiológicos, os quais permitem seu ideal funcionamento, além de ser capaz de aplicar o conhecimento adquirido no estudo em situações próximas da realidade profissional.

Para auxiliar no desenvolvimento da competência acima e atender aos objetivos específicos do tema em questão, será apresentada uma situação hipotética, a qual visa aproximar os conteúdos teóricos da prática. Vamos lá!

Cristina é formada em Ciências Biológicas Licenciatura e, atualmente, é professora em um colégio particular, onde ministra aulas de biologia para o ensino fundamental. Nesta unidade, ela continuará a desenvolver o projeto, junto aos seus alunos, que a direção da escola solicitou para cada professor, em sua área específica. Ela deverá apresentá-lo no final do semestre, ao término da disciplina. O objetivo é que os alunos apliquem o conhecimento adquirido nas aulas, comprovando, assim, o alcance da competência esperada da disciplina.

Para relembrarmos, o projeto é desenvolver uma feira de exposição do corpo humano, aplicando o estudo de anatomia e fisiologia. Após terminar os sistemas circulatório, respiratório e digestório, agora iniciará o trabalho com os sistemas urinário, reprodutor e endócrino.

Nesta unidade, você acompanhará Cristina nos preparos da feira de exposição do corpo humano. Bons estudos!

Seção 4.1

Anatomia e fisiologia humana

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo a mais uma seção de estudos deste livro didático! A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre anatomia e fisiologia do sistema urinário. Aprenderá, nesta seção, quais são as estruturas anatômicas desse sistema e compreenderá os processos de regulação do volume sanguíneo e da pressão arterial. Agora, vamos relembrar a situação hipotética que foi apresentada no “Convite ao estudo”, que visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

Cristina, após ter acabado os três primeiros temas, continuará com os grupos 4, 5 e 6. O quarto grupo ficou com o sistema urinário e terá que desenvolver materiais que apresentem os órgãos pertencentes a esse sistema e demonstrar suas funções e sua importância para o organismo. Para isso, Cristina deverá recordar os principais conceitos aplicados aos estudos da anatomia e fisiologia do sistema urinário e saber responder aos seguintes questionamentos: quais são os órgãos pertencentes a esse sistema e quais são suas principais funções?

Para que você consiga responder a esses e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema urinário, serão apresentados, de forma contextualizada, no item “Não pode faltar”, os conteúdos pertinentes a este tema.

Bons estudos!

Não pode faltar

Você lembra do processo fisiológico denominado homeostasia? Trata-se do equilíbrio necessário para o bom funcionamento do corpo e depende da manutenção de determinadas condições sistêmicas. Isso significa que a quantidade de substâncias que temos em nosso organismo, como água, nutrientes e gases, deve ser mantida, variando dentro de limites que não alterem o equilíbrio. O

processo de manutenção do equilíbrio dinâmico entre as substâncias intracelulares e extracelulares é conhecido como **homeostasia**.

Os processos de excreção que acontecem no organismo fazem parte da homeostasia, e eles controlam a concentração de substâncias nos sistemas do organismo e eliminam as que são tóxicas. Por meio da excreção, o corpo elimina substâncias que estão em excesso, como água e, em alguns casos, vitaminas. Além disso, são excretadas também as substâncias produzidas durante processos de obtenção de energia celular, como o gás carbônico e a digestão de proteínas.



Exemplificando

Quando as proteínas são quebradas no interior das células, ocorre a formação de excretas, como a ureia, a amônia e o ácido úrico, substâncias tóxicas que precisam ser eliminadas (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Nos seres humanos, a excreção ocorre, principalmente, por meio da respiração e pela eliminação de suor e urina. Portanto, na excreção, estão envolvidos diretamente os sistemas respiratório, tegumentar e urinário.

O sistema urinário está associado ao sistema genital, constituindo o aparelho urogenital, e está diretamente envolvido na formação, no armazenamento e na eliminação da urina. É responsável por diversas funções do organismo, além de produzir e eliminar a urina.



Assimile

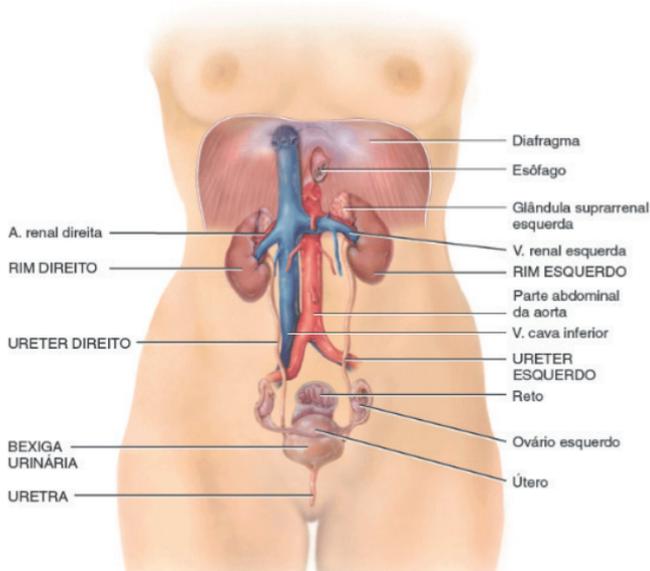
As principais funções do sistema urinário são:

- Regulação do volume de sangue: os rins podem manter ou retirar água do sangue, controlando o volume desse tecido no corpo. Quanto maior a quantidade de água retirada, mais urina é produzida.
- Regulação da pressão sanguínea: os rins atuam nessa regulação controlando o volume de sangue e regulando seu fluxo.
- Regulação da composição do sangue: controlando a quantidade de sódio, potássio, cloro e fosfato presente no sangue.

- Participação na produção de hemácias: os rins produzem uma enzima que estimula a produção de células vermelhas do sangue.
- Eliminação de substâncias tóxicas do organismo: como excesso de medicamentos e toxinas do ambiente.

O sistema urinário é formado por dois rins, que filtram o sangue e produzem a urina; dois ureteres, que transportam a urina até a bexiga; pela bexiga urinária, na qual a urina permanece armazenada por algum tempo; e pela uretra, responsável por eliminar a urina para fora do corpo.

Figura 4.1 | Órgãos do sistema urinário

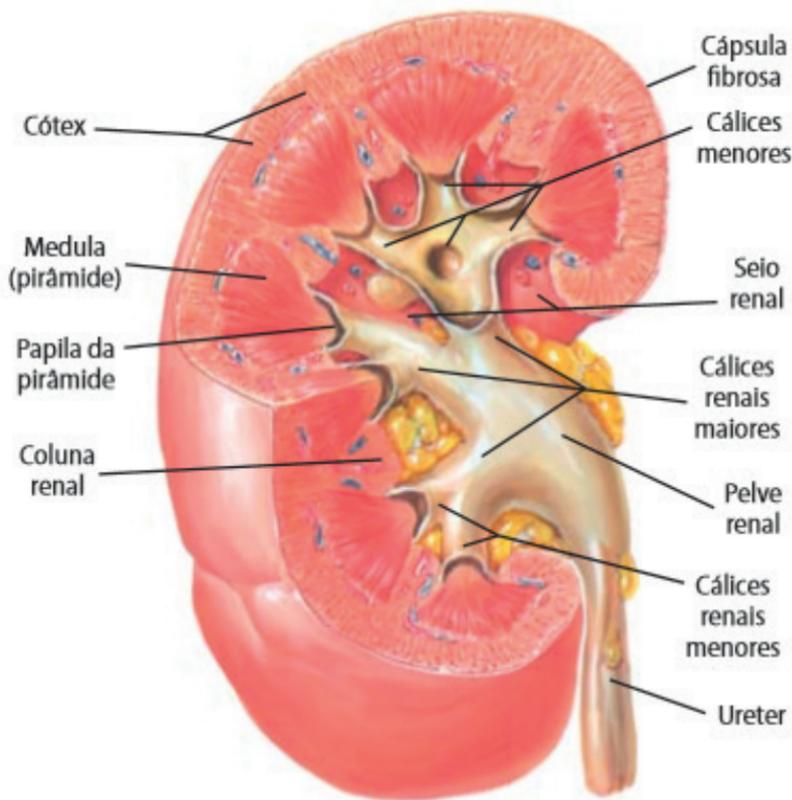


Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 988).

Os rins são órgãos pares, que medem, aproximadamente, 10 centímetros e localizam-se na região dorsal do abdome, um de cada lado da coluna vertebral, região denominada retroperitoneal. São os verdadeiros órgãos ativos no trabalho de seleção das substâncias de rejeição, pois eles filtram dejetos do sangue e os excretam com água na urina; também atuam como glândulas, pois produzem e controlam hormônios que controlam a pressão arterial.

Em um corte longitudinal do rim, pode-se observar uma zona cortical (mais externa), o córtex renal, e uma zona medular (mais interna), a medula renal. Na zona cortical, encontram-se os néfrons, as unidades funcionais dos rins, com função de microfiltros. Na zona medular encontram-se as pirâmides renais, que se abrem nos cálices renais. Estes, por sua vez, abrem-se na pelve renal, extremidade dilatada do ureter para onde segue a urina produzida nos rins.

Figura 4.2 | Estruturas internas do rim

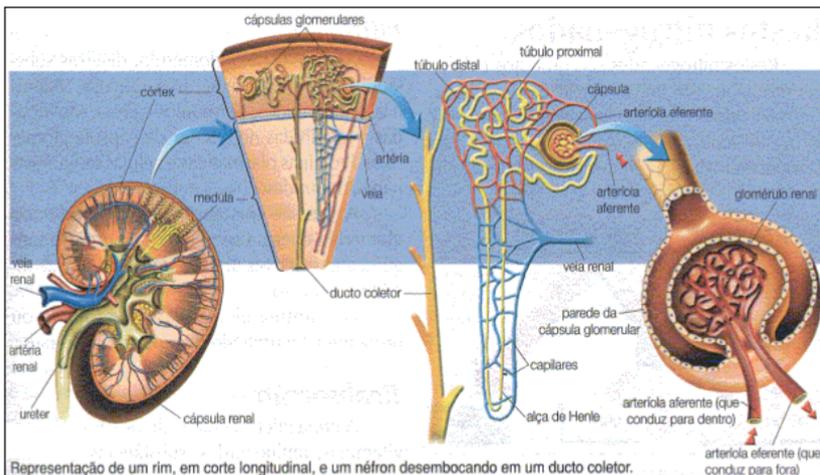


Fonte: Duarte (2009, p. 153).

No interior de cada rim, existe cerca de 1 milhão de néfrons, e neles encontram-se as estruturas que filtram o sangue e formam a urina. Cada néfron está envolvido por uma rede de capilares enovelados, denominados glomérulos, revestidos por uma cápsula

renal, a cápsula de Bowman. Dela segue um túbulo néfrico, que pode ser dividido em três regiões distintas: túbulo contorcido proximal, alça de Henle e túbulo contorcido distal, que desemboca no ducto coletor.

Figura 4.3 | Néfrons



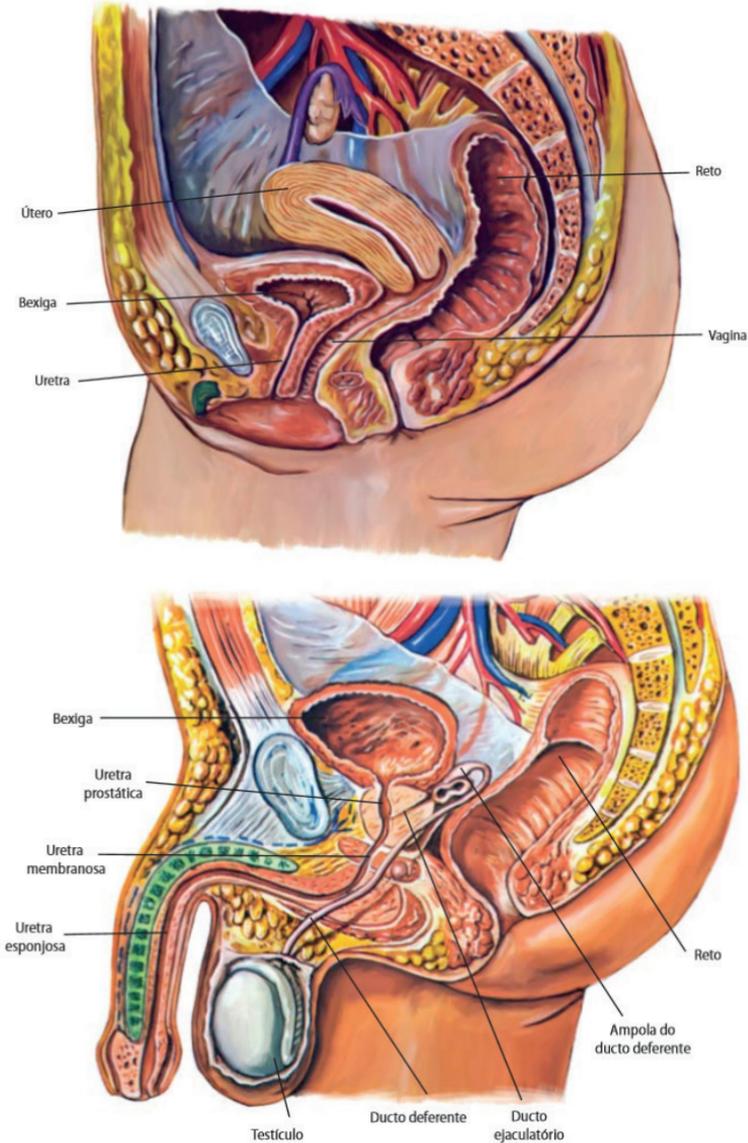
Fonte: Cheida (2002, [s.p.]).

Os ureteres são dois tubos que transportam a urina dos rins para a bexiga urinária e têm, aproximadamente, 25 cm de comprimento.

A bexiga urinária trata-se de um saco musculomembranoso que funciona como reservatório temporário para a urina. O fluxo contínuo de urina que chega pelos ureteres é transformado em micção. Na saída da bexiga, encontra-se o músculo esfíncter da bexiga, o qual, no momento da micção, relaxa para a bexiga contrair e, assim, eliminar a urina através da uretra. A capacidade média de armazenamento de urina da bexiga é de 700-800 ml, mas nas mulheres é menor por causa do espaço ocupado pelo útero imediatamente acima da bexiga.

A uretra é o canal conectado à bexiga pelo qual a urina é eliminada. Ela difere entre os dois sexos: no homem, é uma via comum para a micção e ejaculação e é maior; na mulher, serve apenas à excreção da urina e é menor.

Figura 4.4 | Uretra feminina e masculina



Fonte: Duarte (2009, p. 156-157).

A formação da urina resulta de três mecanismos que ocorrem nos néfrons: filtração glomerular, reabsorção tubular e secreção tubular. O sangue chega aos rins por meio das artérias renais e chega

aos glomérulos sob grande pressão. Então, a água e as moléculas pequenas do plasma sanguíneo são filtradas para dentro da cápsula renal. O fluido que se forma no seu interior contém sais diversos, como glicose, aminoácidos, ureia e outras substâncias de baixo peso molecular. Essa composição é semelhante à do plasma sanguíneo, com exclusão das proteínas. À medida que o fluido percorre os túbulos dos néfrons, sofre um processo de reabsorção. Ocorre reabsorção ativa de sais, glicose e aminoácidos e reabsorção passiva de água, que volta para a corrente sanguínea devido à diferença de pressão osmótica. 90% de todo o filtrado é reabsorvido; 10% chegam ao ducto coletor e desembocam nos cálices.

Finalmente, as células das paredes dos túbulos regulam o pH do sangue, retirando íons hidrogênio (H⁺) e íons amônio (NH₄⁺), eliminando-os na luz do túbulo. O fluido final que sai dos rins é a urina. Cada litro de urina formado por dia resulta de cerca de 150 litros de plasma filtrados pelos néfrons. A cada 40 minutos, todo o sangue do corpo passa pelos rins.

A urina de um indivíduo fisiologicamente normal é constituída por 95% de água e 5% de solutos: ureia, cloreto de sódio, ácido úrico, creatinina, urobilina e ácido láctico. Forma-se continuamente e desce pelos ureteres até a bexiga urinária, onde fica retida até ser eliminada pela uretra.

O volume e a composição da urina podem variar bastante conforme o tipo de alimentação, a quantidade de líquido ingerido e a taxa de transpiração. A água é a substância mais abundante na urina, pois apenas uma parte dela é reabsorvida, e esta quantidade de reabsorção depende de vários fatores. Se o volume de água for muito alto, como quando ingerimos muito líquido, menor quantidade de água será reabsorvida, e o volume de urina formada será maior. Já quando ingerimos pouco líquido, maior quantidade de água é reabsorvida, resultando na formação de menor quantidade de urina.



Refleta

Algumas substâncias, como certos medicamentos denominados diuréticos, também influenciam na reabsorção da água, reduzindo esse processo e resultando na formação de mais urina. Você consegue imaginar como esse processo acontece?

Regulação homeostática da reabsorção e da secreção tubular

A reabsorção de sódio, cloreto, cálcio e água, assim como a secreção de potássio pelos túbulos renais, são afetadas por cinco hormônios, sendo eles: angiotensina II, aldosterona, antidiurético, paratireoideo e peptídio natriurético atrial.

O sistema renina-angiotensina-aldosterona funciona da seguinte maneira: quando ocorre a diminuição do volume sanguíneo e da pressão arterial, conseqüentemente as paredes das arteríolas glomerulares também sofrem menor distensão, o que provoca a secreção de renina no sangue pelas células justaglomerulares, e o mesmo acontece pela estimulação simpática. A renina, a partir do angiotensinogênio sintetizado pelos hepatócitos, retira um peptídio com 10 aminoácidos denominado angiotensina I; quando retira mais dois deste aminoácido, a enzima conversora de angiotensina (ECA) converte a angiotensina I em angiotensina II, sendo esta a forma ativa do hormônio (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

A angiotensina II afeta o estado fisiológico dos rins de três maneiras: diminui a taxa de filtração glomerular, provocando a vasoconstrição das arteríolas glomerulares aferentes; aumenta a reabsorção de sódio, cloreto, cálcio e água no túbulo contorcido distal dos néfrons, estimulando a ação dos contratransportadores de $\text{Na}^+ - \text{H}^+$; e estimula a liberação de aldosterona pelo córtex da glândula suprarrenal. O hormônio aldosterona estimula as células dos ductos coletores a reabsorverem mais sódio e cloreto e a secretarem mais potássio. Desta forma, mais água é reabsorvida, aumentando o volume sanguíneo e a pressão arterial (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

O hormônio antidiurético (HAD), também denominado vasopressina, é liberado pela neuro-hipófise e regula a reabsorção facultativa de água, aumentando a permeabilidade das células no final do túbulo contorcido distal e no ducto coletor.

O hormônio natriurético atrial é liberado pelo coração quando se tem o aumento do volume de sangue. Uma de suas ações é a inibição da reabsorção de sódio e de água pelo túbulo contorcido distal e ducto coletor, além de suprimir a secreção de aldosterona e de HAD. Esses efeitos causam o aumento da diurese (urina) e, conseqüentemente, diminuem o volume sanguíneo e da pressão arterial.

O paratormônio estimula as células presentes no início dos

túbulos contorcidos distais a reabsorver cálcio para o sangue, por isso é liberado pelas glândulas paratireoides quando ocorre a diminuição de cálcio no sangue.



Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a fisiologia do sistema urinário, leia o Capítulo 26, Sistema urinário, do livro *Princípios de Anatomia e Fisiologia* (páginas 987 a 1029).

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema urinário, é capaz de analisar a situação-problema apresentada no “Diálogo aberto” e ajudar Cristina, professora de Biologia, e seus alunos a projetarem o quarto tema da feira de exposição do corpo humano e a responderem aos seguintes questionamentos, que são pontos importantes para a elaboração: quais são os órgãos pertencentes a este sistema e quais são suas principais funções?

O sistema urinário é formado por dois rins, que filtram o sangue e produzem a urina; dois ureteres, que transportam a urina até a bexiga; pela bexiga urinária, na qual a urina permanece armazenada por algum tempo; e pela uretra, responsável por eliminar a urina para fora do corpo. Além disso, ainda tem estas funções:

- Regulação do volume de sangue: os rins podem manter ou retirar água do sangue, controlando o volume desse tecido no corpo; quanto maior a quantidade de água retirada, mais urina é produzida.
- Regulação da pressão sanguínea: os rins atuam nessa regulação controlando o volume de sangue e regulando seu fluxo.
- Regulação da composição do sangue: controlando a quantidade de sódio, potássio, cloro e fosfato presente no sangue.
- Participação na produção de hemácias: os rins produzem uma enzima que estimula a produção de células vermelhas do sangue.
- Eliminação de substâncias tóxicas do organismo: como excesso de medicamentos e toxinas do ambiente.

Avançando na prática

Exposição dos rins

Descrição da situação-problema

Cátia é aluna do ensino médio e precisa desenvolver um trabalho para a disciplina de Biologia, no qual deverá descrever e apresentar as estruturas internas dos rins. Para isso, pegou alguns atlas de anatomia e foi pesquisar e montar seu trabalho. Com base na situação descrita, responda: quais são as estruturas internas dos rins?

Resolução da situação-problema

Os rins possuem o córtex renal e uma zona medular (mais interna), a medula renal. Na zona cortical, encontram-se os néfrons, as unidades funcionais dos rins, com função de microfiltros. Na zona medular, encontram-se as pirâmides renais, que se abrem nos cálices renais. Estes, por sua vez, abrem-se na pelve renal, extremidade dilatada do ureter para onde segue a urina produzida nos rins. Essas são as estruturas anatômicas dos rins.

Faça valer a pena

1. Os rins são órgãos importantes para o organismo. Eles têm como função filtrar o sangue e são os verdadeiros órgãos ativos no trabalho de seleção das substâncias de rejeição (filtram dejetos do sangue e os excretam com água na urina).

Assinale a alternativa correta quanto à descrição das estruturas internas dos rins.

- a) Glomérulos, ureteres e pelve renal.
- b) Ureteres, medula renal e bexiga urinária.
- c) Alvéolos, uretra e córtex renal.
- d) Ureteres, medula renal e bexiga urinária.
- e) Córtex renal, medula renal e cálices renais.

2. Complete as lacunas:

"A urina de um indivíduo fisiologicamente normal é constituída por

_____ de água e _____ de solutos: ureia, cloreto de sódio, ácido úrico, creatinina, urobilina e ácido láctico. Forma-se continuamente e desce pelos ureteres até a bexiga urinária, onde fica retida até ser eliminada pela _____.

Assinale a alternativa que completa as lacunas corretamente.

- a) 70%, 10%, urina.
- b) 50%, 20%, fezes.
- c) 95%, 5%, uretra.
- d) 60%, 30%, suor.
- e) 80%, 15%, saliva.

3. Os rins participam nos processos de remoção dos produtos finais do metabolismo e no controle das concentrações da maior parte das substâncias iônicas no líquido extracelular. Com base em seu conhecimento sobre a fisiologia dos rins, avalie as afirmativas a seguir:

- I. À medida que o fluido percorre os túbulos dos néfrons, sofre um processo de reabsorção.
- II. As células das paredes dos túbulos regulam o pH do sangue, retirando íons hidrogênio e íons amônio, eliminando-os na luz do túbulo.
- III. Cada litro de urina formado por dia resulta de cerca de 150 litros de plasma filtrados pelos néfrons.
- IV. O fluido final que sai dos rins é a urina.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) Afirmativas I e IV.
- b) Afirmativas I, II e IV.
- c) Afirmativas II, III e IV.
- d) Afirmativas I, III e IV.
- e) Afirmativas I, II, III e IV.

Seção 4.2

Anatomia e fisiologia do sistema reprodutor

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo a mais uma seção de estudos deste livro didático! A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre anatomia e fisiologia do sistema reprodutor. Nesta seção, aprenderá quais são as estruturas anatômicas desse sistema e compreenderá os processos de gametogênese, ciclo menstrual e gravidez. Vamos relembrar a situação hipotética que foi apresentada no “Convite ao estudo”, a qual visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

O quinto grupo de trabalho dos alunos da professora Cristina ficou com o sistema reprodutor e terá que desenvolver materiais que apresentem os órgãos pertencentes a ele e demonstrar suas funções e sua importância para o organismo. Para isso, Cristina deverá recordar os principais conceitos aplicados aos estudos da anatomia e fisiologia do sistema reprodutor e saber responder ao seguinte questionamento: quais são os órgãos e as estruturas deste sistema?

Para que você consiga responder a esse e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema reprodutor, serão apresentados, de forma contextualizada, no item “Não pode faltar”, os conteúdos pertinentes a este tema. Bons estudos!

Não pode faltar

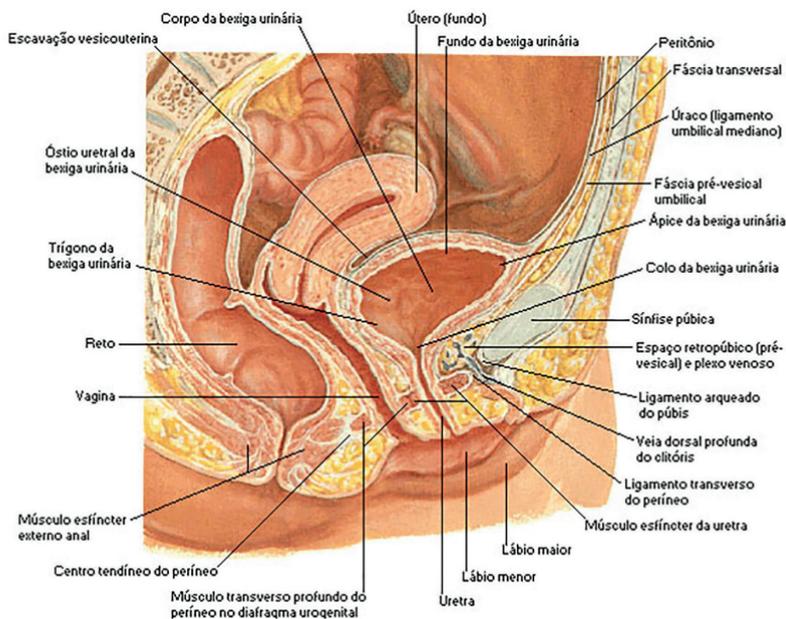
Na puberdade, ocorrem diversas transformações no corpo humano, as quais estão relacionadas aos hormônios sexuais, os quais marcam este período de desenvolvimento e amadurecimento. Nesta fase, homens e mulheres estão biologicamente prontos para a reprodução.

Anatomia e fisiologia do sistema reprodutor feminino

O sistema genital feminino inclui grupos de órgãos internos, que estão localizados dentro da cavidade pélvica, são eles: ovários, tubas uterinas, útero e vagina; e órgãos externos: monte púbico,

lábios maiores e menores, clitóris, bulbo do vestíbulo e glândulas vestibulares maiores. Também, incluem-se neste sistema as mamas, que atuam na fase da gestação, produzindo o leite materno através das glândulas mamárias.

Figura 4.5 | Estruturas anatômicas do sistema reprodutor feminino



Fonte: Netter (2000, [s.p.]).

• Ovários

São órgãos pares, que possuem de 3 a 4 centímetros de comprimento, situados um de cada lado do útero, e neles são produzidos os gametas femininos, os óvulos. A formação dos óvulos se inicia antes do nascimento, na fase embrionária, e continua seu desenvolvimento na puberdade. Durante a fase reprodutiva da mulher, a cada período de, aproximadamente, um mês (ciclo menstrual), ocorre a ovulação, processo dependente da ação de hormônios que preparam o útero para receber um possível embrião após a fecundação pelo espermatozoide (gameta masculino).

Os hormônios envolvidos na reprodução são controlados e estimulados por hormônios produzidos na hipófise. Estes estimulam os ovários a produzirem os hormônios estrogênio e progesterona.

O estrogênio controla o desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários da mulher, como o aumento do volume das mamas, o crescimento de pelos púbicos e axilares e a deposição de tecido adiposo nas coxas e nádegas. A progesterona é o hormônio do corpo lúteo (estrutura ovariana responsável pela liberação do óvulo) e é indispensável para a implantação do óvulo fecundado e para o desenvolvimento inicial do embrião.



Assimile

Ovogênese ou oogênese e desenvolvimento folicular

A formação de gametas nos ovários é denominada **ovogênese** e se inicia antes mesmo do nascimento. Durante o início do desenvolvimento fetal, as células germinativas primordiais migram do saco vitelino para os ovários, onde se diferenciam em **oogônias**. Estas são células-tronco diploides que se dividem por mitose, produzindo milhões de células germinativas. Algumas dessas células se desenvolvem em células maiores, chamadas **oócitos primários**, que entram na prófase da meiose I durante o desenvolvimento fetal, mas não concluem essa fase até depois da puberdade. Durante esta pausa na fase de desenvolvimento, cada oócito primário é circundado pelo **folículo primordial**. O córtex ovariano em torno dos folículos primordiais consiste em fibras colágenas e **células estromais** semelhantes a fibroblastos. Ao nascer, aproximadamente, de 200 mil a 2 milhões de oócitos primários permanecem em cada ovário. Destes, aproximadamente, 40 mil ainda estão presentes na puberdade, e cerca de 400 vão amadurecer e ovular durante a vida fértil da mulher. A cada mês, da puberdade até a menopausa, gonadotropinas (FSH e LH) são secretadas pela adeno-hipófise e estimulam adicionalmente o desenvolvimento de vários folículos primordiais, embora, geralmente, apenas um alcance a maturidade necessária para a ovulação. Alguns folículos primordiais começam a crescer, tornando-se **folículos primários**. Com a continuidade da maturação, um folículo primário se desenvolve em folículo secundário, que aumenta de tamanho e se torna um folículo maduro. Pouco antes da ovulação, o oócito primário diploide completa a meiose I, produzindo duas células haploides, cada uma com 23 cromossomos. A célula menor produzida pela meiose I, chamada de **primeiro corpo polar**, é essencialmente material nuclear descartado. A célula maior, conhecida como **oócito secundário**, recebe a maior parte do citoplasma. Uma vez que um oócito secundário é formado,

ele começa a meiose II, mas, em seguida, entra na metáfase. O folículo maduro rompe-se e libera rapidamente seu oócito secundário, em um processo conhecido como ovulação (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Tubas uterinas**

São as vias condutoras de gametas. São tubos, cuja extremidade medial se abre por meio do óstio uterino da tuba na cavidade uterina. Por elas passam os óvulos que foram expelidos pelo ovário e seguem até a cavidade uterina. Também, os espermatozoides percorrem as tubas em direção oposta, e a fecundação, geralmente, ocorre em seu interior.

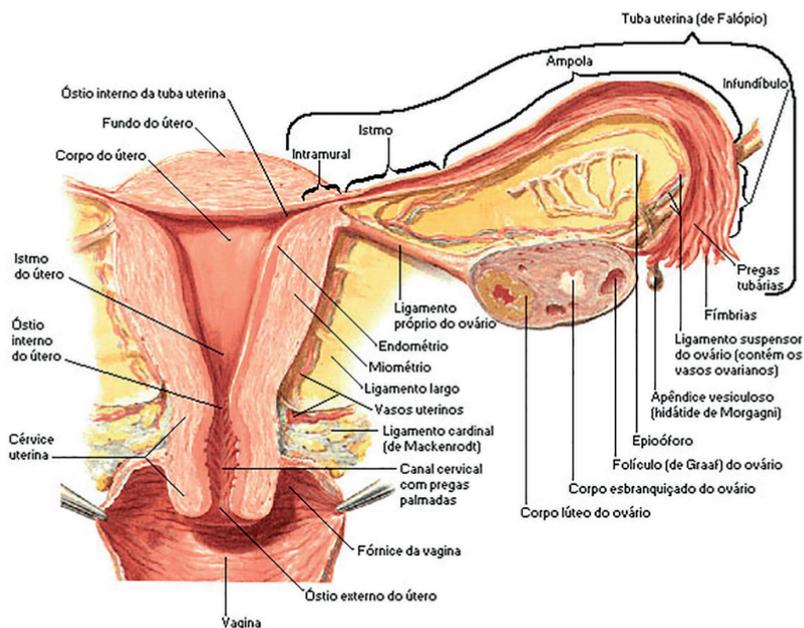
- **Útero**

É o órgão que abriga o embrião até o seu completo desenvolvimento e nascimento. Tem o formato de uma pera invertida e apresenta quatro partes: fundo, corpo, istmo e cérvix. O corpo se conecta em cada lado com as tubas uterinas, e o fundo fica logo acima do corpo. Este é a principal parte e se estende até o istmo, região mais estreitada. O istmo é curto e a ele segue-se o cérvix, também conhecido como colo do útero, que se projeta na vagina e com ela se comunica pelo óstio do útero.

A posição do útero depende da idade, do estado de plenitude ou vacuidade da bexiga e do reto e do estado da gestação, podendo, então, variar de forma, tamanho, posição e estrutura. Na sua estrutura, apresenta três camadas: interna ou endométrio, que sofre modificações com a fase do ciclo menstrual, uterino ou na gravidez; média ou miométrio, formada por fibras musculares lisas que constitui a maior parte da parede uterina; e camada externa ou perimétrio (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Mensalmente, o endométrio se prepara para receber o óvulo fecundado, que será o futuro embrião. Para isso, ocorre um aumento de volume do endométrio com vasta formação de redes capilares e demais modificações. Quando não ocorre a fecundação, na ausência de embrião, a camada do endométrio sofre descamação, com hemorragia e, conseqüentemente, eliminação sanguínea através da vagina, processo denominado menstruação.

Figura 4.6 | Estruturas anatômicas: ovário, tuba uterina e útero



Fonte: Netter (2000, [s.p.]).



Refleta

Você sabe o que significa histerectomia? É a remoção cirúrgica do útero. Ela é a cirurgia ginecológica mais realizada e pode ser indicada em algumas condições, como fibromiomas, endometriose, doença inflamatória pélvica, cistos ovarianos recorrentes, entre outras condições patológicas (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

• Vagina

É o órgão de cópula feminino. Trata-se de um tubo em que as paredes, normalmente, estão "coladas". Comunica-se superiormente com a cavidade uterina através do óstio do útero e inferiormente abre-se no vestíbulo da vagina através do óstio da vagina. A cavidade uterina e a vagina constituem, em conjunto, o canal do parto, através do qual o feto passa no momento do nascimento e, mensalmente, também fornece passagem aos produtos da menstruação. Nas mulheres que ainda não tiveram relações sexuais (virgens), o óstio da vagina permanece fechado

parcialmente pelo hímen, membrana de tecido conjuntivo forrada interna e externamente.

- **Estruturas eréteis**

O clitóris e o bulbo do vestíbulo são formados por tecido erétil, capaz de dilatar-se como resultado de ingurgitamento sanguíneo. O clitóris é o homólogo do pênis no homem e, mais particularmente, sua glânde é uma estrutura extremamente sensível e relacionada à excitabilidade feminina. O bulbo do vestíbulo é formado por duas massas pares de tecido erétil, não são visíveis na superfície porque estão profundamente situados, recobertos pelos músculos bulboesponjosos. Quando cheios de sangue, se dilatam e, desta forma, propiciam maior contato entre o pênis e o orifício da vagina. O ingurgitamento sanguíneo das estruturas eréteis da mulher confere-lhe a sensação de edema e peso na região pudenda.

- **Glândulas anexas**

As glândulas vestibulares maiores e menores são duas, situadas profundamente e nas proximidades do vestíbulo da vagina, onde seus ductos se abrem. Durante a cópula (coito), são comprimidas e secretam um muco, que serve para lubrificar a porção inferior da vagina. As glândulas vestibulares menores, em número variável, têm seus minúsculos ductos que se abrem no vestíbulo, entre os óstios da uretra e da vagina.

- **Órgãos genitais externos**

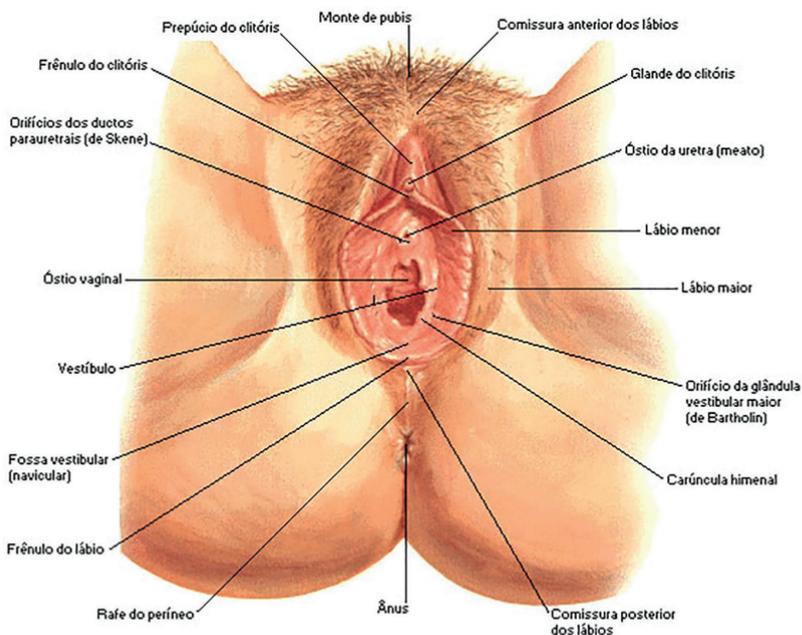
O conjunto é conhecido como vulva ou pudendo e compreende: monte púbico, lábios maiores, lábios menores e clitóris. Monte púbico: elevação arredondada e mediana, situada anteriormente à sínfise púbica. Após a puberdade, é recoberta por pelos e consiste de tecido adiposo. Tem por função a proteção. Lábios maiores: são duas pregas alongadas que se estendem do ânus, posteriormente, ao monte púbico, anteriormente, onde se fundem no plano mediano em: comissura anterior (anteriormente) e comissura posterior (posteriormente). Apresentam glândulas sebáceas e são cobertos de pelos em sua face externa. A fenda situada entre eles é a rima do pudendo. O vestíbulo da vagina é o espaço situado

entre os lábios menores e contém, em sequência anteroposterior: o clitóris, o óstio externo da uretra e o óstio da vagina. A abertura da vagina está guarnecida por uma membrana: o hímen.

- **Clitóris**

É homólogo ao pênis, constituído de tecido erétil capaz de aumentar de tamanho por ingurgitamento com sangue. Encontra-se próximo à sínfise púbica. Sua terminação livre apresenta uma pequena elevação arredondada, a glândula do clitóris, constituída de tecido erétil e altamente sensível.

Figura 4.7 | Órgãos genitais feminino externos



Fonte: Netter (2000, [s.p.]).

- **Mamas**

As mamas são anexas à pele, pois seu tecido é formado por glândulas cutâneas modificadas que se especializam na produção de leite materno. As glândulas mamárias são glândulas sudoríferas modificadas compostas de alvéolos mamários secretores e ductos.

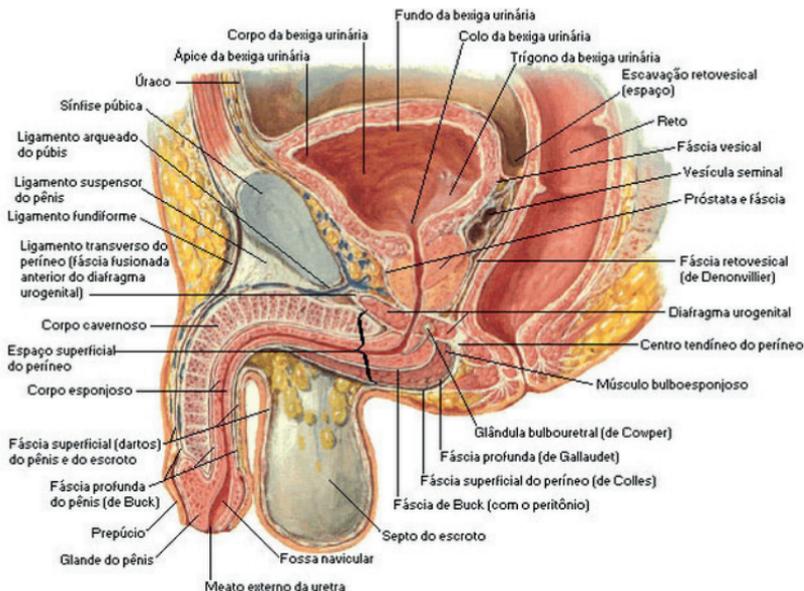
Elas se desenvolvem na puberdade e funcionam na lactação, possuem os lóbulos com os alvéolos onde o leite é produzido, o qual é lançado nos ductos e armazenado nos seios lactíferos e, em seguida, é ejetado para a papila mamária. A aréola é pigmentada e circula a papila mamária.

As mamas situam-se anteriormente a músculos da região peitoral. Na sua arquitetura, a mama é constituída de tecido glandular; de tecido conjuntivo, que predomina o tecido adiposo; e de pele, dotada de glândulas sebáceas e sudoríparas, muito fina e na qual se nota, por transparência, as veias superficiais.

Anatomia e fisiologia do sistema reprodutor masculino

Os gametas masculinos, os espermatozoides, são produzidos na fase da puberdade. Sua formação ocorre nos testículos e é desencadeada pela ação combinada de vários hormônios, sendo o principal a testosterona.

Figura 4.8 | Órgãos do sistema reprodutor masculino



Fonte: Netter (2000, [s.p.]).

- **Gônadas (testículos)**

Testículos são duas massas ovoides e lisas, situadas no escroto. São órgãos produtores de espermatozoides e, a partir da puberdade, são produtores do hormônio testosterona, responsável pelos caracteres sexuais secundários. O pênis e o escroto são órgãos genitais externos visíveis na superfície do corpo.



Exemplificando

Vamos exemplificar o processo de espermatogênese!

A espermatogênese leva de 65 a 75 dias e começa com as espermatogônias, que contêm o número diploide ($2n$) de cromossomos. As espermatogônias são tipos de células-tronco; quando sofrem mitose, algumas permanecem próximo da membrana basal dos túbulos seminíferos, para servir como um reservatório de células para a divisão celular futura e subsequente produção de espermatozoides. O restante das espermatogônias perde contato com a membrana basal, sofre alterações de desenvolvimento e diferencia-se em **espermátocitos primários**. Estes, como as espermatogônias, são diploides ($2n$), ou seja, contêm 46 cromossomos. Pouco depois de se formar, cada espermátocito primário replica seu DNA e, então, começa a meiose. Na meiose I, pares de cromossomos homólogos se alinham na placa metafásica e ocorre o *crossing-over*. Em seguida, o fuso meiótico puxa um cromossomo (duplicado) de cada par para um polo oposto da célula em divisão. As duas células formadas pela meiose I são chamadas de **espermátocitos secundários**. Cada espermátocito secundário tem 23 cromossomos, o número haploide (n). Cada cromossomo dentro de um espermátocito secundário, no entanto, é constituído por duas cromátides (duas cópias do DNA) ainda ligadas por um centrômero. Não há replicação de DNA nos espermátocitos secundários (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Vias condutoras dos gametas**

São as vias percorridas pelos gametas masculinos desde o local onde são produzidos até sua eliminação. São constituídos por túbulos e ductos do testículo, epidídimo, ducto deferente, ducto ejaculatório e uretra.

Epidídimo, ducto deferente e ducto ejaculatório

São órgãos pares tubulares condutores de gametas. O epidídimo é a primeira parte das vias condutoras, que se inicia nos testículos e termina na entrada do ducto deferente. Os espermatozoides seguem, então, o trajeto desse ducto e são armazenados nele até o momento da ejaculação, quando passam para o ducto deferente, o ducto ejaculatório e a uretra, sendo eliminados para o exterior.

O ducto deferente é a continuação do canal do epidídimo, é um tubo fibromuscular com cerca de 30 centímetros de comprimento. Inicia-se no epidídimo e termina unindo-se ao ducto da vesícula seminal, para formar o ducto ejaculatório, o qual desemboca na porção prostática da uretra.

- **Uretra**

É a última porção das vias espermáticas, tendo cerca de 20 centímetros de comprimento. A uretra masculina é um canal comum tanto para a ejaculação como para a micção, fazendo desta parte constituinte do sistema urinário. A uretra inicia-se no óstio interno da uretra na bexiga e atravessa sucessivamente a próstata, o assoalho pélvico e o pênis, terminando no óstio externo da uretra. Desta forma, distinguem-se as seguintes partes: **porção prostática** (quando atravessa a próstata); **porção membranosa** (quando atravessa o assoalho pélvico); e **porção esponjosa** (quando atravessa o corpo esponjoso do pênis).

Na porção esponjosa da uretra, abrem-se, de cada lado, os ductos das glândulas bulbouretrais. Essas glândulas são duas formações pequenas e arredondadas, situadas de cada lado nas proximidades da porção membranosa da uretra, que desembocam uma de cada lado na porção esponjosa da uretra, secretando um líquido mucoso que lubrifica a uretra e contribui para a neutralização da urina residual nela existente.

- **Pênis**

O pênis, normalmente, é flácido, mas quando seus tecidos lacunares se enchem de sangue, torna-se rígido, ao que chamamos de ereção. O pênis, formado pelos tecidos eréteis (corpo cavernoso e esponjoso), é o órgão de cópula que penetrará nas vias genitais feminina, possibilitando o lançamento dos espermatozoides. A

glândula é a parte mais distal e proeminente do pênis. A pele que recobre o pênis forma uma prega de dupla camada, o prepúcio, que cobre a glândula em extensão variável.

- **Glândulas anexas**

As glândulas anexas, cujas secreções facilitarão a progressão dos espermatozoides nas vias genitais, são: vesículas seminais, próstata e glândulas bulbouretrais. A próstata está situada inferiormente à bexiga e é atravessada em toda a sua extensão pela porção prostática da uretra. Sua secreção confere odor característico ao sêmen e é lançada diretamente na porção prostática da uretra através de numerosos ductos prostáticos, então ela se une à secreção da vesícula seminal para constituir o volume do líquido seminal. O líquido seminal passa do ducto ejaculatório para a porção prostática da uretra e segue adiante pelas outras porções da uretra até atingir o meio externo.



Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema reprodutor, leia o Capítulo 28, *Sistemas genitais*, do livro *Princípios de Anatomia e Fisiologia* (páginas 1054 a 1096).

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema reprodutor, é capaz de analisar a situação-problema apresentada no “Diálogo aberto” e ajudar Cristina, professora de Biologia, e seus alunos a projetarem o quinto tema da feira de exposição do corpo humano e a responderem ao seguinte questionamento, o qual é um ponto importante para a elaboração: quais são os órgãos e as estruturas deste sistema?

O sistema genital feminino inclui grupos de órgãos internos (localizados dentro da cavidade pélvica), como ovários, tubas uterinas, útero e vagina, e órgãos externos, como monte púbico,

lábios maiores e menores, clitóris, bulbo do vestíbulo e glândulas vestibulares maiores. Também, incluem-se neste sistema as mamas, que atuam na fase da gestação, produzindo o leite materno através das glândulas mamárias.

O sistema genital masculino inclui os seguintes órgãos: gônadas (testículos), vias condutoras dos gametas formadas por túbulos e ductos do testículo, epidídimo, ducto deferente, ducto ejaculatório e uretra, pênis e glândulas anexas (vesículas seminais, próstata e glândulas bulbouretrais).

Avançando na prática

Palestra sobre o sistema reprodutor

Descrição da situação-problema

Fábio é biólogo e professor da disciplina de Biologia no ensino médio e foi convidado para ministrar uma palestra para os alunos do ensino médio sobre doenças sexualmente transmissíveis (DST). Para preparar sua palestra, ele resolveu revisar a anatomia e fisiologia dos órgãos reprodutores masculino e feminino.

Com base na situação descrita, quais são os órgãos responsáveis pela gametogênese?

Resolução da situação-problema

Na mulher, são os ovários, órgãos pares, situados de cada lado do útero, nos quais são produzidos os gametas femininos, os óvulos. A formação dos óvulos se inicia antes do nascimento, na fase embrionária, e continua seu desenvolvimento na puberdade. Durante a fase reprodutiva da mulher, a cada período de, aproximadamente, um mês (ciclo menstrual), ocorre a ovulação, processo dependente da ação de hormônios que preparam o útero para receber um possível embrião após a fecundação pelo espermatozoide (gameta masculino).

No homem, são os testículos, duas massas ovoides e lisas, situadas no escroto. São órgãos produtores de espermatozoides e, a partir da puberdade, são produtores do hormônio testosterona, responsável pelos caracteres sexuais secundários.

Faça valer a pena

1. Na mulher, os ovários são órgãos pares, situados um de cada lado do útero, e neles são produzidos os gametas femininos, os óvulos. No homem, os testículos são duas massas ovoides e lisas, situadas no escroto. São órgãos produtores de espermatozoides e, a partir da puberdade, são produtores do hormônio responsável pelos caracteres sexuais secundários.

Em relação à denominação dos principais hormônios sexuais femininos e masculinos, assinale a alternativa correta.

- a) Estrogênio, espermatozoide e óvulo.
- b) Progesterona, leite materno e urina.
- c) Estrogênio, progesterona e testosterona.
- d) Óvulo, linfa e testosterona.
- e) Sêmen, progesterona e espermatozoide.

2. Complete as lacunas:

A posição do útero depende da idade, do estado de plenitude ou vacuidade da bexiga e do reto e do estado da gestação, podendo, então, variar de forma, tamanho, posição e estrutura. Na sua estrutura, apresenta três camadas: interna ou _____, que sofre modificações com a fase do ciclo menstrual, uterino ou na gravidez; média ou _____, formada por fibras musculares lisas que constitui a maior parte da parede uterina; e camada externa ou _____.

Assinale a alternativa que completa as lacunas corretamente.

- a) endométrio, miométrio, perimétrio.
- b) perimétrio, miométrio, endométrio.
- c) miométrio, endométrio, perimétrio.
- d) óstio, perimétrio, endométrio.
- e) cérvix, óstio, miométrio.

3. O sistema genital feminino inclui grupos de órgãos internos (localizados dentro da cavidade pélvica), como ovários, tubas uterinas, útero e vagina, e órgãos externos, como monte púbico, lábios maiores e menores, clitóris, bulbo do vestibulo e glândulas vestibulares maiores.

Sobre esses órgãos e suas respectivas funções, avalie as afirmativas:

I. Os ovários são órgãos pares, que possuem de 3 a 4 centímetros de comprimento, situados um de cada lado do útero, e neles são produzidos os gametas femininos, os óvulos.

II. As tubas uterinas são as vias condutoras de gametas e transportam os óvulos que romperam a superfície do ovário para a cavidade do útero.

III. O clitóris e o bulbo do vestibulo são formados por tecido erétil, capaz de dilatar-se como resultado de ingurgitamento sanguíneo.

IV. Glândulas vestibulares maiores e menores são duas, situadas profundamente e nas proximidades do vestibulo da vagina, onde seus ductos se abrem.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) Afirmativas I e IV.
- b) Afirmativas I, II e IV.
- c) Afirmativas II, III e IV.
- d) Afirmativas I, III e IV.
- e) Afirmativas I, II, III e IV.

Seção 4.3

Anatomia e fisiologia do sistema endócrino

Diálogo aberto

Olá, aluno! Seja bem-vindo a mais uma seção de estudos deste livro didático! A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre anatomia e fisiologia do sistema endócrino. Aprenderá quais são as principais glândulas do corpo humano e compreenderá as ações dos hormônios por elas secretados.

Vamos relembrar a situação hipotética que foi apresentada no “Convite ao estudo”, a qual visa aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional.

O sexto e último grupo de alunos da professora Cristina, para concluir o trabalho, ficou com o sistema endócrino e terá que desenvolver materiais que apresentem os órgãos pertencentes a esse sistema e demonstrar suas funções e sua importância para o organismo. Para isso, Cristina deverá recordar os principais conceitos aplicados aos estudos da anatomia e fisiologia do sistema digestório e saber responder aos seguintes questionamentos: quais são as principais glândulas e hormônios do sistema endócrino?

Para que você consiga responder a esse e outros questionamentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema endócrino, serão apresentados, de forma contextualizada, no item “Não pode faltar”, os conteúdos pertinentes a este tema. Bons estudos!

Não pode faltar

O sistema nervoso autônomo (SNA) e o sistema endócrino atuam juntos no controle das atividades metabólicas do organismo. Este trabalho em conjunto permite a manutenção da homeostase do corpo humano. O SNA realiza suas funções por meio dos impulsos nervosos, os quais liberam as substâncias denominadas neurotransmissores, garantindo uma resposta rápida, direta e localizada. Já o sistema endócrino apresenta uma resposta mais lenta, com resultado duradouro, e isto acontece por meio da

liberação de substâncias denominadas hormônios, os quais agem sobre o órgão-alvo.

O sistema endócrino é formado por tecidos e glândulas que secretam produtos químicos responsáveis por controlar grande parte das funções biológicas, denominados hormônios, os quais agem em receptores específicos em tecidos-alvo. As glândulas endócrinas secretam esses hormônios, que são conduzidos pela corrente sanguínea. Desta forma, essas glândulas, por meio de seus hormônios, são responsáveis pelo crescimento, pelo funcionamento e pela regulação de vários órgãos, por exemplo as características morfológicas masculinas e femininas, e também podem influenciar no comportamento das pessoas. Portanto, os hormônios atuam na manutenção da homeostasia do organismo, proporcionando excelente funcionamento. Também existem as glândulas exócrinas, que são aquelas que secretam e liberam suas substâncias a partir de um ducto que se abre diretamente no órgão-alvo, por exemplo as glândulas salivares.



Exemplificando

Existem dois tipos de hormônios:

- **Hormônios locais:** têm efeitos locais específicos e atuam em locais restritos, como: secretina, que é liberada pelo duodeno e causa a secreção do pâncreas, e colecistocinina, liberada no intestino delgado e atua na vesícula biliar. Ambos os hormônios atuam somente no sistema digestório.
- **Hormônios gerais:** a maioria destes hormônios é secretada por glândulas específicas. Eles são transportados no sangue para todo o corpo, causando reações diferentes, como a epinefrina (adrenalina), secretada pela suprarrenal em resposta à estimulação simpática, e a insulina, secretada pelo pâncreas, onde atuam em praticamente todas as células do organismo. Os hormônios gerais têm ação endócrina, caem na corrente sanguínea e atuam longe do local de produção (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Embora a maioria dos órgãos possa exibir atividade endócrina, os órgãos endócrinos mais estudados são: hipotálamo; hipófise; tireoide; paratireoides; glândulas suprarrenais ou adrenais; gônadas (testículos e ovários); Ilhotas de Langerhans pancreáticas e glândulas mamárias.

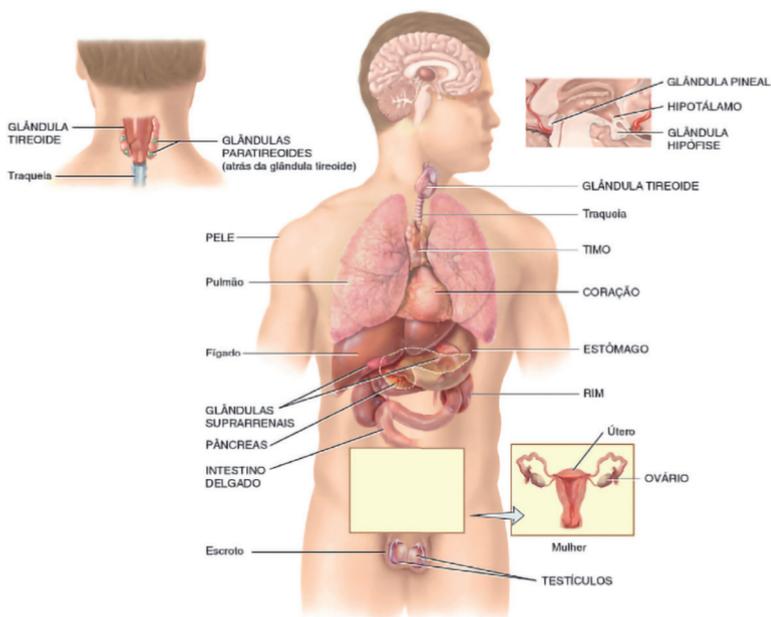


Assimile

Outros órgãos que também apresentam atividade endócrina são:

- Coração: produz o peptídeo atrial natriurético, que tem como função normalizar a volemia sanguínea e a pressão arterial.
- Rins: produzem o calcitriol (vitamina D) e aumentam a absorção de cálcio pela via intestinal, inibindo a excreção desse mineral pelos rins (urina).
- Fígado: produz a somatomedina (fator de crescimento tipo insulina) e estimula o crescimento em inúmeros tecidos.
- Glândula pineal: produz melatonina, a qual tem como principal função regular o sono, ou seja, em um ambiente escuro e calmo, os níveis de melatonina do organismo aumentam, resultando em sono.
- Pele: produz calciferol (vitamina D) e atua na absorção e deposição de cálcio no organismo, prevenindo a osteoporose, raquitismo e osteomalácia. Ainda, auxilia a secreção de insulina pelo pâncreas, modula as células de defesa e controla as contrações do músculo cardíaco e a pressão arterial.
- Trato gastrointestinal: produz gastrina, colecistocinina, secretina, entre outros hormônios que auxiliam no processo digestivo (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Figura 4.9 | Principais glândulas do corpo



Fonte: Tortora e Derrickson (2016, p. 62).

Classes gerais de hormônios

- **Proteicos:** a maioria dos hormônios pertence a esta classe e varia de tamanho, desde pequenos peptídeos até pequenas proteínas. São hormônios secretados pela hipófise anterior e posterior, pelo pâncreas (insulina e glucagon), pelas glândulas paratireoides (hormônio paratireoidiano), entre outros.
- **Esteroides:** o colesterol é o precursor de todos os hormônios esteroides, sintetizados, em parte, pelas células produtoras do hormônio, e a maioria, fornecida pelo plasma, secretada pelo córtex adrenal (cortisol e androsterona), pelos ovários (estrogênio e progesterona), pelos testículos (testosterona) e pela placenta (estrogênio e progesterona).
- **Aminados:** são as aminas, secretados pela tireoide (tiroxina e triiodotironina) e pela medula adrenal (epinefrina e norepinefrina).

Mecanismos de ação dos hormônios na célula

O hormônio se liga aos receptores específicos na célula-alvo. Quando a célula não possui esses receptores, o hormônio não é capaz de se ligar a ela e, conseqüentemente, não exercerá ação sobre ela. As células que não têm receptores específicos para esses hormônios não respondem. Assim, as glândulas endócrinas, por meio da secreção de seus hormônios, são responsáveis pelo crescimento, pelo desenvolvimento, pela reprodução e pela regulação de diversos órgãos, além de controlar os processos metabólicos do organismo, como exemplo, as características morfológicas masculinas e femininas e o comportamento dos indivíduos. Sendo assim, os hormônios são os responsáveis pelo funcionamento eficaz do organismo.

As características das respostas da ação hormonal ocorrem adequadamente somente quando acontece a combinação com as células-alvo específicas.

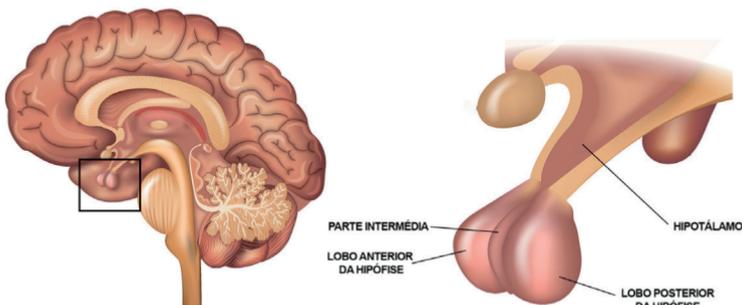
Principais glândulas endócrinas e hormônios do corpo humano

- **Hipotálamo e hipófise**

O **hipotálamo**, além de ser responsável pelo funcionamento dos órgãos, regula a liberação e a inibição dos hormônios da hipófise (principal glândula do corpo humano) por meio dos hormônios hipotalâmicos ou fatores liberadores ou inibidores da hipófise. Também, produz os hormônios ocitocina e antidiurético (ADH), que são estocados na hipófise posteriormente. Desta forma, o hipotálamo recebe informações do sistema nervoso e secreta hormônios que atuam sobre a hipófise.

A **hipófise**, também conhecida como glândula pituitária, é uma pequena glândula que se localiza na base do crânio e se comunica com o hipotálamo, com o qual guarda importantes relações anatômicas e funcionais. A hipófise é dividida em lobo anterior (adeno-hipófise) e lobo posterior (neuro-hipófise).

Figura 4.10 | Hipotálamo e glândula hipófise



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/vetor/pituitary-gland-hypophysis-gm653375370-118789905>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

Quadro 4.1 | Hormônios hipotalâmicos que atuam sobre a adeno-hipófise

Hormônio hipotalâmico	Ação na hipófise	Hormônio da adeno-hipófise
Hormônio liberador de tireotrofina	Estimula	Tireotrofina
Hormônio liberador de corticotrofina	Estimula	Adrenocorticotrófico
Hormônio liberador de hormônio do crescimento	Estimula	Hormônio do crescimento ou somatotrófico
Hormônio liberador de gonadotrofina	Estimula	Hormônios luteinizante e folículo-estimulante (LH e FSH)
Fator inibidor da prolactina	Inibe	Prolactina

Fonte: adaptado de Tortora e Derrickson (2016, [s.p.]).

A hipófise anterior ou adeno-hipófise secreta os seguintes hormônios: hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), hormônio tireoestimulante (TSH), hormônio de crescimento (GH), hormônio folículo estimulante (FSH), hormônio luteinizante (LH), prolactina e **hormônio melanócito-**

estimulante (MSH). Já a hipófise posterior ou neuro-hipófise secreta apenas dois hormônios, a ocitocina e o antidiurético.

Hormônios do lobo anterior da hipófise – adeno-hipófise

- **Hormônio do crescimento – GH:** conhecido também como GH (hormônio do crescimento), hormônio somatotrófico e somatotrofina. O GH é secretado em intervalos de duas horas e suas grandes flutuações diurnas dependem de uma série de fatores regulatórios. Um pico regular noturno ocorre cerca de uma a duas horas após o início do sono profundo. A concentração plasmática de GH em crianças que estão na fase de crescimento não é significativamente mais elevada que em adultos. O hormônio liberador do hormônio do crescimento, produzido pelo hipotálamo, é o fator hormonal que estimula a produção e liberação de GH pela hipófise. No entanto, vários outros fatores são capazes de estimular esse processo. A somatostatina, hormônio produzido no pâncreas, é o principal fator hormonal inibidor da produção de GH. Dentre seus diversos efeitos, pode-se citar o crescimento dos ossos e das cartilagens (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Prolactina:** também conhecida como hormônio lactogênico, seu papel claramente estabelecido é iniciar e manter a lactação e o desenvolvimento das mamas. A prolactina tem sua produção regulada pelo hipotálamo. Outros fatores, como o sono profundo, o estresse, o exercício físico, a amamentação e o estímulo tátil da mama também estimulam a liberação de prolactina, além dos estrógenos.

- **Hormônio adrenocorticotrófico ou corticotrofina:** os neurônios hipotalâmicos estimulam a secreção de hormônio adrenocorticotrófico pela adeno-hipófise. A produção de hormônio adrenocorticotrófico e de endorfinas também pode ser estimulada pelo estresse e por exercícios físicos. Por sua vez, essa produção é inibida pelo cortisol oriundo das glândulas adrenais. Sua principal função é estimular a produção de cortisol pelo córtex renal da glândula suprarrenal.

- **Hormônios folículo-estimulante (FSH) e luteinizante (LH):** as gonadotrofinas são hormônios que atuam nas gônadas femininas (ovários) e masculinas (testículos), estimulando a produção de estrógeno, progesterona e testosterona. As duas principais gonadotrofinas são o hormônio folículo-estimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH). O **FSH** exerce seus efeitos nas gônadas masculina e feminina. No

homem, a sua ação é promover a gametogênese através da produção de proteínas reguladoras, que se ligam à testosterona, mantendo um nível androgênico necessário à espermatogênese. Na mulher, o FSH atua no crescimento do folículo ovariano, induz o aumento da expressão de receptores para o LH e age induzindo proliferação celular e produção de estrógenos a partir de andrógenos.

O **LH** atua no homem estimulando a produção de testosterona, além disso, esse hormônio é responsável pelo aparecimento das características sexuais secundárias masculinas e pelo apetite sexual tanto nos homens quanto nas mulheres. Nas mulheres, ele estimula a produção de andrógenos e a ovulação. Tanto a produção de FSH como a de LH pela hipófise é estimulada por um hormônio hipotalâmico, o hormônio liberador de gonadotrofinas.

- **Hormônio estimulador da tireoide ou tireotrofina:** tem sua produção estimulada pelo hipotálamo e inibida pelos hormônios tireoidianos. Estimula várias funções nas células tireoidianas, responsáveis pela produção dos hormônios tireoidianos T3 e T4.

- **Glândula tireoide:** a glândula tireoide mantém o metabolismo dos tecidos em nível funcional adequado. O hormônio tireoidiano age estimulando o consumo de oxigênio das células do organismo, ajuda a regular o metabolismo dos carboidratos e dos lipídeos, além de ser necessário para o crescimento e a maturação normal das células. A ausência da glândula tireoide causa alguns prejuízos ao organismo, como lentidão física e mental, nanismo e déficit cognitivo em crianças e menor resistência ao frio. Já o excesso de secreção dos hormônios tireoidianos gera desgaste corporal, taquicardia, tremores, nervosismo e sudorese.

A função tireoidiana é regulada pelo hormônio tiroestimulante (TSH) da hipófise anterior. Os principais hormônios secretados pela glândula tireoide são: tiroxina (T4), tri-iodotironina (T3) e calcitonina. A calcitonina controla o nível de cálcio no sangue (retira do sangue e armazena nos ossos) (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Glândulas paratireoides:** são quatro glândulas muito pequenas, localizadas na face posterior da tireoide. Seu hormônio é o paratormônio. Sua função é regular o nível de íons cálcio e fosfato no plasma sanguíneo (retira o cálcio dos ossos e libera no sangue). A redução da taxa de cálcio no plasma causa o estímulo das paratireoides, que liberam seu hormônio. O paratormônio age

sobre as células ósseas, aumentando o número de osteoclastos e, conseqüentemente, promove a absorção da matriz óssea. Já a elevação do cálcio plasmático diminui a produção de paratormônio. Além de elevar o cálcio sanguíneo, o paratormônio reduz a taxa de íon fosfato no plasma. Esse efeito é consequência de um aumento da perda de fosfato na urina. O paratormônio diminui a absorção de fosfato do filtrado glomerular pelos túbulos do néfron, aumentando a eliminação de cálcio (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Glândulas suprarrenais ou adrenais:** são duas, situadas sobre cada rim, compostas por duas camadas, a cortical ou córtex da adrenal e medular ou medula da adrenal, podendo as duas camadas ser consideradas órgãos distintos.

Medula Adrenal: seus hormônios são adrenalina (epinefrina) e noradrenalina (norepinefrina), os quais agem no preparo do organismo para enfrentar situações de estresse.

Córtex Adrenal: seus hormônios são: cortisol, esteroides de ampla ação sobre o metabolismo dos carboidratos e das proteínas; e aldosterona (mineralocorticoides), essenciais na manutenção do equilíbrio de sódio e do volume do líquido extracelular. A regulação principal da secreção adrenocortical é exercida pela hipófise, no entanto a secreção de mineralocorticoides também é influenciada por outras substâncias, como a angiotensina II, formada na corrente sanguínea pela ação da renina, enzima secretada pelo rim. A angiotensina II também exerce importante função na manutenção dos níveis normais da pressão sanguínea (pressão arterial) (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Glândula pineal:** situada entre os hemisférios cerebrais, na parte superior do tálamo, possui uma forma oval. Secreta o hormônio denominado melatonina, que é sintetizado a partir da serotonina (um neurotransmissor). Essa glândula é estimulada por meio da luminosidade do ambiente externo. As informações adquiridas pelo estímulo atingem a glândula através dos impulsos nervosos, que têm origem na retina dos olhos. Esses impulsos alcançam o hipotálamo e são conduzidos à medula espinal. Nesta, são conduzidos, através das fibras nervosas simpáticas, até o cérebro, e finalmente atingem a glândula pineal. Em resposta a esses estímulos luminosos, a glândula reduz a secreção da melatonina. Dessa forma, a quantidade de estímulo de luz regula a secreção hormonal, portanto o hormônio sempre atingirá a concentração máxima durante o período de sono.

Sendo assim, a melatonina regula o ritmo circadiano (ritmo dia/noite) e atua no controle de eventos biológicos cíclicos, como o ciclo reprodutivo feminino (ciclo menstrual). Este mecanismo em que a melatonina age neste ciclo ainda é pouco conhecido, porém o hormônio parece estar envolvido no controle do início da puberdade. A melatonina pode apresentar papel inibitório sobre o hipotálamo e impedir a produção de hormônio liberador de gonadotrofina. A diminuição ou ausência da produção de melatonina implica no aumento de LH (hormônio luteinizante) e FSH (hormônio foliculoestimulante), ambos hormônios gonadotróficos, produzidos pela hipófise, que determinam a puberdade precoce – e recentemente a melatonina também foi relacionada ao controle do desejo sexual (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Pâncreas – Ilhotas de Langerhans:** constituem a porção endócrina do pâncreas e se apresentam na forma de aglomerados arredondados de células que estão imersos no tecido pancreático. Os hormônios pancreáticos são secretados pelas Ilhotas de Langerhans do pâncreas e são eles: a **insulina** e o **glucagon**, com importantes funções na regulação do metabolismo dos carboidratos, das proteínas e das gorduras. A insulina causa o aumento e o depósito de glicose, ácidos graxos e aminoácidos, e o glucagon age na mobilização da glicose, dos ácidos graxos, dos aminoácidos e dos depósitos para a corrente sanguínea. Portanto, agem de forma antagonica em sua ação final, e são, em muitas circunstâncias, secretados de modo contrário (TORTORA; DERRICKSON, 2016).



Refleta

Quase todos os tecidos do organismo têm a capacidade de metabolizar a insulina, porém mais de 80% da insulina secretada é, normalmente, degradada no fígado e nos rins. O excesso de insulina causa hipoglicemia, que produz convulsões e coma. A sua deficiência no organismo é denominada DIABETE. Você conhece os sintomas e as consequências dessa deficiência?

Hormônios do lobo posterior da hipófise - neuro-hipófise

- **Hormônio antidiurético (ADH) ou vasopressina:** ADH tem como principal ação o aumento da concentração da urina por meio do aumento da permeabilidade da água pelos túbulos coletores dos rins, o

que permite a maior quantidade de reabsorção de água para a corrente sanguínea. Quando apresenta altas concentrações de ADH no sangue, ocorre a constrição das arteríolas e o aumento da pressão arterial. Essa resposta pode ser importante durante um episódio de grave hemorragia. A velocidade de liberação do ADH é controlada pela concentração do plasma e do volume sanguíneo (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

- **Ocitocina:** sintetizada pelos neurônios hipotalâmicos, posteriormente é armazenada no lobo posterior da hipófise, na neuro-hipófise. Estímulos táteis na região areolar da mama da mulher ativam receptores ali presentes que ativam vias neurais somestésicas, as quais vão transmitir estes sinais para o hipotálamo, gerando a secreção de ocitocina e a consequente liberação do leite que estava armazenado nas glândulas mamárias da mama. A ocitocina promove a contração de células que circundam os ácinos mamários e ocasionam a ejeção do leite. Com o passar do tempo, o reflexo de secreção não é mais necessário; basta a mãe ter o estímulo da visão do bebê ou da percepção de sons emitidos por ele para secretar ocitocina.

A estimulação da região genital também incentiva a liberação de ocitocina, tanto no ato sexual como no momento do parto. Embora os homens também produzam ocitocina em resposta à estimulação genital, o papel desse hormônio no sexo masculino é ainda desconhecido. Desta forma, os efeitos fisiológicos da ocitocina são: estímulo da contração das células mioepiteliais da mama com ejeção do leite e estímulo da contração da musculatura lisa uterina, com importante papel no momento do trabalho de parto.

A secreção de ocitocina pode ser inibida e reduzida por algumas causas, como estresse emocional; fatores psíquicos como o medo; ativação do sistema nervoso simpático; liberação de adrenalina e noradrenalina; e, ainda, pela ingestão de álcool etílico.



Pesquise mais

Para você aprofundar seus conhecimentos sobre a anatomia e fisiologia do sistema endócrino, leia o Capítulo 18, *Sistema Endócrino*, do livro *Princípios de Anatomia e Fisiologia* (páginas 619 a 663).

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Agora que você já adquiriu o conhecimento sobre a anatomia e fisiologia do sistema endócrino, é capaz de analisar a situação-problema apresentada no “Diálogo aberto” e ajudar Cristina, professora de Biologia, e seus alunos a projetarem o último tema da feira de exposição do corpo humano e a responderem ao seguinte questionamento, o qual é um ponto importante para a elaboração: quais são as principais glândulas e hormônios do sistema endócrino?

O sistema endócrino é constituído por diversas glândulas e tecidos que secretam substâncias químicas responsáveis pelo controle da maioria das funções biológicas, chamadas hormônios, que atuam em tecidos-alvo, ligando-se a receptores específicos.

As principais glândulas do corpo humano são: hipotálamo e hipófise; glândula tireoide; glândulas paratireoides; glândulas suprarrenais ou adrenais; glândula pineal; pâncreas - Ilhotas de Langerhans. E os principais hormônios são: hormônio do crescimento (GH); prolactina; hormônio adrenocorticotrófico ou corticotrofina; hormônios foliculo-estimulante (FSH) e luteinizante (LH); hormônio estimulador da tireoide ou tirotrófina; hormônio antidiurético (ADH) ou vasopressina; e ocitocina.

Agora que você já aprendeu sobre a anatomia e fisiologia dos sistemas circulatório, respiratório, digestório, urinário, reprodutor e endócrino, elabore um quadro com as principais estruturas anatômicas desses sistemas com suas respectivas funções.

Avançando na prática

Aprendendo o sistema endócrino

Descrição da situação-problema

Fernando é aluno de graduação do curso de Ciências Biológicas e está acompanhando uma sala de alunos do ensino fundamental 2, no estágio de docência. Em uma atividade da semana da saúde na escola, um palestrante explicou todo o funcionamento do sistema endócrino. Após a palestra na sala de aula, uma aluna perguntou sobre a divisão da glândula hipófise e quais hormônios ela secreta, pois achou muito interessante o controle hormonal central ser no encéfalo.

Resolução da situação-problema

Fernando deve responder à aluna que a hipófise, também conhecida como glândula pituitária, é uma pequena glândula que se localiza na base do crânio e se comunica com o hipotálamo, com o qual guarda importantes relações anatômicas e funcionais. A hipófise é dividida em lobo anterior (adeno-hipófise) e lobo posterior (neuro-hipófise). A hipófise anterior ou adeno-hipófise secreta os seguintes hormônios: hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), hormônio tireoestimulante (TSH), hormônio de crescimento (GH), hormônio folículo-estimulante (FSH), hormônio luteinizante (LH), prolactina e **melanócito-estimulante (MSH)**. Já a hipófise posterior ou neuro-hipófise secreta apenas dois hormônios, a ocitocina e o antidiurético.

Faça valer a pena

1. Os hormônios gonadotróficos ou sexuais, que entram em atividade no período da pré-adolescência para regerem a vida sexual, agem especificamente sobre as glândulas sexuais, determinando seu crescimento e sua maturação normal. Indiretamente, são responsáveis pelos caracteres sexuais secundários (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

A glândula que produz estes hormônios chama-se hipófise, e os hormônios são:

- a) Adrenocorticotrófico e tireoestimulante.
- b) Glucagon e insulina.
- c) Folículo-estimulante e luteinizante.
- d) Hormônio de crescimento e testosterona.
- e) Estrogênio e insulina.

2. Imagine uma pessoa que está em uma situação de estresse, como um acidente automobilístico, e está preocupada com seus filhos que estão no carro. Se analisarmos o sangue desta pessoa, a qual, conforme a descrição, está em uma situação considerada de perigo ou de emergência, poderemos identificar o aumento de qual hormônio?

Assinale a alternativa que define o hormônio liberado em momentos de grande estresse.

- a) Tiroxina.

- b) Corticotrófico.
- c) Prolactina.
- d) Oxitocina.
- e) Adrenalina.

3. O sistema endócrino é formado por tecidos e glândulas que secretam produtos químicos, os hormônios, os quais são responsáveis por controlar grande parte das funções biológicas. Eles agem em receptores específicos em tecidos-alvo. As glândulas endócrinas secretam esses hormônios, que são conduzidos pela corrente sanguínea.

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) Testículos, tireoide e hipófise.
- b) Pâncreas, hipófise e tireoide.
- c) Tireoide, salivar e adrenal.
- d) Ovários, pâncreas e adrenal.
- e) Pâncreas, adrenal e hipófise.

Referências

- CHEIDA, Luiz Eduardo. **Biologia Integrada**. São Paulo: Ed. FTD, 2002.
- DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar**: para o estudante de Medicina. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1998.
- DUARTE, H. E. **Anatomia Humana**. Florianópolis: DECTI da Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. B. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Saunders, 2006.
- LAROSA, P. R. **Anatomia humana**: texto e atlas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.
- MIELNIK, N.; MIELNIK, S. **Terminologia Anatômica Internacional**. Sociedade Brasileira de Anatomia. Barueri: Manole, 2001.
- NETTER, H. F. **Atlas de Anatomia Humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.
- RIZZO, Donald C. **Fundamentos de Anatomia e Fisiologia**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- SOBOTTA, J.; BECHER, H. **Atlas de Anatomia Humana**. 21. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- VAN DE GRAAF. **Anatomia Humana**. 6. ed. Barueri: Manole, 2003.

ISBN 978-85-522-0528-9



9 788552 205289 >