

Histologia e embriologia comparada

Histologia e embriologia comparada

Paula Araújo Monteiro

© 2017 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

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Alberto S. Santana
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Cristiane Lisandra Danna
Danielly Nunes Andrade Noé
Emanuel Santana
Grasiele Aparecida Lourenço
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Paulo Heraldo Costa do Valle
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Priscila Perez Domingos

Editorial

Adilson Braga Fontes
André Augusto de Andrade Ramos
Cristiane Lisandra Danna
Diogo Ribeiro Garcia
Emanuel Santana
Erick Silva Griep
Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Monteiro, Paula Araujo
M187h Histologia e embriologia comparada / Paula Araujo
Monteiro. – Londrina : Editora e Distribuidora
Educacional S.A., 2017.
200 p.

ISBN 978-85-522-0024-6

1. Histologia. 2. Embriologia humana. I. Título.
CDD 611.018

2017

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 Tecidos: epitelial, conjuntivo, adiposo, cartilaginoso, ósseo, muscular e nervoso de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos	7
Seção 1.1 - Tecidos epitelial e conjuntivo	9
Seção 1.2 - Tecidos adiposo, cartilaginoso, ósseo, muscular e nervoso	24
Seção 1.3 - Métodos de coloração e conservação dos tecidos	41
Unidade 2 Interações celulares e histogênese de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos	59
Seção 2.1 - Sistemas circulatório, linfóide e tegumenta	61
Seção 2.2 - Sistemas digestório, respiratório e urinário	78
Seção 2.3 - Sistema endócrino, reprodutor masculino e feminino e órgãos do sentido	93
Unidade 3 Componentes celulares e moleculares das etapas iniciais do desenvolvimento embrionário	109
Seção 3.1 - Gametogênese feminina e masculina	111
Seção 3.2 - Blastulação, gastrulação e organogênese	126
Seção 3.3 - Desenvolvimento inicial dos vertebrados	139
Unidade 4 Etapas do desenvolvimento inicial embrionário de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos	155
Seção 4.1 - Derivados ectodérmicos, mesodérmicos e endodérmicos	156
Seção 4.2 - Desenvolvimento dos sistemas	170
Seção 4.3 - Teratologia e esquematização de cortes histológicos de embriões	184

Palavras do autor

Prezado aluno, iniciaremos agora a disciplina *Histologia e embriologia comparada* e conheceremos os diferentes tipos de tecidos, as interações celulares, histogênese e os componentes celulares e moleculares envolvidos nas etapas iniciais do desenvolvimento embrionário de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Compreendendo a composição de cada tipo tecidual que formam os diferentes sistemas orgânicos, você terá uma visão biológica global incrível, sabia?

Esta será uma disciplina plena em novos conhecimentos teóricos e práticos. Por isso, direcionado pelo livro didático, acesse os links sugeridos, busque imagens e vídeos na internet e se apaixone cada vez mais por este conteúdo.

Na primeira unidade, estudaremos os tecidos biológicos com suas diferentes células, fibras e substâncias. Também aprenderemos, na teoria e na prática, métodos gerais para o preparo e a visualização de lâminas histológicas. Na segunda unidade, nos aprofundaremos na histologia dos sistemas circulatório, linfóide, tegumentar, digestório, respiratório, urinário, reprodutor, endócrino e órgãos do sentido. Já na terceira unidade, iniciaremos o estudo da embriologia comparada aprendendo sobre a gametogênese feminina e masculina, a fecundação, as etapas de clivagem, blastulação e gastrulação, a organogênese e os anexos embrionários. Abordaremos ainda, as diferenças-chave no desenvolvimento embrionário dos principais grupos de vertebrados e, na quarta unidade, estudaremos os derivados ectodérmicos, mesodérmicos e endodérmicos, aprendendo sobre o desenvolvimento dos diferentes sistemas e as patologias do desenvolvimento estudadas na teratologia.

Ao final das quatro unidades, você será capaz de entender melhor os sistemas, as interações entre os tecidos e compreender as etapas do desenvolvimento de um novo organismo, conhecendo também algumas patologias decorrentes de falhas nessa orquestrada fase da criação de um novo ser.

Vamos embarcar nessa linda viagem pela vida?

Tecidos: epitelial, conjuntivo, adiposo, cartilaginoso, ósseo, muscular e nervoso de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos

Convite ao estudo

À medida que avançamos no estudo dos organismos, a complexidade das interações celulares e moleculares vão se tornando cada vez maiores. Aqui, estudaremos a associação de células que foram se diferenciando em um mesmo sentido e desempenham funções semelhantes. O termo "histo" vem do grego e significa tecido. Portanto, a partir desse momento, nos aprofundaremos no estudo dos tecidos e suas características morfológicas, fisiológicas e classificações. Aplicaremos o conhecimento aprendido em situações reais como o vivido pela estudante de Biologia, Lorena, que faz estágio na área de Ciências Forenses, por isso, seu conhecimento global dos diversos tecidos biológicos é de extrema importância e pode ser determinante na resolução de crimes. Nesse trabalho, Lorena precisará identificar materiais recebidos, fazer relatórios com suas características morfológicas e histofisiológicas e até mesmo auxiliar na identificação do culpado de um crime. Com o ganho de certa experiência, a estudante poderá, ainda, auxiliar colegas nas metodologias práticas histológicas.

Assim como Lorena, ao final desta unidade, você conhecerá muito bem os quatro tecidos biológicos básicos e estará apto a identificá-los na prática. Na Seção 1.1, faremos uma breve introdução sobre a histologia e abordaremos os tecidos epitelial de revestimento, epitelial glandular e conjuntivo com suas células, fibras e substâncias especiais. Na Seção 1.2, trataremos de outros tipos de tecido

conjuntivo: o tecido adiposo, o cartilaginoso e o ósseo. Ainda na mesma seção, estudaremos o tecido muscular e o nervoso. Nossa última seção, a 1.3, será prática. Nela estudaremos procedimentos de preparo de lâminas histológicas, técnicas de coloração, citoquímica, imuno-histoquímica, além de poder visualizar lâminas de tecidos e também estudar as micrografias eletrônicas.

Dizem que todo biólogo é um apaixonado pela vida. Por isso, venha se apaixonar ainda mais e conhecer essa linda ciência, chamada de histologia.

Seção 1.1

Tecidos epitelial e conjuntivo

Diálogo aberto

Assim como na Biologia, muitas áreas necessitam de um conhecimento complexo e aprofundado sobre algumas estruturas. No caso da Ciência Forense não é diferente. Para quem trabalha nesse campo, especialmente quando se trata de análises de amostras orgânicas, ter um conhecimento pleno dos diversos tecidos biológicos é de extrema importância e pode determinar o sucesso na resolução de crimes. Dessa forma, a estudante Lorena enfrenta uma situação que poderá ser vivenciada por você futuramente e, portanto, é fundamental ter um bom embasamento quanto aos conhecimentos em histologia.

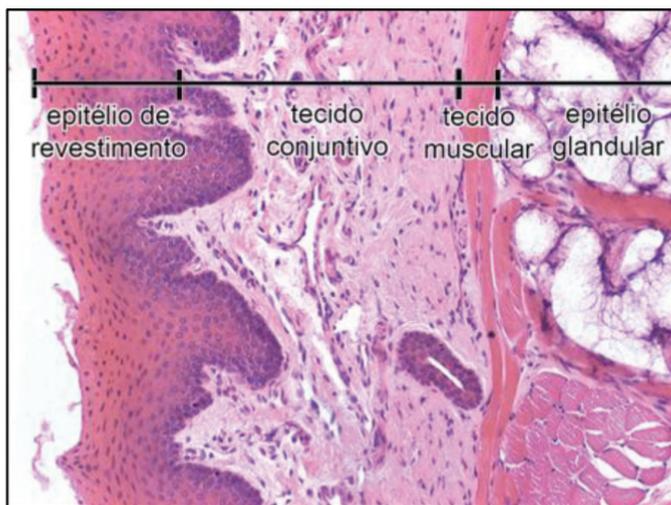
Lorena é aluna do terceiro ano de Ciências Biológicas e é fã de séries de investigação criminal. Inspirada pelos interessantes enredos envolvendo a Ciência Forense, essa jovem estudante candidatou-se a uma vaga de estágio em um departamento da polícia científica de sua cidade. Dentre outras atividades, ela participará da coleta, caracterização e avaliação histológica de materiais encontrados nas cenas de crime. Em sua primeira atividade, o supervisor de Lorena solicitou que ela preparasse adequadamente as lâminas histológicas e as observasse no microscópio. Sua tarefa é listar as estruturas visualizadas em cada lâmina, fazendo uma análise descritiva e comparativa entre os tecidos encontrados em cada uma. Essa primeira etapa do trabalho forense é crucial para o bom andamento da investigação criminal e também para a carreira de Lorena, que pretende trabalhar como bióloga na polícia científica. Infelizmente, a aspirante à cientista forense não foi uma aluna aplicada na disciplina de histologia e, portanto, está com algumas dificuldades para identificar os materiais recebidos e precisará da ajuda dos seus colegas de classe. Sabendo que o material a ser analisado possui uma lâmina contendo tecido com função de revestimento e outra lâmina contendo um tecido que apresenta grande quantidade de substância intercelular,

quais tipos de tecido cada lâmina contém? Quais características morfológicas e histofisiológicas devem ser descritas no relatório a ser entregue por Lorena ao seu supervisor?

Não pode faltar

Um organismo é constituído por quatro tecidos básicos: o **epitelial**, o **conjuntivo**, o **muscular** e o **nervoso**; mas como é possível um organismo inteiro ser formado apenas por quatro tecidos? É a combinação entre esses tecidos e suas diferentes especializações que formarão os órgãos e os sistemas. Esses, por sua vez, permitirão a existência de uma fisiologia orgânica e perfeitamente sincronizada.

Figura 1.1 | Lâmina histológica contendo os quatro tecidos básicos, visualizada em microscopia de luz. Aumento de 20x e coloração feita com hematoxilina e eosina



Fonte: <<https://goo.gl/ljbtMT>>. Acesso em: 12 out. 2016.

Para que possamos compreender os papéis de cada tecido e sistema, mantenha em mente a relação forma/função sempre. É a partir dessa conexão que você compreenderá facilmente a forma das células e as características de cada tecido, relacionando-as com sua função fisiológica. Não tem segredo. Vamos começar?



Tipo de tecido	Principais características	Principais funções
Epitelial	Células poliédricas justapostas com pequena quantidade de matriz extracelular.	Revestimento de superfícies e cavidades, secreção.
Conjuntivo	Células fixas ou móveis com abundosa matriz extracelular.	Apoio, estrutura, coesão e proteção.
Muscular	Células alongadas com moderada quantidade de matriz extracelular.	Contração e movimento.
Nervoso	Células com prolongamentos sem a presença de matriz extracelular.	Geração e transmissão de impulsos nervosos, secreção.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tecido epitelial

Iniciaremos a nossa viagem pelo mundo maravilhoso dos tecidos biológicos começando pelo mais coeso e organizado de todos: o **tecido epitelial**. Os epitélios têm como funções o revestimento de superfícies, a absorção de moléculas, a secreção, a percepção de estímulos e contração (no caso de glândulas mamárias, por exemplo).

As células epiteliais

As células que compõem o tecido epitelial podem variar desde as colunares até as pavimentosas. E, por sua função de revestimento, apresentam-se sempre em justaposição, o que contribui para um tecido com alta coesão. Esse tipo de organização faz com que o formato das células seja poliédrico, ordenadas em folhetos (revestimentos) ou em aglomerados tridimensionais (glândulas).

Os núcleos variam com o formato celular: células cuboides apresentam núcleos ovais e células pavimentosas, núcleos alongados.

Como as células são muito abundantes nos epitélios, é o núcleo que nos dá uma ideia indireta do número de células e de camadas do tecido.

As células epiteliais apresentam três domínios ou polos. O domínio apical está exposto ao lúmen, no caso de órgãos, ou ao ambiente externo, no caso da pele, por exemplo. O domínio lateral está direcionado para as células epiteliais vizinhas, unidas umas às outras pelas junções intercelulares. Portanto, o domínio basal encontra-se associado ao tecido conjuntivo subjacente que apoia o epitélio e a lâmina basal.

Lâmina ou membrana basal

A lâmina ou membrana basal é uma estrutura associada ao tecido conjuntivo que apoia o epitélio e também outros tecidos que entram em contato com o tecido conjuntivo. Além de ter o papel estrutural, essa estrutura influencia na polaridade, na proliferação, na diferenciação, no metabolismo das células e na comunicação entre elas. Os principais componentes da lâmina basal são o colágeno tipo IV, glicoproteínas e proteoglicanos.



Refleta

Muitos autores discordam quanto à utilização do termo **lâmina** ou **membrana** basal. Faça uma breve pesquisa sobre o emprego desses dois termos e discuta com seus colegas.

Junções intercelulares

Especialmente em epitélios sujeitos a grandes forças de tração, como a pele, estruturas que contribuam para a coesão entre as células epiteliais são extremamente importantes. Além da função de **adesão**, as junções celulares ainda apresentam estruturas especiais responsáveis pela **comunicação** entre células ou mesmo pela **vedação** do espaço intercelular. Essas estruturas são formadas por proteínas especializadas como as **caderinas** e as **selectinas** (dependentes de cálcio) e **imunoglobulinas** e **integrinas** (independentes de cálcio).

Especializações de membrana

Uma das células mais conhecidas – até mesmo por leigos em biologia celular – são os espermatozoides, que apresentam um longo e único prolongamento, cuja função é a motilidade. Essa estrutura é chamada de **flagelo**, uma especialização de membrana, e é formada por dois microtúbulos centrais cercados por nove pares de microtúbulos periféricos e, além disso, o flagelo é envolto por membrana plasmática. Mais curtos e em menor número, porém com estrutura semelhante, são os cílios. Em organismos como protozoários, por exemplo, eles são responsáveis pela sua motilidade. Já em alguns órgãos, como a traqueia, essas estruturas formam uma corrente de fluido ou de partículas em uma dada direção na superfície do epitélio.

Pensando na função de absorção de nutrientes pelo intestino delgado, quanto maior é a superfície de contato com o bolo alimentar, melhor é a captação de nutrientes e é exatamente essa a função dos microvilos. Essas projeções da membrana plasmática estão presentes no domínio celular apical e possui em seu interior filamentos de actina e outras proteínas que conferem sua estrutura.



Pesquise mais

Entenda as funções e as estruturas das junções intercelulares e especializações de membranas, consultando o capítulo 4 da seguinte obra:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Conheça também esquemas detalhados e aprenda mais sobre as moléculas e proteínas importantes para essas estruturas no capítulo 1 da obra:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e Biologia celular**: uma introdução à patologia. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Epitélios de revestimento

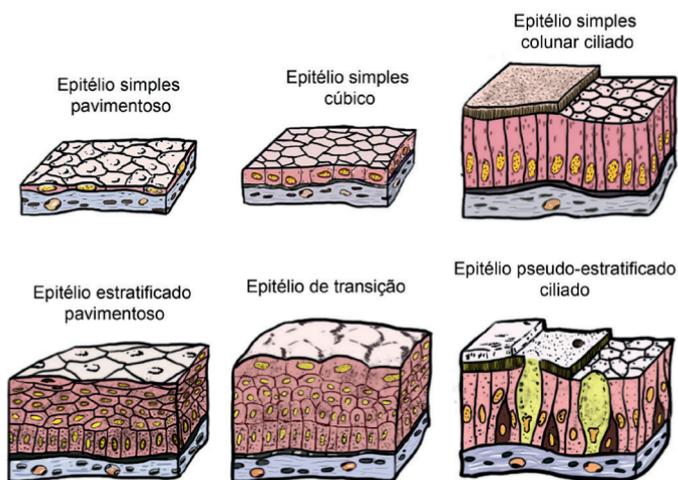
Com a principal função de revestimento de cavidades, superfícies externas ou internas (órgãos), o epitélio de revestimento pode ser classificado de acordo com o número de camadas de células e características morfológicas das células da camada superficial.

Um epitélio classificado como **simples** apresenta apenas uma camada de células, enquanto os epitélios **estratificados** contêm mais de uma camada celular. Quanto à forma das células de sua última camada, são classificados em **pavimentoso**, **cúbico** ou **colunar**. No caso do epitélio estratificado, ele ainda pode ser denominado como de **transição** quando o formato celular pode se alterar com a distensão do tecido (bexiga urinária, por exemplo). Outra classificação dada ao epitélio estratificado, quando esse é pavimentoso, é quanto à presença ou à ausência de queratina, ou seja, **queratinizado** ou **não queratinizado**.



Assimile

Figura 1.2 | Tipos de epitélio



Fonte: adaptada de Junqueira (2005, p. 27).

Quer saber mais detalhes sobre os epitélios? Veja na Tabela 1.1 os tipos mais comuns, com exemplos e funções, e lembre-se de que relacionar forma e função sempre ajuda a entender melhor as estruturas dos tecidos biológicos.

Tabela 1.1 | Tipos de epitélios mais comuns

Número de Camadas de Células	Forma das Células	Exemplos de Localização	Função Principal
Simples (uma camada)	Pavimentoso	Revestimento de vasos (endotélio); revestimento das cavidades pericárdica, pleural, peritoneal (mesotélio).	Facilita o movimento das vísceras (mesotélio); transporte ativo por pinocitose (mesotélio e endotélio); secreção de moléculas biologicamente ativas (endotélio).
	Cúbico	Revestimento externo do ovário, ductos de glândulas, folicúlos tireoidianos.	Revestimento, secreção.
	Prismático ou colunar	Revestimento do intestino, vesícula biliar.	Proteção, lubrificação, absorção, secreção.
Pseudo-estratificado (camadas de células com núcleos em diferentes alturas; nem todas as células alcançam a superfície mas todas se apoiam na lâmina basal)		Revestimento da traquéia, brônquios, cavidade nasal.	Proteção, secreção, transporte mediado por cílios de partículas aderidas ao muco nas passagens aéreas.
Estratificado (duas ou mais camadas)	Pavimentoso queratinizado (seco)	Epiderme.	Proteção, previne perda de água.
	Pavimentoso não queratinizado (úmido)	Boca, esôfago, vagina, canal anal.	Proteção, secreção, previne perda de água.
	Cúbico	Glândulas sudoríparas, folicúlos ovarianos em crescimento.	Proteção, secreção.
	Transição	Bexiga, ureteres, cálices renais.	Proteção, distensibilidade.
	Prismático ou colunar	Membrana conjuntiva do olho.	Proteção.

Fonte: Junqueira e Carneiro (2011, p. 74).

Epitélios glandulares

Para exercer o papel de secreção, células epiteliais se diferenciaram em células especializadas em **sintetizar, armazenar e liberar** substâncias de natureza **proteica, mucosa ou lipídica** . Antes de serem expelidas da célula, essas substâncias ficam armazenadas em pequenas vesículas, os **grânulos de secreção** . Essas vesículas são facilmente visualizadas nas **células calciformes, glândulas unicelulares** presentes no revestimento do intestino delgado.

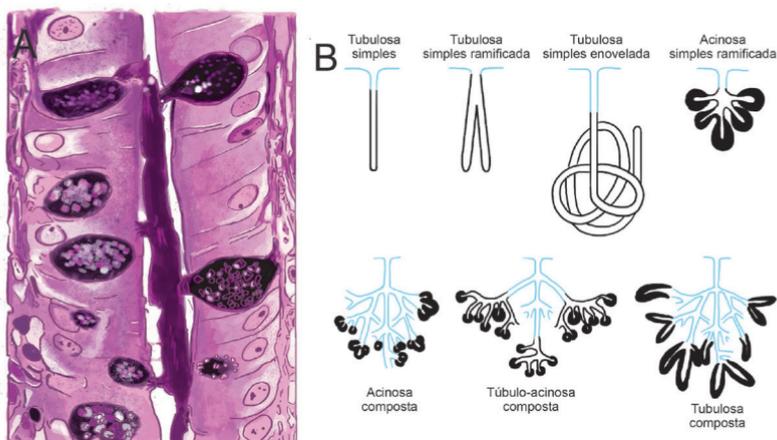
A partir da proliferação de células epiteliais que invadem e se diferenciam do tecido conjuntivo subjacente, surgem as **glândulas multicelulares** . Quando se trata de uma glândula **endócrina** , os ductos são ausentes e as substâncias são secretadas diretamente no

sangue. Já quando a glândula tem função exócrina, o aglomerado de células – a **porção secretora** – é conectado à superfície do corpo ou de uma cavidade pelos **ductos de secreção**. De acordo com as ramificações desses ductos, as glândulas são classificadas em **simples** ou **compostas** e, conforme o formato da porção secretora, são categorizadas em **tubulares**, **enoveladas** ou **acinosas**.

Figura 1.3 | Principais tipos de glândulas exócrinas

A) As setas mostram as células caliciformes do intestino delgado.

B) Principais tipos de glândulas exócrinas com porções tubulares em azul e regiões secretórias em preto.



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 81).

Tecido conjuntivo

Continuando o nosso passeio pelos tecidos biológicos, chegamos a um tecido amplamente distribuído pelo corpo dos vertebrados, o **tecido conjuntivo**. Uma de suas principais características é a baixa densidade de células e a alta concentração de **matriz extracelular (MEC) fibrosa e amorfa**, também chamada de **substância fundamental**. Com essa composição fica fácil de entender as funções **estrutural** e **conectiva** desse tecido, que também desempenha importantes papéis biológicos, como a **reserva de fatores de crescimento**, que controlarão a **proliferação** e a **diferenciação celular**.

Células do tecido conjuntivo

O tecido conjuntivo contém células fixas, como os **fibroblastos** e células transitórias como leucócitos, macrófagos etc. Na Tabela 1.2, há as principais funções das células conjuntivas:

Tabela 1.2 | Principais funções das células conjuntivas

Célula	Características	Funções principais
Fibroblastos	Citoplasma abundante com muitos prolongamentos.	Síntese de moléculas da MEC fibrosa e amorfa, produção de fatores de crescimento.
Macrófagos	Superfície irregular com protruções.	Sistema fagocitário mononuclear com a captura de substâncias estranhas e microrganismos, processamento e apresentação de antígenos.
Mastócitos e basófilos	Globosa, núcleo pequeno e citoplasma com grânulos metacromáticos.	Participação em processos alérgicos, liberação de moléculas ativas.
Plasmócitos	Grande e ovóide com citoplasma basófilo devido à presença de um retículo endoplasmático rugoso bem desenvolvido, núcleo com aspecto de roda de carroça.	Produção de anticorpos e, por isso, abundante em inflamações crônicas.
Linfócitos	Núcleo grande e citoplasma pouco abundante.	Participa da resposta imunológica.
Eosinófilos	Grande com núcleo segmentado e ricos em grânulos citoplasmáticos.	Participação e reações alérgicas, destruição de parasitas.

Adipócitos	Pequeno núcleo e citoplasma tomado em sua maior parte por lipídios de reserva.	Armazenamento de gordura, reserva de energia e produção de calor.
------------	--	---

Fonte: elaborada pelo autor.

Matriz extracelular fibrosa

A resistência do tecido conjuntivo é dada principalmente por fibras proteicas de três tipos: **colágenas** e **reticulares**, formadas por **colágeno**, e as fibras elásticas, constituídas por **elastina**. A distribuição dessas fibras varia com o tipo de tecido conjuntivo.

O **colágeno** é a proteína mais abundante no organismo dos vertebrados, é produzido pelos fibroblastos e seus principais aminoácidos constituintes são a glicina (33,5%), a prolina (12%) e a hidroxiprolina (10%). Existem mais de 20 tipos de colágeno já caracterizados e, de acordo com sua estrutura e função, os colágenos ainda podem ser classificados em: colágenos que formam longas fibrilas, colágenos associados à fibrila, colágeno que forma redes e colágeno de ancoragem.

As **fibras colágenas** clássicas (**colágeno tipo I**) são as mais abundantes no tecido conjuntivo. Você já teve a oportunidade de ver um tendão? A cor branca característica dessa estrutura é devido à cor das fibras colágenas.

Já as **fibras reticulares** são constituídas principalmente por colágeno **tipo III**. São abundantes na musculatura lisa e formam uma rede flexível em órgãos e estruturas sujeitas à mudança de volume ou forma como baço, útero, artérias etc.

Por fim, as **fibras elásticas** são formadas por **microfibrilas** seguidas da deposição da proteína **elastina**. As diferentes proporções de microfibrilas e elastina determinarão características morfofuncionais variáveis necessárias para as diferentes necessidades do tecido conjuntivo.



Quais são os principais tipos de colágenos? Que estrutura formam?
Quais são as suas respectivas localizações e funções?

Matriz extracelular amorfa ou substância fundamental

Essa matriz aquosa se encontra entremeada no espaço intercelular do tecido conjuntivo e tem a função de lubrificar e criar uma barreira para a penetração de microrganismos. Os componentes dessa mistura incolor e transparente são os **glicosaminoglicanos (GAGs)**, polímeros de unidades dissacarídicas compostas de **ácido urônico** e de uma **hexosamina**, **proteoglicanos**, composto de uma proteína central ao qual se ligam covalentemente os GAGs e as **glicoproteínas multiadesivas** como as **fibronectinas**, **laminina** etc. Esses componentes podem ser de diferentes tipos de acordo com o tecido ou o órgão no qual estão.



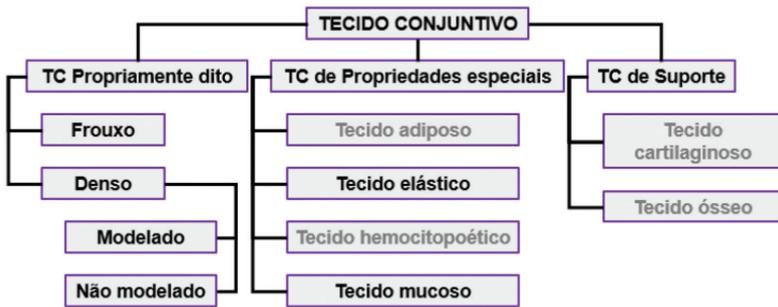
Para detalhar seus conhecimentos sobre os componentes da MEC, consulte o capítulo 5 da obra:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Se você quer ter uma visão mais molecular, mais aprofundada e ter acesso a muitos esquemas e figuras explicativas, não deixe de estudar o capítulo 4 da obra:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e Biologia celular**: uma introdução à patologia. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Os tipos de tecidos conjuntivos



Fonte: adaptado de Junqueira e Carneiro (2011, p. 119).

O **tecido conjuntivo frouxo** tem quantidade moderada de células e MEC. É flexível, mas não muito resistente a trações, é bem vascularizado, preenche os espaços entre células musculares, suporta células epiteliais e forma camadas em torno dos vasos sanguíneos. De forma oposta, o **tecido conjuntivo denso** é menos flexível e mais resistente às forças de tensão, isso graças à predominância de fibras colágenas. Quando essas fibras não apresentam uma orientação definida, essa trama tridimensional é chamada de tecido conjuntivo denso **não modelado** e é encontrado na derme profunda. Quando as fibras colágenas estão orientadas em uma direção, o tecido conjuntivo denso é classificado em **modelado** e, por apresentar resistência às forças de tração em um determinado sentido, é o tecido formador dos tendões. O tecido elástico é composto por feixes grossos e paralelos de fibras elásticas e está presente em artérias elásticas, nos ligamentos amarelos da coluna vertebral, nas cordas vocais e no ligamento suspensor do pênis. O **tecido conjuntivo de suporte** (ou reticular) forma uma rede tridimensional que envolve órgãos linfoides e hematopoiéticos. Nesse tipo de tecido, as fibras e os fibroblastos especializados formam um arranjo semelhante a uma esponja dentro da qual células e fluidos podem se mover livremente.

Você já viu um cordão umbilical? Aquela textura “gosmenta” é formada de **tecido conjuntivo** mucoso com a predominância de MEC amorfa e pouca concentração de fibras.

Nas próximas seções, abordaremos os tipos faltantes de tecido conjuntivo.



Acesse o site *Microscópio Virtual*, da UNICAMP, e veja diversas lâminas de tecidos biológicos.

Disponível em: <<http://www.mv.ib.unicamp.br/mv/visualizarMaterial.php?idMaterial=808>>. Acesso em: 19 out. 2016. Veja também o site *Microscopia Online*, da USP, e estude conteúdos de histologia de forma interativa e muito bem ilustrada.

Disponível em: <<http://www.icb.usp.br/mol/0-2.html>>. Acesso em: 19 out. 2016.

Sem medo de errar

Agora que você já conhece as estruturas presentes nos epitélios e no tecido conjuntivo, vamos ajudar Lorena?

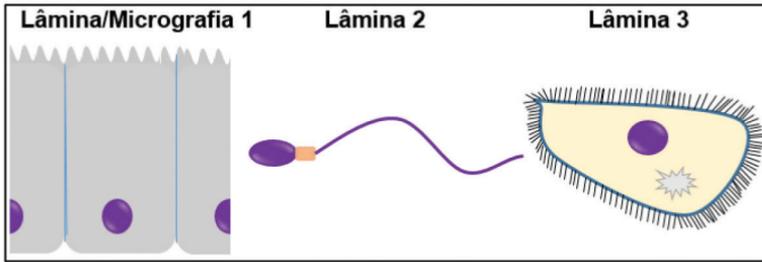
Avançando na prática

Reconhecendo as especializações de membranas

Descrição da situação-problema

Um grupo da faculdade de Lorena está fazendo um trabalho sobre especializações de membrana. Sabendo que Lorena está se tornando uma expert em histologia, seus colegas pediram sua ajuda para identificar as estruturas que visualizaram no microscópio e em micrografias eletrônicas que receberam do professor. Além disso, os alunos também precisam dar exemplos de órgãos, estruturas ou organismos que apresentam essas especializações. A seguir, o esquema das imagens que os alunos visualizaram:

Figura 1.4 | Esquema de visualização



Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

A estrutura presente nas células da primeira lâmina e também visualizada na micrografia eletrônica são as **microvilosidades**, importantes para aumentar a superfície de epitélios com função de absorção, como o epitélio intestinal, por exemplo. Já a segunda lâmina contém espermatozoides com a presença de milhares de espermatozoides. A especialização de membrana apresentada por esse tipo de gameta é o **flagelo** e tem a função de motilidade. Também podemos encontrar essa estrutura em alguns protozoários como o *Trypanossoma cruzi*. Por falar em protozoários, a terceira lâmina possui o paramecílio, um microrganismo de vida livre de alta motilidade graças à presença dos **cílios**. Essa estrutura também pode ser encontrada em células epiteliais da traqueia, cuja função é criar uma corrente de fluidos ou partículas em uma determinada direção.

Faça valer a pena

1. Em histologia, as características dos tecidos são utilizadas em um sistema classificatório. Nele, os tecidos são classificados de acordo com o tipo, número e formato de suas células, presença de substâncias, estruturas especializadas e função do tecido propriamente dito.

O tecido _____ contém células justapostas e formam uma camada de alta _____. De acordo com o número de camadas, esse tecido pode ser classificado em _____, _____ ou _____ e, de acordo com o formato das células de sua última camada, pode ainda ser do tipo _____, _____, _____ ou _____ com ou sem camada de _____.

Assinale a alternativa com as palavras que completam as lacunas em branco:

a) Epitelial de revestimento; coesão; simples; pseudoestratificado ou estratificado; de transição; cúbico; colunar ou pavimentoso; queratina.

b) Epitelial glandular; secreção; simples; composto ou misto; de transição; cúbico; colunar ou pavimentoso; gordura.

c) Conjuntivo; matriz extracelular; simples; pseudoestratificado ou estratificado; tubular; ramificada; acinosa ou mista; fibras.

d) Epitelial de revestimento; vascularização; simples; composto ou misto; de transição; cúbico; colunar ou pavimentoso; queratina.

e) Conjuntivo mucoso; coesão; simples; pseudoestratificado ou estratificado; de transição; cúbico; colunar ou pavimentoso; fibroblastos.

2. O epitélio glandular pode apresentar diferentes configurações estruturais. Com relação ao número de células, pode ser unicelulares ou multicelulares.

É exemplo de glândula unicelular:

a) Célula caliciforme.

b) Célula neuronal.

c) Fibroblasto.

d) Célula taciforme.

e) Macrófago.

3. O tecido conjuntivo é caracterizado essencialmente por uma baixa densidade de _____ e alta concentração de _____. Essa última pode ser do tipo _____ (rica em fibras colágenas, reticulares ou elásticas) ou _____ (constituída por GAGs, proteoglicanos e proteínas multiadesivas).

Assinale a alternativa com as palavras que completam as lacunas em branco:

a) Células; matriz extracelular; fibrosa; amorfa.

b) Matriz extracelular; células; fibrosa; amorfa.

c) Matriz extracelular; neurônios; fibrosa; amorfa.

d) Células; matriz extracelular; glandular; epitelial.

e) Células; matriz extracelular; fibrosa; colágena.

Seção 1.2

Tecidos adiposo, cartilaginoso, ósseo, muscular e nervoso

Diálogo aberto

O departamento de ciências forenses onde a estudante de Biologia Lorena estagia tem um novo caso para resolver. Uma casa acaba de ser assaltada na cidade e a vítima afirma ter visto um homem pulando o muro e carregando sua TV. Ao mesmo tempo que a equipe de investigação científica foi designada para buscar as provas encontradas na cena do crime, dois homens suspeitos de terem assaltado a residência foram detidos pela polícia. O suspeito A apresenta uma escoriação superficial no joelho direito e o suspeito B, um corte profundo em seu antebraço esquerdo. Ao inspecionar o muro da casa à procura de pistas, Lorena encontra bastante sangue e um pequeno pedaço de material biológico e o leva para o laboratório. A fim de ganhar pontos com seu supervisor, a jovem estudante pretende obter algum dado investigativo relevante antes mesmo do setor que analisa amostras de DNA. Após a análise do material, Lorena descreveu o tecido biológico encontrado na cena do crime como: “tecido composto principalmente por células filamentosas alongadas, multinucleadas, ricas em mitocôndrias e em microfilamentos proteicos”. De acordo com o relato de Lorena, qual o tecido biológico recolhido na cena do crime? Considerando as lesões corporais observadas nos dois suspeitos e as análises histológicas feitas pela jovem estudante, qual dos dois homens apreendidos seria o ladrão? Quais outras características desse tecido também podem ser incluídas no relatório de Lorena? Muito satisfeito com o eficiente trabalho da jovem estagiária, seu supervisor solicitou que ela fizesse um relatório comparativo dos tecidos adiposo, cartilaginoso e ósseo e o apresentasse aos seus colegas estagiários. Quais principais diferenças entre esses tecidos Lorena deve destacar em sua apresentação?

Não pode faltar

Agora que já sabemos as características dos tecidos epiteliais e os primeiros tipos de tecido conjuntivo, está na hora de aprofundarmos ainda mais na histologia. Nesta seção, abordaremos outras categorias de tecido conjuntivo, os tecidos adiposo, cartilaginoso e ósseo, e também os tecidos muscular e nervoso.

Tecido adiposo

Sabe quando exageramos na comilança e acumulamos aquelas “gordurinhas”? Elas formam o famoso tecido adiposo, que representa a principal reserva de energia corporal, modela a superfície do corpo (dando as diferentes formas do corpo entre homens e mulheres, por exemplo), forma os coxins nos pés e nas mãos de diferentes animais, auxilia no isolamento térmico do organismo e preenche os espaços entre órgãos e outros tecidos, protegendo-os e mantendo-os em seus lugares. Esse tipo especial de tecido conjuntivo apresenta predominantemente células especializadas em armazenar gordura na forma de triglicerídeos, os **adipócitos**. Quando o tecido é formado por adipócitos, contendo apenas uma única grande gota de lipídio, ele é chamado de **tecido adiposo unilocular** (gordura branca). Já quando existem várias pequenas gotículas no citoplasma do adipócito, esse constitui o **tecido adiposo multilocular** (gordura parda).



Assimile

Assimile a estrutura dos adipócitos, consulte fotomicrografias e verifique a localização corporal do tecido adiposo multilocular em um bebê observando as Figuras 6.3, 6.4 e 6.5, na página 127 da obra:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Os **adipócitos uniloculares** são células que derivaram dos **lipoblastos**, células mesenquimais similares aos fibroblastos que foram acumulando pequenas gotículas lipídicas no citoplasma e que, posteriormente, fundiram-se em uma só gota. A gordura branca formada por esses adipócitos (que na verdade varia do branco ao

amarelo, dependendo da dieta) representa a maior parte do tecido adiposo presente dos adultos. Esse tecido contém divisórias de tecido conjuntivo com **nervos** e uma **alta vascularização**.

Já os **adipócitos multiloculares** formam o tecido adiposo multilocular, **parda** devido à alta vascularização e às mitocôndrias abundantes de cor avermelhada.

Você já ouviu falar em animais que passam longos períodos em hibernação? Como é possível ficar tanto tempo sem se alimentar adequadamente? A palavra-chave é **termorregulação**. O tecido multilocular tem como principal função a produção de calor. Isso graças à **termogenina**, uma proteína presente na membrana interna de suas numerosas mitocôndrias, que faz com que a energia gerada pelo fluxo de elétrons seja dissipada na forma de calor em vez de produzir ATP (adenosina trifosfato). Nos bebês, esse tecido apresenta localização específica e protege o recém-nascido do frio. Esse tecido não cresce, portanto, é muito reduzido em adultos.

Tecido cartilaginoso

De consistência firme, o tecido cartilaginoso é um tipo especial de tecido conjuntivo que confere rigidez ao corpo dos vertebrados. Além da função estrutural em tecidos moles e proteção mecânica revestindo superfícies articulares, a cartilagem é a base da formação e do crescimento dos ossos longos. É caracterizada pela matriz extracelular (MEC) abundante e pela ausência de vasos sanguíneos, vasos linfáticos e nervos. Porém, então como esse tecido se nutre? Com exceção da cartilagem fibrosa e daquela presente nas articulações, as cartilagens apresentam-se envolvidas por uma fina camada conjuntiva, o pericôndrio, que contém vascularização sanguínea e linfática e enervação. Especializados na produção de MEC, os condrócitos do tecido cartilaginoso podem ser observados ocupando as chamadas lacunas na matriz desse tecido.

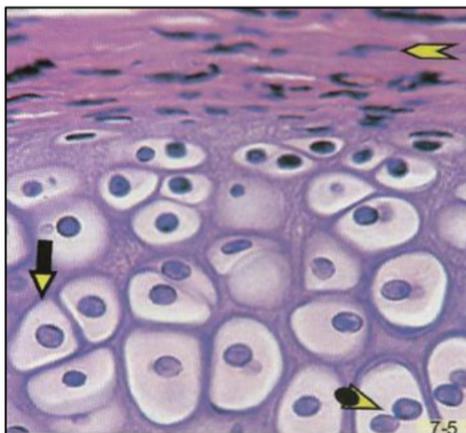
Como sempre, devemos manter em mente a relação forma-função, pois a função e a localização da cartilagem determinará a sua constituição descrita a seguir.

Cartilagem hialina ou tecido cartilaginoso hialino

Você já viu uma coxa de frango, certo? Aquela porção branca na extremidade do osso é uma cartilagem hialina, responsável pelo primeiro esqueleto dos embriões e, posteriormente, é substituída pelo esqueleto ósseo (nos vertebrados ósseos). Nos ossos longos, o **disco epifisário**, formado por esse tipo de tecido hialino, permitirá o seu crescimento em extensão. Na cartilagem em si, o crescimento se dá por dois processos: o **crescimento intersticial**, no qual os condrócitos ali presentes se dividem por mitose e o crescimento aposicional a partir de células do pericôndrio, os **condroblastos** que se tornarão novos condrócitos. Os componentes orgânicos dessa cartilagem são fibrilas de colágeno (tipo II), ácido hialurônico, proteoglicanos hidratados e glicoproteínas.

Figura 1.5 | Cartilagem hialina

Podemos ver o pericôndrio (), condrócitos mononucleados () e condrócitos binucleados () originados de um mesmo condroblasto. Coloração por hematoxilina e eosina (HE).



Fonte: adaptada de Junqueira (2005, p. 55).



Refleta

Os condrócitos se diferenciam a partir de células morfologicamente semelhantes aos fibroblastos, os **condroblastos** presentes na periferia

da cartilagem (pericôndrio). Sabendo que os condrócitos secretam os componentes da abundante MEC característica do tecido cartilaginoso, é possível identificar dentro da mesma cartilagem regiões mais “antigas” de acordo com a “distância” entre os condrócitos, ou seja, segundo a quantidade de MEC produzida.

Verifique as figuras explicativas desse tema no capítulo 7 da obra:

JUNQUEIRA, L. C. **Biologia estrutural dos tecidos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

Cartilagem elástica ou tecido cartilaginoso elástico

Quem nunca fez aquela brincadeira de puxar a orelha do colega quando era seu aniversário? Pois a flexibilidade do chamado pavilhão auditivo é dada pela presença da cartilagem elástica, constituída por fibrilas de colágeno também do tipo II e fibras elásticas ricas em elastina. Por meio do pericôndrio, o crescimento dessa cartilagem é dado principalmente por aposição.

Cartilagem fibrosa ou tecido cartilaginoso fibroso

Conhecido como **fibrocartilagem**, esse tecido não apresenta pericôndrio e está sempre associado ao tecido conjuntivo denso, sendo dificultosa a diferenciação do limite entre os dois. Esse tecido também apresenta características constituintes e funcionais semelhantes às da cartilagem hialina. Por isso, a fibrocartilagem pode ser encontrada revestindo articulações, nos discos intervertebrais e nos pontos em que tendões e ligamentos se inserem nos ossos. Ao microscópio, os condrócitos estão organizados em fileiras paralelas aos feixes de fibras colágenas.



Pesquise mais

Compare as diferenças entre os três tipos de tecido cartilaginoso no quadro explicativo da página 247 da obra:

EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e**

embriologia humanas: bases celulares e moleculares. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

Não deixe de estudar os incríveis esquemas histológicos do capítulo 7, da obra:

JUNQUEIRA L. C.; CARNEIRO J. **Histologia básica.** 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Tecido ósseo

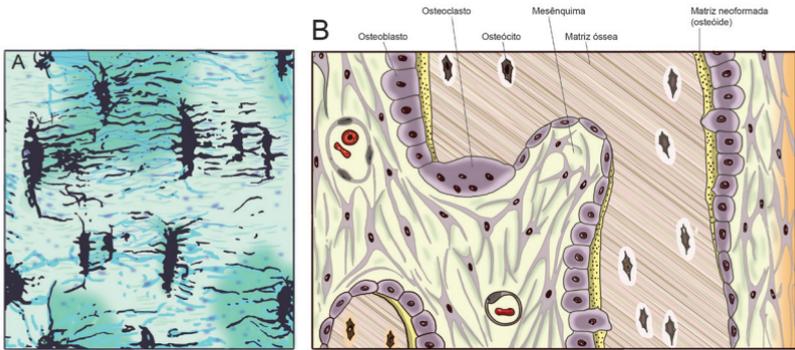
O tecido ósseo constitui o principal componente do esqueleto e sua função vai muito além do suporte estrutural do corpo. Ele apoia os tecidos moles e protege os órgãos vitais, especialmente tratando-se do crânio, da caixa torácica e da medula espinhal. Além disso, é dentro de alguns ossos especiais que se encontra a vital medula óssea, em que as células sanguíneas nascem. Esse tecido ancora músculos e tendões e, por meio do sistema de alavancas, permite a realização dos movimentos. Outra importante função desse tecido é a reserva de íons como cálcio e fosfato que, com a matéria orgânica secretada por células especializadas, formam a **matriz óssea**. A nutrição desse tecido é dada externamente pelo **periósteo** e internamente pelo **endósteo**. As células especializadas desse tecido estão descritas a seguir.

Os **osteócitos** são células amendoadas que se originaram dos osteoblastos e estão localizadas em lacunas dentro da matriz óssea. Comunicam-se entre si e entre células da superfície óssea por meio de prolongamentos citoplasmáticos que formam pequenos **canalículos** dentro da matriz. Essa rede de comunicação é essencial para o intercâmbio de moléculas entre osteócitos e o sangue dos capilares do periósteo e do endósteo e também para transdução de sinais biomecânicos que levam à troca e à remodelação óssea. Essas células produzem condroitim sulfato, queratan sulfato e ácido hialurônico que compõem a MEC óssea.

Figura 1.6 | Estruturas e células do tecido ósseo.

a) Fotomicrografia de tecido ósseo com tratamento histológico que permite ver as lacunas e os canalículos, em cores escuras.

b) Esquema de células do tecido ósseo e ossificação.



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 136).

A organização dos **osteoblastos** tem aparência de epitélio simples que recobre locais ativos de formação óssea. Sintetizam colágeno (tipo I), proteoglicanos e glicoproteínas da matriz óssea orgânica. Quando a matriz óssea é recém-formada, ela leva o nome de **osteóide** e representa a **matriz orgânica não-mineralizada do tecido ósseo**. À medida que o osteoblasto vai sendo “aprisionado” pela matriz produzida, ele vai diminuindo sua atividade sintética e muda sua morfologia, passando a ser chamado de osteócito.

Já os **osteoclastos** têm origem, forma e função completamente diferentes. São originados a partir da fusão de macrófagos que chegaram no tecido ósseo através da circulação sanguínea. Apresentam-se como células enormes, móveis, multinucleadas e dotadas de muitas ramificações. A principal função dessas células é manter um adequado teor de cálcio no sangue e, para isso, é preciso um mecanismo de digestão e reabsorção óssea local. Esse processo ocorre por meio da geração de um microambiente ácido fechado ao redor do osteoclasto, que, por sua vez, secreta ácido (H⁺), colagenase e outras hidrolases, que irão digerir a matriz orgânica e dissolver os cristais de cálcio. Esse processo é orquestrado por citocinas e hormônios.



Exemplificando

Quando os osteoclastos apresentam exacerbada atividade, pode ocorrer a chamada osteoporose. Nessa patologia, há um desbalanço entre absorção e reabsorção óssea, deixando os ossos estruturalmente enfraquecidos e facilitando a ocorrência de traumatismos ósseos.

Se você já teve oportunidade de ver um osso serrado, você pôde verificar **macroscopicamente** duas porções bem distintas: uma sem cavidades visíveis (**osso compacto**) e outra com cavidades (**osso esponjoso**). **Ossos longos** possuem suas extremidades (epífises) ricas em osso esponjoso e a parte central cilíndrica (**diáfise**) composta predominantemente por osso compacto. **Ossos curtos** possuem osso esponjoso no centro recoberto por osso compacto e os **ossos chatos**, como os do crânio, apresentam um sanduíche em que os “pães” são camadas de osso compacto e o “recheio” é formado por osso esponjoso. As cavidades do osso esponjoso e o canal interno da diáfise são preenchidos com a **medula óssea**. Já, **microscopicamente**, podemos classificar o tecido ósseo em primário, cuja organização das fibras colágenas não é definida, e **secundário**, cujas fibras colágenas estão organizadas.



Pesquise mais

Para saber detalhes da histogênese óssea, conhecer os processos de ossificação, crescimento e remodelação dos ossos, consulte o capítulo 8 da obra:

JUNQUEIRA L. C.; CARNEIRO J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Na Figura 8.6 da página 138 do mesmo capítulo, você poderá visualizar o esquema estrutural da diáfise de ossos longos e compreender melhor a localização de cada região do tecido ósseo.

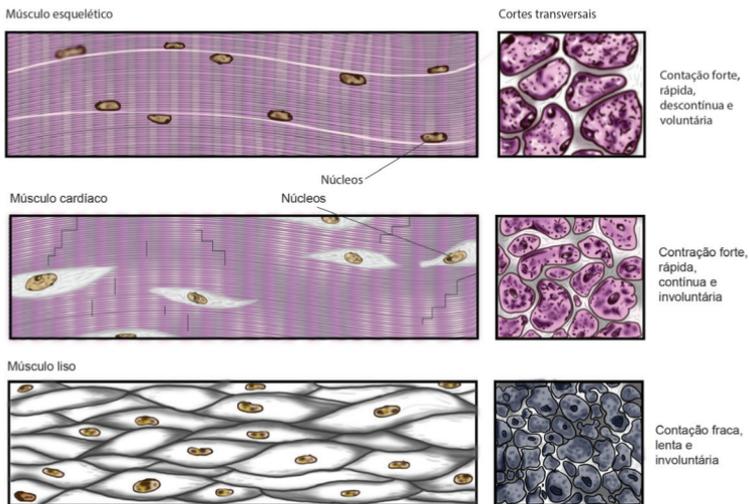
Aprofunde-se ainda mais nesse tema estudando os esquemas super detalhados do capítulo 5 da obra:

Tecido muscular

O tecido muscular é formado por células especializadas em utilizar força para gerar trabalho, que apresentam morfologia alongada e são ricas em proteínas contráteis que utilizam energia contida nos ATPs para gerar força necessária para a contração muscular. Cada tipo de tecido muscular realiza um tipo específico de trabalho e, de acordo com sua morfologia e funcionalidade, são classificados em **músculo estriado esquelético**, **músculo estriado cardíaco** e **músculo liso**.

Figura 1.7 | Estrutura dos três tipos de tecido muscular

Cortes longitudinais à esquerda e cortes transversais à direita.



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 182).

Músculo estriado esquelético

Esse tecido é formado pelas **miofibrilas** que se caracterizam por ser células muito longas, multinucleadas e que contêm muitas

mitocôndrias e muitos filamentos proteicos. Essas fibras são organizadas em **feixes** envolvidos por tecido conjuntivo e que, por sua vez, organizam-se nas **fibras** musculares. Essa composição faz com que a soma das forças de cada unidade celular seja convertida em movimento do músculo como um todo. É também através da rede de tecido conjuntivo que entremeia as fibras que o músculo recebe rica vascularização e inervação e, no microscópio, é possível observar nesse tipo de musculatura linhas estriadas características. Elas representam repetições de **unidades morfofuncionais** chamadas de **sarcômeros**, formados por **filamentos finos** (actina) e **grossos** (miosina). A interação actina-miosina com outras proteínas (**tropomiosina e troponina**), íons e ATP permite o processo de contração muscular.



Exemplificando

Para entender o processo de contração muscular, acesse os vídeos explicativos:

KHAN ACADEMY EM PORTUGUÊS. **Miosina e actina**. Disponível em: <<https://goo.gl/WIXgFx>>. Acesso em: 30 out. 2016.

UMPORCENTOEDFISICA. **A contração muscular (Parte 2 de 4)**. Disponível em: <<https://goo.gl/1tEZmi>>. Acesso em: 30 out. 2016.

Músculo estriado cardíaco

Esse tecido apresenta características em comum com o músculo esquelético, no entanto, suas células são ramificadas apresentando apenas um ou dois núcleos centrais. Uma característica exclusiva desse tecido é a presença dos **discos intercalares** que aparecem como “escadas” ao microscópio. Eles são complexos juncionais intercelulares essenciais para a continuidade iônica entre as células musculares cardíacas, permitindo, assim, que o sinal para a contração do músculo passe como uma onda, gerando os batimentos cardíacos sincronizados.

Músculo liso

As células musculares lisas são fusiformes e apresentam núcleo único e central e, como o nome já indica, não têm estriações. As

células são envoltas por lâmina basal e mantidas unidas por uma rede de **fibras reticulares**. O encurtamento dessas fibras ligadas a pontos específicos da membrana citoplasmática proporcionará a contração da célula e do tecido como um todo. Agora, você já imaginou se tivéssemos que, voluntariamente, pensar nos movimentos necessários para movimentar o bolo alimentar através do nosso sistema digestório? Nós não precisamos nos preocupar com isso, graças ao nosso sistema nervoso autônomo. Por meio de uma série de estímulos, ele coordena os movimentos da musculatura lisa associada a diversos órgãos, o que mantém a fisiologia corporal funcionando perfeitamente sem nem mesmo notarmos.

Tecido nervoso

O tecido nervoso forma o **sistema nervoso central** (encéfalo, sistema fotorreceptor e medula espinhal protegida pelo tecido ósseo em vertebrados) e **periférico** (nervos e gânglios nervosos). As principais células componentes desses sistemas são os **neurônios** e as **células** da glia.

Neurônios

São células especializadas na **recepção, transmissão e processamento de estímulos**. De modo geral, apresentam três componentes: **corpo celular, dendritos e axônios**. O corpo celular representa o citoplasma contendo o núcleo com cromossomos distendidos devido à sua alta atividade sintética. Apresenta retículo endoplasmático rugoso bem desenvolvido e neurofilamentos (filamentos intermediários) abundantes, devido à ativa síntese e transporte de vesículas intracelulares. Os dendritos são prolongamentos do corpo celular especializados em receber estímulos do meio e de outras células e o axônio é um único prolongamento citoplasmático revestido por uma estrutura lipídica isolante, conhecida como **bainha de mielina**, que permite a função de transmitir impulsos a outras células.



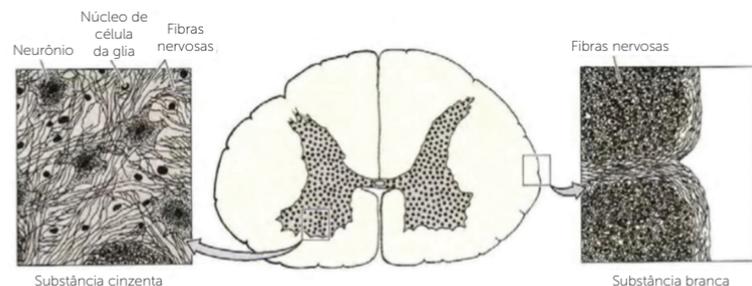
Exemplificando

Por que fala-se do cérebro como massa cinzenta?

Quando cortados, tanto o cérebro, quanto o cerebelo, apresentam uma região branca central e uma região cinza superficial. A substância branca é constituída por axônios mielinizados e a substância cinza pelos corpos

neuronal, dendritos e células da glia. Lembre-se de que na medula a disposição dessas duas regiões é oposta, como mostra a figura a seguir.

Figura 1.8 | Corte transversal da medula espinhal (centro) com a estrutura da substância cinzenta (esquerda) e da substância branca (direita)



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 167).

Células da Glia

São células que dão suporte para que os neurônios desempenhem adequadamente suas funções. São elas: os **oligodendrócitos** e as **células de Schwann** (produtoras da bainha de mielina), **astrócitos** (dão sustentação aos neurônios e regulam algumas atividades), as **células endodimárias** (revestem ventrículos do cérebro e canal central da medula espinhal) e a **microglia** (fagócitos do sistema nervoso central).



Pesquise mais

Aprofunde-se no tecido nervoso e nos componentes dos sistemas nervoso central e periférico, consultando o capítulo 8 da obra:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e Biologia celular**: uma introdução à patologia. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Estude também os capítulos 6, 7, 8, 9 e 10 da obra:

JUNQUEIRA L.C.; CARNEIRO J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Acesse sites de lâminas histológicas como:

- Laboratório de imagem biológica. Disponível em: <<http://www.histo.ufrj.br/LIB/>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- Histologia Geral. Disponível em: <<http://www.iceb.ufop.br/histologia/>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- Histologia II. Disponível em: <http://www.histologia2.ufba.br/tec_nervoso.html>. Acesso em: 30 out. 2016.

Sem medo de errar

Para ajudar a resolver o crime, Lorena deve se lembrar dos ferimentos observados nos dois suspeitos e relacioná-los às características do tecido encontrado na cena do crime. Recordando-se de que, após a análise do material, Lorena descreveu o tecido biológico encontrado como: “tecido composto principalmente por células filamentosas alongadas, multinucleadas, ricas em mitocôndrias e em microfilamentos proteicos”. Pensando em todas as características dos tecidos estudados nesta seção, você é capaz de relacionar os dados fornecidos por Lorena a algum deles?

Essas informações são compatíveis com as apresentadas por células da **musculatura esquelética estriada**. Além dos dados descritos por Lorena, esse tecido apresenta linhas estriadas características, os **sarcômeros**, formados por **filamentos finos** (actina) e **grossos** (miosina). Sabemos que, no joelho, uma escoriação superficial não seria o suficiente para atingir a musculatura, certo? Já um corte profundo no antebraço seria capaz de lesionar o músculo ali presente. Dessa forma, é elementar. O ladrão é o suspeito B que apresentou um corte profundo no antebraço esquerdo.

Lorena foi muito dedicada nesse caso e, como forma de reconhecimento, seu supervisor solicitou que ela fizesse uma apresentação dos tecidos adiposo, cartilaginoso e ósseo aos seus colegas. Em sua fala, a jovem deve destacar as principais diferenças entre esses tecidos e, para isso, Lorena produziu a seguinte tabela:

Tecido	Adiposo	Cartilagi- noso	Ósseo	Muscular	Nervoso
Tipo	Unilocular e Multilocular.	Hialino, elástico e fibroso.	Compacto e esponjoso.	Estriado esquelético, estriado cardíaco e liso.	
Localização	Variada entre gêneros, coxins das mãos e pés, entremendo órgãos etc.	Superfícies articulares, orelha, discos intervertebrais, tendões, ligamentos etc.	Esqueleto	Corpo todo	Sistema nervoso central e sistema nervoso periférico.
Função	Reserva de energia, proteção dos órgãos, isolamento térmico.	Estrutural em tecidos moles, proteção mecânica, formação e crescimento de ossos longos etc.	Suporte estrutural corporal, proteção aos órgãos vitais, ancoramento de músculos e tendões, reserva de íons e contém a medula óssea.	Movimento de membros com diversas finalizadas, bombeamento sanguíneo (coração) e movimentos comandados pelo sistema nervoso autônomo, como o peristaltismo, a respiração etc.	Geração, recepção, transmissão e processamento de estímulos.

Células especializadas	Adipócitos	Condroblastos e condrócitos.	Osteoblastos, osteócitos e osteoclastos.	Miofibrilas	Neurônios e células da glia.
------------------------	------------	------------------------------	--	-------------	------------------------------

Avançando na prática

Identificando mais uma pista

Descrição da situação-problema

Há muito tempo um crime ficou sem solução e um material que acaba de ser encontrado pode ser a peça final para resolver esse quebra-cabeças. Tudo dependerá da avaliação de um pedaço de tecido que foi encontrado na casa de um suspeito. Esse tecido é esbranquiçado, rígido e achatado. Macroscopicamente, ao analisar um corte transversal, observamos a seguinte estrutura:



Fonte: elaborada pelo autor.

Qual é esse tipo de tecido? De qual local do corpo humano ele pode ter sido retirado? Quais os nomes dados às regiões A e B?

Sabendo que a peça faltante para a resolução do crime em questão é um pedaço do crânio da vítima, a investigação está no caminho certo?

Resolução da situação-problema

O tipo de tecido em questão é o tecido ósseo. A região A

corresponde ao osso compacto e a região B representa o osso esponjoso. Por sua característica achatada, é possível afirmar que se trata de um osso chato característico da caixa craniana. Dessa forma, conclui-se que a investigação está no caminho certo.

Faça valer a pena

1. O tecido adiposo é usado para obter energia quando há escassez de alimentos ou como isolante térmico nos animais endotérmicos.

Qual é a substância presente em abundância nos adipócitos?

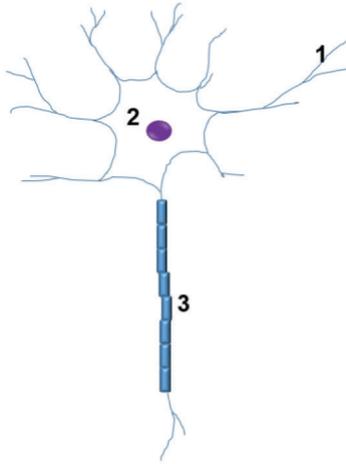
- a) Lipídios.
- b) Proteínas.
- c) Vitaminas.
- d) Carboidratos.
- e) Colesterol.

2. Evolutivamente, o tecido cartilaginoso surgiu inicialmente nos peixes. Com a marcante característica de possuir abundante matriz extracelular (MEC), esse tecido não apresenta vascularização sanguínea e linfática e também não é dotada de enervação. Outro tipo de tecido conjuntivo, o tecido ósseo, também não apresenta vascularização.

Quais são as estruturas responsáveis pela nutrição tecidual das cartilagens e dos ossos?

- a) Pericôndrio no tecido cartilaginoso e periósteo e endósteo no tecido ósseo.
- b) Pericôndrio no tecido ósseo e endósteo no tecido cartilaginoso.
- c) Vasos sanguíneos no tecido cartilaginoso e vasos linfáticos no tecido ósseo.
- d) Vasos linfáticos no tecido ósseo e nervos no tecido cartilaginoso.
- e) Vasos sanguíneos e linfáticos encontrados nos dois tipos de tecidos.

3. Os componentes do neurônio representado abaixo estão numerados de 1 a 3.



Fonte: elaborada pelo autor.

Qual alternativa indica corretamente as estruturas numeradas e suas respectivas funções principais?

- a) Dendritos (recepção de estímulos), corpo celular (atividade sintética) e axônio (transmissão de estímulos).
- b) Núcleo (recepção de estímulos), citoplasma (atividade sintética) e nervos (transmissão de estímulos).
- c) Corpo celular (atividade sintética), axônio (transmissão de estímulos) e dendritos (recepção de estímulos).
- d) Dendritos (atividade sintética), corpo celular (transmissão de estímulos) e axônio (recepção de estímulos).
- e) Nervos (recepção de estímulos), corpo celular (atividade sintética) e terminações nervosas (transmissão de estímulos).

Seção 1.3

Métodos de coloração e conservação dos tecidos

Diálogo aberto

A estudante de Ciências Biológicas Lorena vem sendo uma estagiária de destaque no departamento da polícia científica no qual estagia. O supervisor da jovem resolveu, portanto, encarregá-la de uma nova função: treinar um estagiário recém-chegado ao grupo. A jovem deve orientar o novo colega quanto ao preparo de lâminas histológicas para microscopia de luz. Quais são as etapas desse cuidadoso procedimento?

Após um primeiro conjunto de lâminas preparado pelo novo colega, Lorena verificou que algumas lâminas apresentavam fungos e, ao microscópio, as células pareciam rompidas e com a coloração bem deficiente. O que pode ter acontecido com o material que ficou aos cuidados do novo estagiário?

Não pode faltar

Agora que já conhecemos os quatro tecidos básicos, seus subtipos, características e funções, chegou a hora de trabalhar a parte prática e entender as técnicas utilizadas para a visualização de amostras histológicas. Antigamente, a visualização e o estudo dos tecidos, células e organelas eram limitados pelos instrumentos que havia na época. Já imaginou como era complicado o trabalho dos biólogos daquela época? Graças ao avanço da Ciência, das técnicas e dos instrumentos disponíveis, as informações que podemos obter dos materiais biológicos são cada vez mais amplas. Nesse contexto, o objetivo final das metodologias utilizadas para a visualização das amostras histológicas é evidenciar camadas, componentes estruturais, células e moléculas, a fim de que seja possível sua identificação e análise. Por isso, abordaremos algumas metodologias utilizadas no

preparo do material de estudo da histologia.

Microscopias

O microscópio é o principal instrumento de trabalho da histologia e de muitas outras áreas de atuação dos profissionais da saúde e cada tipo de microscopia é importante para um tipo de análise diferente, conforme veremos a seguir.

Microscopia de luz

Nesse instrumento, amostras finas e coradas podem ser visualizadas graças à iluminação que atravessa o espécime e é refratada para a lente objetiva que amplia a imagem e a transmite para a lente ocular. Novamente ampliada, a imagem é projetada na retina, em um computador ou em um outro equipamento de recepção e transmissão de imagem. A ampliação total da imagem é dada pelo valor da ampliação da lente objetiva multiplicada pela ampliação da lente ocular.



Pesquise mais

Para que você compreenda alguns princípios da microscopia de luz e saiba como utilizar corretamente esse instrumento, é preciso conhecer alguns conceitos importantes sobre o sistema óptico. Aprenda mais sobre esse tópico consultando os temas: poder de resolução, limite de resolução, distância focal, aumento e tantos outros, nas páginas 57 a 60 da obra:

EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas**: bases celulares e moleculares. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

Microscopia de contraste de fase

As lentes do microscópio de fase são capazes de produzir imagens de objetos transparentes, como células vivas em cultura, por exemplo. Como as estruturas celulares possuem índices de refração diferentes, a velocidade da luz muda ao atravessá-las e essa diferença de velocidade é convertida pelo sistema de contraste de fase em

áreas mais claras ou escuras, permitindo a diferenciação visual dessas estruturas.

Figura 1.9 | Cultura de células nervosas obtidas por microscopia de contraste de fase (A) e por microscopia de contraste por interferência diferencial (B). Imagem de fibras de colágeno obtida por microscopia de polarização (C).



Fonte: adaptada de Junqueira (2005, p. 4-5).

Microscopia de contraste por interferência diferencial

O princípio é similar ao da microscopia de contraste de fase, com o diferencial de que a luz que atravessa o material em diferentes “vibrações” é trabalhada por um sistema especial de prismas que formam imagens de aspecto tridimensional.

Microscopia de polarização

Por meio de um filtro polarizador, a luz que passa pelo material observado é organizada em uma única direção. Essa luz encontra um segundo filtro que bloqueia sua passagem e, assim, quando o tecido analisado apresenta uma organização molecular repetitiva e orientada, essas estruturas aparecerão brilhantes contra um fundo escuro após passarem pelo segundo filtro.



Assimile

Birrefringência é o nome que se dá à capacidade que estruturas possuem de girar o “plano de vibração” da luz polarizada.

Fluorescência é o fenômeno que ocorre quando algumas substâncias, ao serem irradiadas por uma fonte de luz de um dado comprimento de onda, passam a emitir luz com um comprimento de onda maior.

Microscopia de fluorescência

Para usar essa técnica, as amostras devem ser marcadas com corantes fluorescentes que se ligam a regiões celulares por afinidade. Quando irradiadas por uma luz ultravioleta, as estruturas marcadas emitem luz no espectro do visível e aparecem brilhantes. São exemplos de corantes fluorescentes a fluoresceína (fluorescência verde), a rodamina (fluorescência vermelha) e corante de Hoechst (fluorescência azul).

Microscopia confocal

Geralmente associada à microscopia de fluorescência à computação, a microscopia confocal permite reunir diferentes planos de uma mesma secção óptica em um objeto tridimensional. Assim, é possível focar vários planos simultaneamente, gerando imagens que permitem a obtenção de informações precisas sobre vários componentes celulares.

Microscopia eletrônica de transmissão (MET)

Essa técnica permite o exame de detalhes ínfimos, mesmo a nível molecular. É um método usado não somente na grande área das Ciências Biológicas, mas também em outros campos científicos como a Física e a Química. Os componentes dos microscópios eletrônicos de transmissão são equivalentes ao do microscópio de campo claro. No entanto, no lugar da fonte luminosa, o MET apresenta um tubo e radiação de elétrons e, em vez das lentes de cristal, existem bobinas eletromagnéticas. Após passar pela amostra, os elétrons são concentrados por uma bobina coletora e projetados sobre um detector (placa fluorescente ou um filme fotográfico). O balanço entre a quantidade de elétrons que atingiu o detector e a que ficou retida no tubo do microscópio resulta em uma imagem em escala de cinza. Assim, as áreas com componentes elétron-densos aparecem mais escuras e as áreas elétron-transparentes, mais claras.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

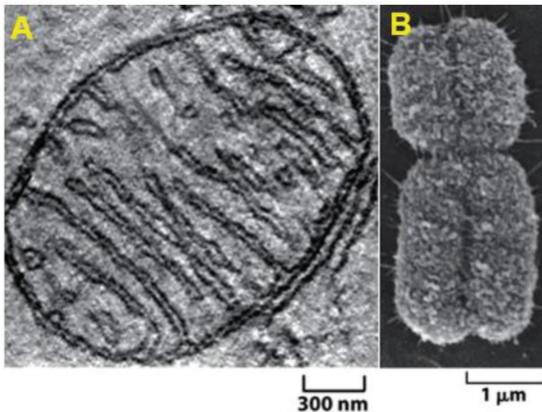
A peculiaridade desse tipo de microscopia é a possibilidade de estudar superfícies de materiais espessos ou mesmo organismos inteiros. Isso porque o feixe de elétrons não atravessa o material, mas

faz uma varredura superficial. O impacto dos elétrons focalizados sobre a superfície estudada causa a emissão de elétrons secundários em diferentes direções. Assim, com base na dispersão desses elétrons, os sinais gerados são captados por um detector, integrados e projetados em um monitor gerando uma imagem tridimensional com alto poder de resolução.

Figura 1.10 | Exemplos de imagens obtidas por microscopia eletrônica

A) Micrografia de uma mitocôndria obtida por microscopia eletrônica de transmissão.

B) Micrografia de um cromossomo mitótico obtida por microscopia eletrônica de varredura.



Fonte: adaptada de Alberts (2010, p. 209 e 808).



Pesquise mais

Para visualizar outras micrografias eletrônicas e saber mais sobre obras e cursos na área de microscopia, acesse o site da Sociedade Brasileira de Microscopia e Microanálise, disponível em: <<http://www.smmm.org.br>>. Acesso em: 8 nov. 2016.

Acesse também o site do Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Estadual do Paraná, disponível em: <<http://www.cme.ufpr.br/>>. Acesso em: 8 nov. 2016.

Preparo de lâminas histológicas para microscopia de luz

Alguns tecidos e organismos vivos podem ser visualizados a fresco sob condições experimentais. No entanto, a grande maioria dos tecidos, por sua espessura e complexidade, precisa ser preparada a fim de que seja possível sua observação. No caso da microscopia de luz, é necessário que o material seja fino o suficiente para que a luz passe por ele e forme uma imagem de qualidade. Assim, para o preparo de lâminas histológicas, as principais etapas são:

- *Fixação*: a função dessa etapa é prevenir a digestão tecidual através da desnaturação de enzimas hidrolíticas das próprias células que produziram autólise. Além disso, a fixação endurece o fragmento de tecido, o que facilita o corte e preserva a maior parte da arquitetura e da composição tecidual. Pode ser feita por **métodos químicos**, por meio do uso de fixadores como a solução isotônica tamponada de formaldeído 4% ou de **métodos físicos**, como o congelamento.

- *Desidratação*: antes de parafinizar o tecido, é necessário retirar a água presente nele. Esse processo é feito mergulhando o material já fixado em soluções etanólicas de concentrações crescentes (de 70 a 100%).

- *Clareamento ou diafanização*: para retirar o etanol, é necessário substituí-lo por um solvente também miscível em parafina (ou no meio escolhido para a etapa de inclusão). A substância mais comumente utilizada é o **xilol**. Esse processo também deixa o material translúcido.

- *Inclusão*: ao embeber o material em uma matriz (parafina, por exemplo) que ficará endurecida, proporciona-se a rigidez necessária para que o material seja cortado. Em seguida, ele é mergulhado em parafina quente (56-60 °C) que causa a evaporação do agente diafanizador e preenche os espaços dentro do tecido.

- *Preparo do bloco*: após endurecerem, os blocos são fixados em uma base de madeira ou plástico para serem encaixados no micrótomo.

- *Corte*: para esta etapa, é necessária a utilização do **micrótomo**, que tem esse nome por sua capacidade de cortar o

bloco de parafina em fatias extremamente finas, ou seja, de 1-10 μ m de espessura. Lembre-se de que 1 μ m é 1mm dividido por 1000.

- *Montagem do corte sobre a lâmina*: os cortes são colocados flutuando em água aquecida e, quando a parafina derrete, o material é “pescado” em uma lâmina de vidro, à qual se adere.

- *Desparafinização e hidratação*: as soluções usadas a seguir (coloração) são hidrossolúveis. Dessa maneira, para permitir a saída completa da parafina e a penetração de água, é necessário fazer o caminho inverso. O material é novamente colocado em xilol, depois é mergulhado em soluções etanólicas de concentrações decrescentes (de 100 a 70%) e, por último, é lavado com água destilada.

- *Coloração*: é preciso colorir os tecidos a serem estudados, pois, com raríssimas exceções, os tecidos são incolores e o contraste entre as estruturas é insuficiente para sua observação em microscopia de luz. Os corantes podem ser básicos (catiônicos), como hematoxilina, fucsina básica, azul de toluidina e azul de metileno, ou ácidos (aniônicos), como a eosina, orange G e fucsina ácida. O princípio da coloração, nesse caso, é uma reação ácido-base, ou seja, formação de ligações eletrostáticas ou salinas. Como vocês já podem deduzir, corantes básicos coram estruturas ácidas como ácidos nucleicos, glicosaminoglicanos e glicoproteínas básicas. E, portanto, os corantes ácidos se ligam a componentes básicos como mitocôndrias, grânulos de secreção, proteínas citoplasmáticas e colágeno. A combinação de corantes mais comumente utilizada é conhecida como hematoxilina-eosina ou HE. Isso porque a hematoxilina cora em azul ou violeta o núcleo e outras estruturas ácidas e a eosina cora em rosa o citoplasma e as substâncias colagênicas.

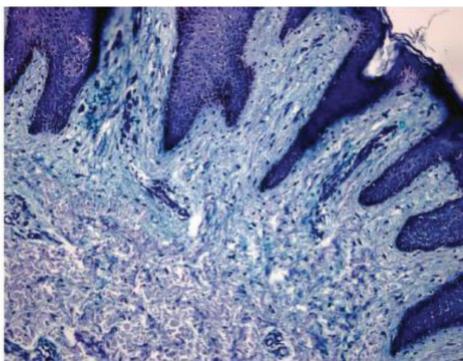


Exemplificando

Alguns corantes possuem uma propriedade chamada de metacromasia. São os corantes metacromáticos. O corante, ao se unir a certos grupamentos químicos, passa a emitir uma coloração diferente da sua cor original. Isso ocorre, pois o corante se une a grupos sulfatos, carboxilas e fosfatos, grupos presentes em proteoglicanos, por exemplo. A seguir, há um exemplo de amostra de derme corada com azul de

toluidina, um corante metacromático em que é possível verificar nuances de azul e lilás.

Figura 1.11 | Amostra de derme corada em azul de toluidina



Fonte: Barbosa, Domingos e Vale (2006, p. 190).

- *Nova desidratação*: após a coloração, utiliza-se um meio de montagem hidrofóbico para finalização do material histológico. Portanto, é preciso retirar a água vindo das soluções corantes. Esse processo é feito pela imersão do material em soluções de etanol de concentração crescente (70 – 100%).
- *Nova diafanização*: a fim de eliminar o etanol do processo anterior e facilitar a penetração da resina do meio de montagem, a lâmina é novamente imersa em xilol.
- *Montagem da lâmina*: para finalizar o material histológico, tornando-o permanente, aplica-se a lâmina que deve ser colada com meio de montagem natural, como o bálsamo do Canadá, ou sintético.



Assimile

Para ilustrar as etapas do preparo histológico, da coleta da amostra até a montagem do corte, consulte a Tabela 1-1, bem como a Figura 1-1, nas páginas 47 a 49 na obra:

EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas**: bases celulares e moleculares. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

Além da coloração convencional, para evidenciar as estruturas histológicas específicas, outras técnicas podem ser utilizadas, como as técnicas de citoquímica e imunocitoquímica.

Técnicas citoquímicas

Através de reações físico-químicas, é possível extrair informações sobre componentes celulares específicos, proporcionando, inclusive, dados quantitativos. O produto dessas reações são substâncias insolúveis coloridas ou elétron-densas que podem ser observadas por microscopia de luz ou mesmo eletrônica que nos permite identificar e localizar uma determinada molécula ou avaliar sua atividade no metabolismo celular.

A **reação de Feulgen**, por exemplo, identifica os núcleos pois reage com os ácidos nucleicos e produz coloração vermelha. A **reação de PAS** (ácido periódico-Shiff) reage com poli e oligossacarídeos e é capaz de identificar glicogênio e glicoproteínas em estruturas celulares ou extracelulares graças à sua coloração púrpura ou magenta. Íons como ferro e cálcio, por exemplo, podem também ser identificados por reações químicas específicas que produzem produtos de coloração escura. Lipídios podem ser identificados pela aplicação de corantes como o **Sudan black** que, por sua propriedade lipossolúvel, se dissolve nos grânulos lipídicos citoplasmáticos.

A atividade enzimática de **fosfatases, deidrogenases e peroxidases** também pode ser determinada por reações citoquímicas. Nesse caso, é preciso que a amostra seja tratada com um substrato da enzima em estudo e que o produto insolúvel dessa reação precipite no local que contém a enzima. Sendo o produto final elétron-denso ou colorido, é possível analisá-lo por microscopia de luz ou eletrônica.

Técnicas imunocitoquímicas

Trata-se de uma metodologia altamente específica, baseada na

reação antígeno-anticorpo, em que o “antígeno” seria o elemento em estudo e o “anticorpo” a substância que se unirá a ele por alta afinidade. O anticorpo, por sua vez, deve estar associado a um **marcador** que pode ser visualizado através de um sistema óptico.



Refleta

Artefatos de técnica são alterações ou componentes que aparecem no material histológico devido a um erro metodológico ou por interação das substâncias celulares com reagentes utilizados. Discuta com seus colegas quais tipos de artefatos de técnica podem ser encontrados e como evitá-los.

Interpretação de imagens histológicas

A seguir, veremos exemplos de estruturas visualizadas em lâminas histológicas por microscopia de luz e em micrografias eletrônicas. As estruturas características de cada tecido serão indicadas para que, na sua aula prática, você possa identificar e caracterizar os tecidos já estudados até aqui.

Figura 1.12 | Exemplos de imagens histológicas de tecido epitelial

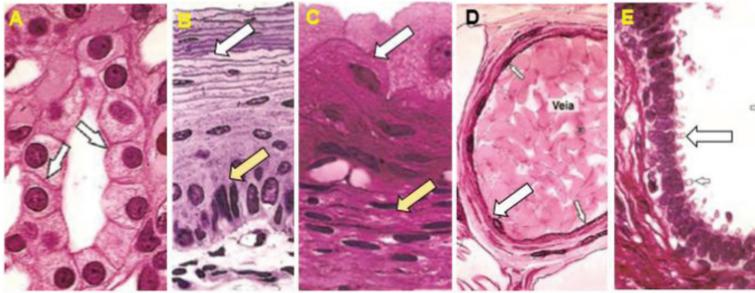
A) Epitélio simples cúbico com setas apontando para o limite entre as células.

B) Epitélio estratificado pavimentoso. A seta branca aponta para a região mais apical que contém as células pavimentosas, já a seta amarela aponta a região basal com células em um formato colunar.

C) Epitélio de transição com a seta branca indicando as células mais globosas e a seta amarela apontando para a região mais basal com células com morfologia diferente.

D) Setas indicam o epitélio simples pavimentoso de um vaso sanguíneo.

E) Epitélio glandular mamário. As setas apontam a eliminação do produto de secreção.



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 77, 78, 76, 81).

Figura 1.13 | Imagens histológicas

Interpretação de imagens histológicas

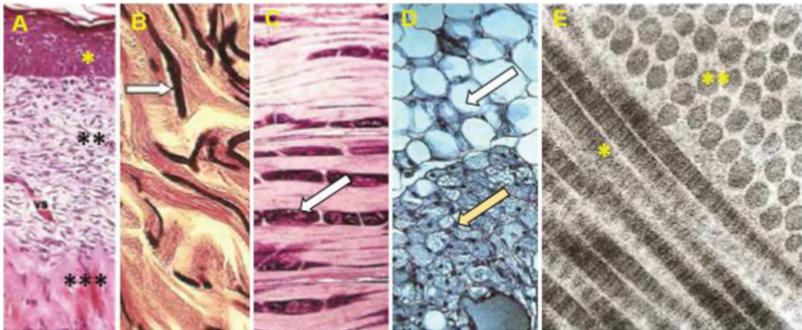
A) Epiderme com epitélio estratificado pavimentoso queratinizado (*), tecido conjuntivo frouxo (**), e tecido conjuntivo denso (***).

B) Tecido conjuntivo da derme em que as setas apresentam as fibras elásticas.

C) Tecido conjuntivo denso modelado de tendão em que as setas mostram os fibroblastos.

D) Tecido adiposo em que a seta branca indica o tecido adiposo unilocular e a seta amarela o tecido adiposo multilocular.

E) Micrografia eletrônica de fibrilas colágenas humanas obtidas através de microscopia eletrônica de transmissão.



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 119, 111, 121, 127, 104).

Figura 1.14 | Imagens histológicas

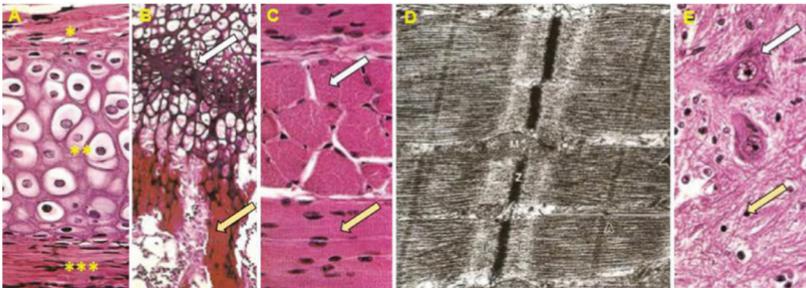
A) Cartilagem hialina com pericôndrio na parte superior e inferior (* e ***). Os condroblastos diferenciam-se em condrócitos (**).

B) A seta branca indica a matriz cartilaginosa do disco epifisário e o tecido ósseo recém-formado em vermelho indicado pela seta amarela.

C) Músculo estriado esquelético em corte transversal (seta branca) e longitudinal (seta amarela).

D) Corte longitudinal de músculo estriado esquelético mostrando o sarcômero (micrografia eletrônica de transmissão).

E) Corte da substância cinzenta da medula espinhal onde é possível observar os prolongamentos das células. A seta branca aponta um neurônio e a seta amarela aponta para o núcleo de uma célula da glia.



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 130, 145, 185, 192, 167).

Pesquise mais

Para estudar mais profundamente técnicas histológicas, você pode baixar gratuitamente o volume 2 da série *Conceitos e métodos para a formação de Profissionais em laboratórios de saúde da Fiocruz*, disponível em: <<http://www.epsjv.fiocruz.br/series/livros/19>>. Acesso em: 9 nov. 2016.

Aprofunde seus conhecimentos sobre imunocitoquímica lendo as páginas 53 a 56 da obra:

EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas**: bases celulares e moleculares. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

Você também poderá ampliar seu conhecimento lendo as páginas 14 a 21 da obra:

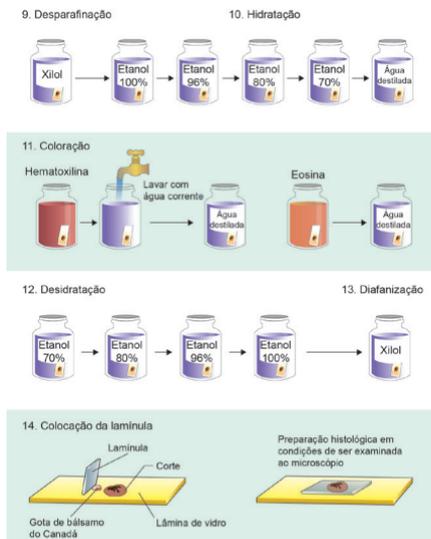
JUNQUEIRA L. C.; CARNEIRO J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

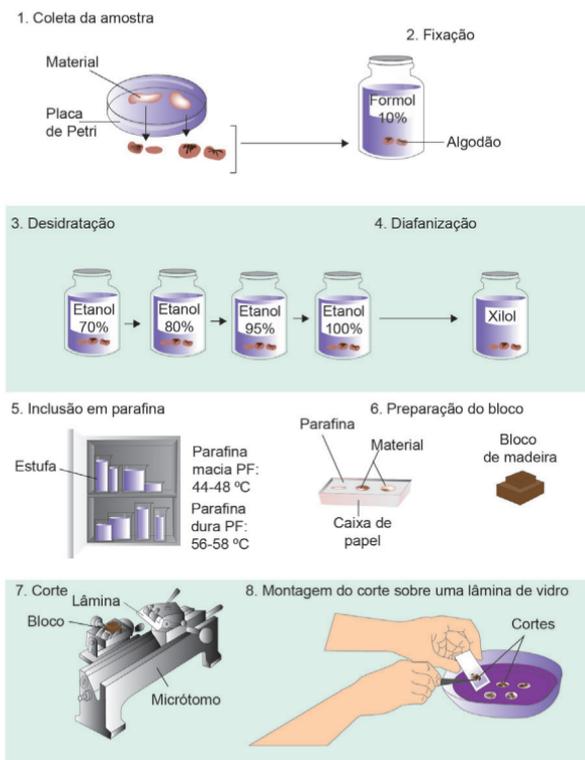
Assista ao vídeo feito pela Fiocruz que traz uma abordagem prática das técnicas histológicas disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=55hm1o_JPUk>. Acesso em: 9 nov. 2016.

Sem medo de errar

Para ensinar o novo colega a metodologia para o preparo de lâminas histológicas para microscopia de luz, Lorena seguiu o fluxograma a seguir que ilustra as etapas desse processo:

Figura 1.15 | Processo





Fonte: adaptada de Eynard, Valentich e Rovasio (2011, p. 48-49).

Parece que o novo estagiário não seguiu corretamente os passos do preparo do material para a histologia. Lorena notou que algumas lâminas apresentavam fungos e, ao microscópio, as células pareciam rompidas e com a coloração bem deficiente. Nesse caso, a etapa de fixação não foi realizada com o devido cuidado. Dessa maneira, se o tecido não foi adequadamente preservado em solução isotônica tamponada de formaldeído 4%, por exemplo, as células não tiveram suas enzimas hidrolíticas adequadamente desnaturadas, o que pode explicar as células danificadas. Além disso, como a solução de fixação age como conservante, isso preserva o tecido contra a contaminação por microrganismos. Além disso, outras funções da fixação é melhorar a diferenciação óptica dos tecidos e facilitar a subsequente coloração. Dessa forma, o erro do estagiário nessa etapa explica também a coloração deficiente das amostras.

Avaliando a qualidade de lâminas histológicas

Descrição da situação-problema

Você acaba de ser contratado como biólogo de uma faculdade. Ao separar as lâminas para a aula de histologia, você verifica que algumas lâminas apresentam os seguintes problemas:

- A imagem observada apresenta-se extremamente escura, como se a luz do microscópio estivesse fraca.
- Ao microscópio, algumas regiões dos tecidos aparentam “bolhas” em sua estrutura.
- Algumas células apresentam-se aparentemente “estouradas”.

Resolução da situação-problema

No primeiro caso, quando a imagem aparece escura e a luz parece fraca, é provável que a falha tenha ocorrido no momento do corte desse material. Para que a imagem obtida tenha qualidade, é preciso que o corte realizado no micrótomo seja suficientemente fino. Isso porque, de acordo com o princípio da microscopia de luz, esta deve atravessar o material – que precisa estar corado – para que possa ser visualizado adequadamente.

Já no caso das “bolhas”, é possível que, no momento da aplicação da resina (bálsamo do Canadá, por exemplo), e aplicação da lamínula, o manipulador deixou que entrasse ar na preparação. Isso complica a análise do material, pois regiões importantes a serem analisadas podem ser “mascaradas” por esses artefatos.

Uma das razões pela qual algumas estruturas ou células aparecem rompidas é a fixação feita de forma inadequada. O problema pode estar relacionado à solução de fixação incorretamente preparada, ao tempo insuficiente de fixação ou à maneira como o material foi acondicionado durante o processo. Por isso, as enzimas do material biológico podem ter continuado sua atividade *post mortem* e o tecido foi danificado.

Faça valer a pena

1. Os pré-requisitos para que um material possa ser visualizado por microscopia de luz é que ele seja extremamente fino e que seja corado, para que a luz possa atravessá-lo e para que possamos diferenciar as estruturas teciduais ou celulares.

Selecione a alternativa que contém a sequência correta dos procedimentos realizados até a etapa de coloração:

- a) Fixação, desidratação, diafanização, inclusão, preparo do bloco, corte, desparafinização, hidratação e coloração.
- b) Fixação, inclusão, preparo do bloco, corte, desparafinização e coloração.
- c) Inclusão, fixação, desidratação, preparo do bloco, corte, desparafinização e coloração.
- d) Inclusão, fixação, preparo do bloco, corte, desparafinização, hidratação e coloração.
- e) Fixação, inclusão, corte, desparafinização e coloração.

2. As reações físico-químicas podem auxiliar na obtenção de informações sobre componentes celulares. O produto dessas reações, como substâncias insolúveis ou elétron-densas podem ser observadas por microscopia de luz eletrônica.

São exemplos de técnicas citoquímicas:

- a) Reação de Feulgen, reação de PAS e coloração por Sudan black.
- b) Reação de Schwann, reação de PAS e coloração por Sudan black.
- c) Reação de Feulgen, reação de Schwann e coloração por Sudan black.
- d) Reação de Feulgen, reação de PAS e coloração por Sudan green.
- e) Reação de Shiff, reação de PAS e coloração por Sudan green.

3. Algumas metodologias em histologia são altamente específicas. Uma das mais amplamente utilizadas é a técnica de imunocitoquímica.

O princípio da técnica de imunocitoquímica baseia-se:

- a) Na reação antígeno-anticorpo.

- b) Na reação parasita-hospedeiro.
- c) Na interação marcador-fluorescência.
- d) Na reação epítipo-antígeno.
- e) Na interação sanguínea.

Referências

- ALBERTS B. et al. **Biologia Molecular da Célula**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2010.
- BARBOSA, A. L. B. P.; DOMINGOS, E. A. G.; do VALE, E. C. S. Caso para diagnóstico. **Anais Brasileiros de Dermatologia**. Rio de Janeiro, 2006, v. 81, n. 2.
- EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas: bases celulares e moleculares**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- JUNQUEIRA, L. C. **Biologia estrutural dos tecidos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
- KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e Biologia celular: uma introdução à patologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Interações celulares e histogênese de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos

Convite ao estudo

Na unidade anterior, abordamos os quatro tecidos básicos que, incrivelmente, são capazes de formar todos os órgãos e sistemas do corpo: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso. Até o momento, já conhecemos suas características e funções e agora é preciso compreender como esses quatro tecidos básicos se organizam na formação de órgãos e sistemas do corpo dos vertebrados. Não se esqueça de sempre correlacionar forma-função para que nós entendamos de maneira lógica o porquê da histologia de cada órgão ou sistema.

Aplicaremos o conhecimento aprendido em situações reais como as vividas pelo estagiário de Biologia Enzo. Ele foi aceito para estagiar em um laboratório de pesquisas em histologia de uma grande universidade da sua cidade, onde diversos projetos estão sendo executados por vários pós-graduandos, e a função de Enzo é receber as amostras desses projetos e fazer uma análise primária, classificando os tecidos e investigando eventuais problemas. É importante que Enzo tenha um bom embasamento em histologia e que conheça a fisiologia de alguns sistemas para analisar a arquitetura dos órgãos e identificar eventuais distúrbios na estrutura desses tecidos.

Assim como Enzo, ao final desta unidade, você terá conhecido a histologia de órgãos e sistemas e poderá visualizá-los na prática.

Na Seção 2.1, abordaremos a morfologia e a histofisiologia

do sistema circulatório, bem como suas células e o processo de hematopoese. Ainda na mesma seção, estudaremos o sistema linfático e o tegumentar. Na Seção 2.2 veremos, na teoria e na prática, outros três sistemas muito importantes: digestório, respiratório e urinário. Nossa última seção, a 2.3, também será prática. Nela estudaremos os sistemas endócrino, reprodutor masculino e feminino, além dos interessantíssimos órgãos dos sentidos.

Nesta etapa, vamos juntos novamente desvendar as estruturas histológicas dos órgãos e sistemas dos vertebrados e continuar nos apaixonando por esse projeto perfeito que é o organismo.

Seção 2.1

Sistemas circulatório, linfoide e tegumentar

Diálogo aberto

Enzo foi aceito para estagiar em um laboratório de pesquisas em histologia de uma grande universidade da sua cidade, onde diversos projetos estão sendo executados por vários pós-graduandos, e a função de Enzo é receber as amostras desses projetos e fazer uma análise primária, classificando os tecidos e investigando eventuais problemas.

As primeiras amostras recebidas por Enzo apresentam problemas. As lâminas de projetos diferentes acabaram se juntando e agora estão misturadas lâminas histológicas de veias, vasos linfáticos, artérias e capilares. Enzo precisa separar as amostras destinadas ao projeto de uma doutoranda que estuda patologias relacionadas ao sistema circulatório, com foco no estudo de artérias. Quais características o estagiário deve considerar para a classificação dos vasos e separação das amostras?

Não pode faltar

Após termos conhecido os quatro tecidos básicos responsáveis pela constituição de todos os sistemas dos vertebrados, esta história começará a ficar ainda mais interessante. Daremos início aos estudos dos órgãos que formam os sistemas e você ficará intrigado com a perfeição da natureza refletida na organização tecidual estudada a seguir.

Sistema circulatório

Como as casas de uma cidade, as células dos sistemas orgânicos necessitam receber suplementos e, por isso, um sistema de tubulação eficientemente planejado é necessário. Da mesma forma, o esgoto também precisa ser coletado e tratado. Imagine que nesse sistema a bomba que impulsiona o sangue é o coração e os tubos,

dos mais calibrosos aos mais finos, são as artérias, veias, capilares e vasos linfáticos. Esses e outros componentes formam o vital sistema circulatório, responsável pela circulação sanguínea e pelo transporte da linfa, funções essenciais para a nutrição tecidual, eliminação de componentes tóxicos e distribuição de substâncias como hormônios, citocinas e outras substâncias regulatórias do organismo.

O **coração**, formado por duas bombas acopladas, ao contrair de forma rítmica, propulsiona o sangue pelo sistema circulatório. Cada bomba, por sua vez, é formada pelo átrio (compartimento superior) e pelo ventrículo (compartimento inferior) e estes compartimentos são separados por válvulas que impedem o refluxo de sangue. Histologicamente, o coração é formado por três túnicas ou camadas:

- O **endocárdio** (camada interna) de característica similar à camada íntima dos vasos sanguíneos.
- O **miocárdio** (camada média), constituído pela musculatura estriada cardíaca. A distribuição das células musculares neste tecido é extremamente variada.
- O **pericárdio** (camada externa), formado por epitélio pavimentoso simples apoiado em uma delgada camada de tecido conjuntivo.



Assimile

Para ver imagens histológicas das diferentes camadas cardíacas, bem como as estruturas de artérias, vasos, capilares e outros componentes do sistema circulatório, consulte as imagens esquemáticas do capítulo 12 da obra:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

E para que você assimile ainda melhor esse tema, estude também o capítulo 11 desta outra obra:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

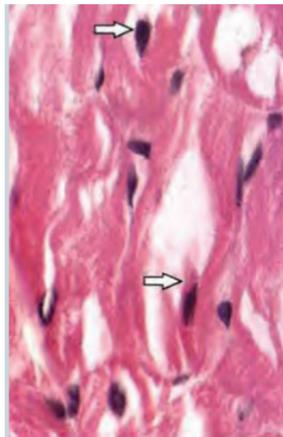
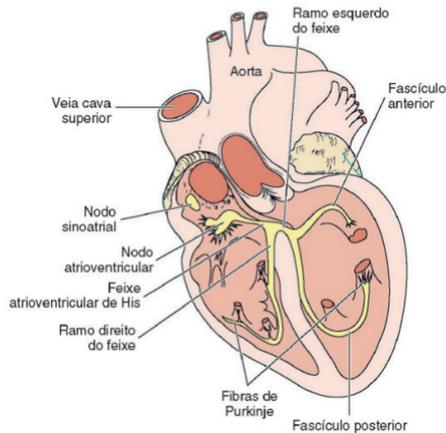
A coordenação dos batimentos cardíacos é feita por grupos de células musculares cardíacas especializadas, os nódulos, localizados em diferentes pontos do coração. Essas células produzem impulsos elétricos rítmicos, transmitidos como uma onda para o restante do tecido cardíaco.



Exemplificando

No esquema a seguir, é possível verificar a localização dos grupos de células especializadas na geração dos impulsos elétricos cardíacos. Mais abaixo, pode-se visualizar um desses tipos de células, as fibras de Purkinje.

Figura 2.1 | Localização dos nódulos cardíacos



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 219).

As artérias partem do coração e distribuem o sangue por todo o corpo através de suas ramificações. Sua estrutura básica apresenta três camadas concêntricas:

- Túnica **íntima**, formada por epitélio pavimentoso, o endotélio, apoiado em uma camada fina de tecido conjuntivo.
- Túnica **média**, que apresenta camadas concêntricas de músculo liso, associadas a lâminas elásticas e fibras reticulares. A espessura dessa camada varia de acordo com o diâmetro das artérias, de forma que, quanto mais distantes do coração, mais delgadas elas são.
- A túnica **adventícia**, a camada mais externa composta por tecido conjuntivo rico em fibras colágenas e elásticas.

Partindo do coração para os capilares, as artérias podem ser classificadas em três grandes grupos:

- Artérias **elásticas**, que apresentam a túnica média com várias camadas de lâminas elásticas. Esta composição é muito importante para a resistência das artérias, já que as suas principais funções são a recepção do sangue do coração com alta pressão e a manutenção da circulação do sangue em um fluxo contínuo, enquanto o coração faz o bombeamento.
- Artérias **musculares**, em que a grande quantidade de lâminas elásticas da túnica média é substituída por células musculares lisas e fibras reticulares. De acordo com a necessidade, essas artérias controlam o fluxo de sangue para os órgãos através da contração ou do relaxamento das células musculares lisas.
- **Arteríolas** são as ramificações finais do sistema arterial. Elas têm diâmetro bem reduzido, sendo que a túnica média apresenta apenas de duas a cinco camadas de musculatura lisa e a túnica adventícia possui pouquíssima quantidade de tecido conjuntivo frouxo.
- Para que ocorra a troca metabólica e gasosa entre o sangue e os órgãos, é necessário que a barreira entre esses dois componentes seja extremamente delgada. Os **capilares** apresentam essas características, visto que são formados

apenas por uma camada de células endoteliais muito permeáveis, circundadas por um fino revestimento de lâmina basal. Podem ser contínuos, fenestrados ou descontínuos.



Pesquise mais

Para saber mais sobre os diferentes tipos de capilares e entender como é feita a troca gasosa nos tecidos, consulte as páginas 361 à 364, da obra:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia Celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Partindo dos órgãos em direção ao coração, há as **veias** que transportam o sangue venoso (com exceção da veia pulmonar que transporta sangue arterial do pulmão para o coração). A túnica média muscular é bem mais fina do que nas artérias e também não se nota a presença marcante de lâminas elásticas. Já a túnica adventícia é bem desenvolvida e rica em colágeno.

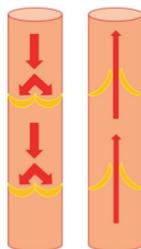


Refleta

Após a troca gasosa ocorrida nos capilares, os vasos seguem para o coração levando o sangue venoso. Como é possível que esse sangue siga na direção correta e não retorne aos tecidos dos quais veio?

As veias apresentam as chamadas **válvulas**, projeções da túnica íntima em direção ao lúmen do vaso. Essas estruturas, com a contração da musculatura que circunda as veias, levam o sangue na direção correta para o coração.

Figura 2.2 | Representação das válvulas das veias



Fonte: elaborada pelo autor.

Para recolher fluidos dos espaços entre os tecidos e órgãos, o corpo dispõe do **sistema vascular linfático**, composto por canais finos revestidos por endotélio. A linfa recolhida circula apenas em direção ao coração e é coletada inicialmente em capilares linfáticos que se originam como vasos muito finos com "fundo de saco". Além de retornar esses fluidos intersticiais ao sangue, o sistema linfático também auxilia na circulação de linfócitos e de outros fatores importantes para a imunologia.

Células do sangue

O líquido vital é composto basicamente por **plasma**, **leucócitos** (glóbulos brancos) e **eritrócitos** ou **hemácias** (glóbulos vermelhos). O plasma é uma solução aquosa de sais minerais e proteínas, cuja função é transportar nutrientes, hormônios, substâncias informacionais e, obviamente, as células de defesa e as células responsáveis por oxigenar os órgãos e os sistemas. Os eritrócitos têm como principal função o transporte gasoso no organismo, pois são ricos em **hemoglobina**, proteína conjugada com ferro e, além de conferir a cor vermelha do sangue, liga-se tanto ao oxigênio, quanto ao gás carbônico. Assim, com a alta pressão de oxigênio nos pulmões, a hemoglobina se liga ao oxigênio e forma a **oxi-hemoglobina**. Quando chega aos tecidos com baixa pressão de oxigênio, essa molécula é transferida para esses tecidos, em que a hemoglobina se combina com o gás carbônico (**carbamino-hemoglobina**) e o sangue retorna ao coração e aos pulmões.

Já os leucócitos são incolores e apresentam diferentes formatos, tamanhos, origens e funções. A Tabela 2.1 resume os principais detalhes sobre essas células:

Tabela 2.1| Produtos e funções dos glóbulos sanguíneos

Tipo de Glóbulo	Principais Produtos	Principais Funções
Eritrócito	Hemoglobina	Transporte de O ₂ e de CO ₂

Leucócitos: Neutrófilo (célula terminal)	Grânulos específicos e lisossomos (grânulos azurófilos)	Fagocitose de bactérias e fungos
Eosinófilo (célula terminal)	Grânulos específicos, substâncias farmacologicamente ativas	Defesa contra helmintos parasitas Modulação do processo inflamatório Participação em reações alérgicas Ação antiviral
Basófilo (célula terminal)	Grânulos específicos contendo histamina e heparina	Liberação de histamina e outros mediadores da inflamação Participação em reações alérgicas
Monócito (não é célula terminal)	Lisossomos	Diferenciação em macrófagos teciduais, que fagocitam, matam e digerem protozoários, certas bactérias, vírus e células senescentes Apresentação de antígenos para linfócitos
Linfócito B	Imunoglobulinas	Diferenciação em plasmócitos (células produtoras de anticorpos)
Linfócito T	Substâncias que matam células. Substâncias que controlam a atividade de outros leucócitos (interleucinas)	Destruição de células infectadas por vírus

<p>Linfócito NK (Natural Killer Cell).</p> <p>Não tem as moléculas marcadoras dos linfócitos T e B</p>	<p>Atacam células infectadas por vírus e células cancerosas, sem necessitar de estimulação prévia</p>	<p>Destruição de células tumorais e de células infectadas por vírus</p>
<p>Plaquetas</p>	<p>Fatores de coagulação do sangue</p>	<p>Coagulação do sangue</p>

Fonte: Junqueira e Carneiro (2011, p. 222)

As células sanguíneas, de modo geral, apresentam uma vida curta. Por isso, para que não haja prejuízos à fisiologia do organismo, essas células são constantemente renovadas através da proliferação de células-tronco presentes nos órgãos hematopoéticos, como a medula óssea. Esse processo é chamado de **hematopoese** ou **hemocitopoese** e envolve a renovação, proliferação, diferenciação e maturação celular.



Assimile

Para compreender as etapas da hematopoese, estude a tabela da página 238 da obra: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.



Pesquise mais

É necessário que você detalhe mais os seus conhecimentos a respeito das células sanguíneas e os processos necessários para sua renovação. Consulte:

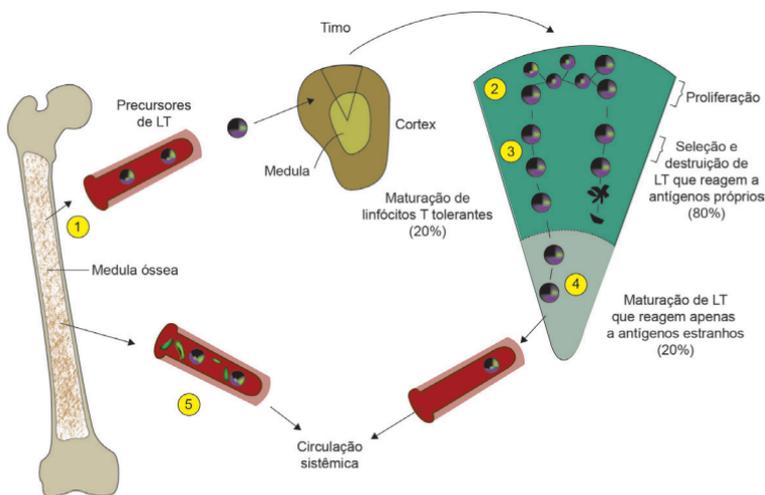
- Capítulo 6: KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- Capítulos 12 e 13: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
- Páginas 260-272: EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas**: bases celulares e moleculares. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

Sistema linfoide

Nosso corpo está sujeito a muitos perigos que diversos patógenos oferecem à nossa fisiologia normal. Para defendê-lo temos o sistema imunitário e linfoide com a função de reconhecer o que é próprio ou estranho ao corpo e proteger-nos de microrganismos e antígenos patogênicos. Esse sistema é composto principalmente pelas células sanguíneas de defesa que estudamos acima e pelos órgãos linfáticos timo, linfonodos, baço e nódulos linfáticos.

O **timo** fica localizado no mediastino e possui dois lobos envolvidos por uma cápsula de tecido conjuntivo denso que penetram no órgão, subdividindo-o em lóbulos incompletos. Cada um desses lóbulos apresenta uma região periférica denominada córtex com alta concentração de linfócitos e uma zona medular central. Na medula, é possível visualizar os **corpúsculos de Hassal**, um acúmulo de células epiteliais tímicas em forma de camadas de cebola. Essa estrutura tem a função de produzir substâncias que auxiliarão na maturação dos linfócitos. O esquema a seguir (Figura 2.3) ilustra como se dá a produção e maturação dos **linfócitos T** nesse órgão.

Figura 2.3 | Precusores dos linfócitos T originam-se da medula óssea (1), proliferam no córtex tímico (2), são selecionados (3), ocorre a maturação dos selecionados (4) e vão para a circulação sanguínea (5)



Fonte: adaptada de Junqueira (2005, p. 111).

No trajeto dos vasos linfáticos, encontram-se os **linfonodos** ou **gânglios linfáticos**, formados por tecido linfoide em formato de feijão e de tamanho variado que podem ser encontrados em diversas regiões do corpo. Os linfonodos são uma espécie de filtros do sistema linfático que têm fluxo unidirecional, cuja função é remover componentes estranhos antes que a linfa seja devolvida à corrente sanguínea. Estruturalmente, possuem uma região cortical superficial, constituída por tecido conjuntivo frouxo e por **nódulos** ou **foliculos linfáticos**. Essa região é rica em linfócitos B que examinam antígenos chegados da linfa. Já na região cortical profunda, predominam os linfócitos T. A zona medular apresenta o hilo que recebe as artérias e por onde saem as veias. Na região medular (seios medulares), a linfa da região cortical é recebida e destinada aos vasos linfáticos eferentes, ou seja, que deixam o linfonodo.



Assimile

Para compreender a arquitetura dos linfonodos, observe o esquema da página 270 da obra:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

O baço, o maior órgão linfoide do organismo, é formado por uma cápsula de tecido conjuntivo denso dos quais saem trabéculas que separam o parênquima em compartimentos incompletos. O parênquima apresenta a polpa branca constituída por nódulos linfáticos e a polpa vermelha, rica em sangue e, assim como os linfonodos, o baço contém um hilo por onde penetram nervos e artérias e saem veias e vasos linfáticos. Apesar de também ser responsável pela produção de linfócitos que seguem para o sangue, o baço é um importante centro de defesa contra microrganismos que penetram no sangue, além de ser o principal destruidor de hemácias envelhecidas.

Sistema tegumentar

O tegumento, o maior órgão do corpo, é constituído **pela** pele e pelos **derivados epidérmicos**. Apresenta diversas funções, dentre elas:

protege contra microrganismos, agentes químicos, dessecação; auxilia na regulação, excreção e equilíbrio hídrico, função sensorial, entre outras. A pele apresenta três camadas fortemente aderidas umas às outras:

- **Epiderme:** camada mais superficial, constituída de epitélio estratificado pavimentoso queratinizado, rica em queratinócitos. Possui cinco subcamadas: basal (camada germinativa), espinhosa (citoplasma com expansões que unem as células umas às outras), granulosa (camada impermeabilizante), lúcida (camada delgada de células achatadas, contendo apenas filamentos de queratina) e córnea (camada variável de células mortas com citoplasma repleto de queratina).
- **Derme:** formada por tecido conjuntivo que une a epiderme à hipoderme. Apresenta espessura variada de acordo com a região corporal e é subdividida em duas camadas, a papilar, formada por tecido conjuntivo frouxo, e reticular, constituída por tecido conjuntivo denso.
- **Hipoderme:** formada por tecido conjuntivo frouxo e tem a função de unir levemente a derme aos órgãos subjacentes e permitir que a pele deslize sobre essas estruturas.

Os derivados epidérmicos são os **pelos**, as unhas e as glândulas (sudoríparas e sebáceas). Os pelos são estruturas finas queratinizadas que nascem a partir de uma invaginação da epiderme e apresentam cor, comprimento e espessura variada com a espécie e localização corporal. As **unhas** são placas de células epiteliais especializadas que gradualmente se queratinizam, formando essa estrutura córnea. As **glândulas sebáceas** localizam-se na derme e apresentam ductos revestidos por epitélio estratificado que secretam o sebo. Esse tipo de secreção é holócrina, ou seja, a formação da secreção resulta na morte celular. Já as glândulas sudoríparas são tubulares simples enoveladas com ductos não ramificados que desembocam na superfície da pele, secretam o suor e auxiliam na regulação térmica corporal.



Existe ainda um imenso universo de conhecimento necessário para que você assimile os assuntos tratados aqui. Acesse as seguintes referências e saiba mais sobre o sistema linfóide e tegumentar:

- Capítulos 10 e 11: KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- Capítulos 14 e 18: JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Para visualizar lâminas histológicas contendo os tecidos estudados, acesse:

- DEMOR UFRN. **Atlas virtual de histologia**. Disponível em: <<http://histologiaufrn.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 nov. 2016.
- ICB UFMG. **Atlas histológico online**. Disponível em: <http://depto.icb.ufmg.br/dmor/hem/atlas_histologico.html>. Acesso em: 27 nov. 2016.

Sem medo de errar

Para conseguir distinguir as principais diferenças entre veias, vasos linfáticos, artérias e capilares, é necessário que Enzo conheça bem as estruturas histológicas de cada um deles. Para isso, Enzo decidiu fazer seu relatório em forma de um quadro comparativo, a fim de embasar a separação das lâminas que realizou e mostrar que realmente conhece essas estruturas do sistema circulatório.

	Morfologia geral	Função	Camadas
Artérias	De forma geral, a túnica média é sempre a mais desenvolvida em todos os calibres.	As artérias elásticas recebem o sangue do coração com alta pressão, auxilia a manutenção da pressão arterial. Já as artérias musculares controlam o fluxo de sangue para os órgãos, através da contração ou do relaxamento.	A túnica íntima apresenta endotélio mais espesso e lâmina elástica interna proeminente. A túnica media nas artérias musculares tem até 40 camadas de células musculares lisas entremeadas por lamelas elásticas e fibras reticulares. Nas artérias elásticas, a túnica média, ao invés de camadas de músculo liso, possui uma série de lâminas elásticas concêntricas. A túnica adventícia é formada por tecido conjuntivo frouxo com a presença de capilares linfáticos (vasa vasorum).
Capilares	Diâmetro muito pequeno (7 a 9 μm) e de extensão curta (até 50 μm).	Levar a circulação sanguínea a um nível tecidual que permita o intercâmbio gasoso, recolhendo o gás carbônico e entregando o oxigênio.	Apresenta apenas túnica íntima com endotélio de camada única, apoiado sobre uma delgada lâmina basal.
Veias	São de pequeno ou médio diâmetro (1 a 9 mm). Apenas próximo ao coração existem os grandes troncos venosos.	As veias transportam o sangue dos órgãos em direção ao coração.	As veias de pequeno ou médio calibre apresentam a túnica íntima, contendo uma camada subendotelial com tecido conjuntivo frequentemente ausente. A túnica média possui poucas células musculares entremeadas por uma delicada rede de fibras elásticas. A túnica adventícia é bem desenvolvida e rica em colágeno. A principal diferença no caso das grandes veias é que a túnica adventícia possui feixes longitudinais de musculatura lisa.

<p>Vasos linfáticos</p>	<p>Nascem em “fun-do de saco” e pos-suem muitas fe-nestras pelas quais os líquidos intersticiais são recolhi-dos. Vão aumen-tando de calibre à medida em que se afastam dos locais de recolhimento e desembocam nos vasos sanguíneos.</p>	<p>Coletar o líquido in-tersticial que segue sempre em direção ao coração, despe-jando-o na corren-te sanguínea.</p>	<p>Nas paredes dos vasos, as células se sobre-põem como escamas e possuem um endotélio mais delgado do que os vasos sanguíneos. Tam-bém apresentam as três tûnicas: íntima, média e adventícia, porém mais delgadas e delicadas. As fibras musculares lisas estão dispostas longitu-dinalmente nos vasos.</p>
-------------------------	---	--	---

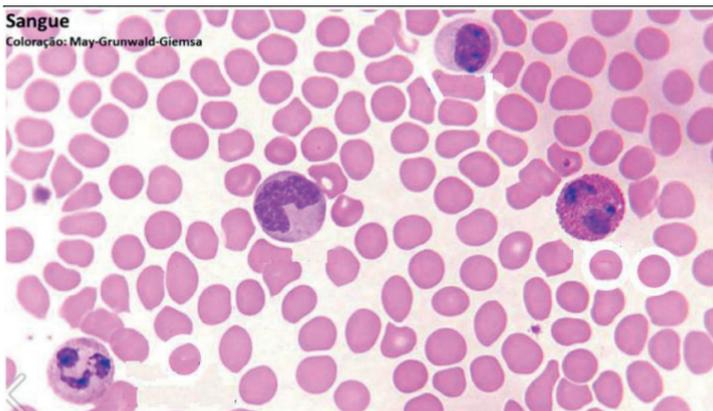
Avançando na prática

Você sabe classificar as células sanguíneas?

Descrição da situação-problema

Você está em um processo seletivo para estagiar em um laboratório de análises clínicas de renome em sua cidade. Um dos testes que soma mais pontos é a avaliação prática do seu conhecimento sobre as células do sangue. A seguir, está a lâmina de esfregaço sanguíneo humano que você receberá no teste. Você é capaz de localizar hemácias, plaquetas, neutrófilos, monócitos, eosinófilos e linfócitos?

Figura 2.4 | Lâmina de esfregaço sanguíneo humano

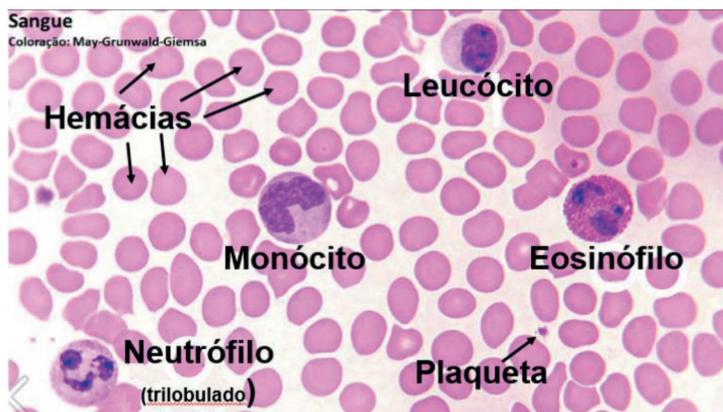


Fonte: adaptada de <<https://goo.gl/AMUO6f>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

Resolução da situação-problema

Para se dar bem, é importante relembrar as características dessas células. As hemácias de mamíferos são cilíndricas, anucleadas e achatadas na porção central. Os neutrófilos apresentam um núcleo trilobulado, enquanto que os monócitos apresentam núcleo único. Já os eosinófilos apresentam grânulos citoplasmáticos acidófilos, ou seja, de aspecto avermelhado. Note que os linfócitos são menores e contêm núcleo grande e único. As plaquetas, por sua vez, são pequeninas e de aspecto irregular. Pronto! Você teria detonado nessa avaliação prática! Por isso, sempre esteja em dia com os estudos e busque sempre se aprofundar mais nos temas tratados em aula.

Figura 2.4 | Lâmina de esfregaço sanguíneo humano



Fonte: adaptada de <<https://goo.gl/AMUO6f>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

Faça valer a pena

1. O líquido vital vermelho tão apreciado pelos “vampiros” da ficção é constituído basicamente por plasma, leucócitos e eritrócitos. Além da função nutritiva, é essencial para a manutenção da oxigenação tecidual.

Quais componentes do sangue são responsáveis por sua coloração?

a) A proteína hemoglobina das hemácias que contém ferro.

- b) O ferro oxidado presente no plasma.
- c) A proteína da carne ingerida.
- d) A proteína albumina que contém ferro.
- e) A proteína hemoglobina dos leucócitos que contém ferro.

2. O timo está localizado na região abaixo do esterno, o mediastino, e este é dividido em dois lobos, subdivididos por tecido conjuntivo em lóbulos incompletos, que apresentam uma região cortical periférica e uma zona medular central.

Qual é a importante estrutura presente na região medular tímica e qual é a sua função?

- a) Corpúsculo de Hassal que produz substâncias que auxiliam a maturação dos linfócitos.
- b) Corpúsculo de Hassal que produz substâncias que auxiliam a maturação das hemácias.
- c) Corpúsculo de Peyer que produz substâncias que auxiliam a maturação dos linfócitos.
- d) Corpúsculo de Peyer que produz substâncias que auxiliam a maturação das hemácias.
- e) Nódulos que selecionam os linfócitos maduros.

3. A _____ apresenta três camadas justapostas, são elas: a _____, camada _____ constituída por _____; a _____, formada por _____; a _____, formada por _____, que une a _____ aos _____.

Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas:

- a) Pele, epiderme, superficial, epitélio estratificado pavimentoso queratinizado, derme, tecido conjuntivo, hipoderme, tecido conjuntivo frouxo, derme, órgãos subjacentes.
- b) Pele, hipoderme, superficial, epitélio estratificado pavimentoso queratinizado, queratinizado, derme, tecido conjuntivo, epiderme, tecido conjuntivo frouxo, derme, órgãos subjacentes.
- c) Pele, epiderme, superficial, epitélio estratificado pavimentoso, derme, tecido conjuntivo, hipoderme, tecido muscular, derme, órgãos subjacentes.

d) Pele, derme, superficial, epitélio estratificado pavimentoso queratinizado, mediaderme, tecido conjuntivo, intraderme, tecido conjuntivo frouxo, derme, órgãos subjacentes.

e) Pele, epiderme, superficial, epitélio estratificado cúbico queratinizado, derme, tecido conjuntivo, hipoderme, tecido conjuntivo frouxo, derme, órgãos subjacentes.

Seção 2.2

Título da seção

Diálogo aberto

O estágio que Enzo está realizando em um laboratório de pesquisas em histologia de uma importante universidade de sua cidade está sendo muito rico. Ele tem se envolvido em diferentes projetos e está aprendendo muito sobre diversos tecidos e órgãos. Dessa vez, uma aluna de iniciação científica está com dúvidas relacionadas às diferenças encontradas nas amostras histológicas de intestino delgado e de intestino grosso. Quais são as principais diferenças entre essas duas regiões do sistema digestório? Quais estruturas presentes ou ausentes podem ser cruciais para a identificação desses órgãos?

Não pode faltar

Neste momento, daremos sequência ao estudo dos órgãos que formam o corpo. Vamos continuar nos aprofundando no estudo da organização tecidual dos sistemas orgânicos?

O sistema digestório

Para a manutenção do funcionamento normal do corpo, muita energia é necessária e, para obtê-la, é preciso o trabalho conjunto de órgãos e glândulas que compõem o sistema digestório.

Trato digestório

Os componentes do trato digestório apresentam muitas similaridades estruturais, sendo, basicamente, um tubo oco de lúmen de diâmetros variados, com uma parede constituída por quatro camadas diferentes. A **camada mucosa** é formada por revestimento epitelial apoiado em uma **lâmina própria**, contendo vasos sanguíneos e linfáticos em células musculares lisas. Entre a mucosa e a submucosa, encontra-se a **camada muscular da mucosa**, com duas finas subcamadas de células musculares lisas que originam

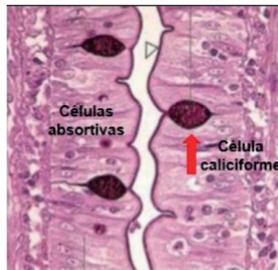
as pregas da camada mucosa, aumentando seu contato com o alimento. O **revestimento epitelial mucoso** promove uma barreira de permeabilidade seletiva entre o lúmen do trato digestório e os tecidos do organismo. Também tem sua importância no transporte e digestão do alimento, absorção dos subprodutos da digestão, produção de hormônios importantes para o sistema digestório e produção de muco (células caliciformes) para lubrificação e proteção que facilitam a passagem do bolo alimentar. Na **lâmina própria** está o suporte imunológico do trato digestivo constituído de células de defesa e nódulos linfóides que protegem o epitélio, muito vulnerável na maior parte de sua extensão. A **camada submucosa** é formada por tecido conjuntivo rico em vasos sanguíneos e linfáticos e contém o plexo nervoso submucoso.



Exemplificando

Na figura a seguir, podemos recordar as células caliciformes estudadas no primeiro capítulo de nossa jornada histológica. Classificadas como glândulas unicelulares, elas estão presentes nos intestinos e no epitélio respiratório, produzindo e secretando muco.

Figura 2.5 | Células caliciformes do epitélio intestinal



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 302).

Já a **camada muscular**, mais grossa que a muscular da mucosa, possui células musculares lisas em espiral. Na subcamada mais próxima ao lúmen, as células musculares apresentam orientação circular e, na camada mais externa, orientam-se longitudinalmente. Entre essas duas camadas está presente o **plexo nervoso mioentérico**. Nesse contexto, você já se perguntou como é possível que o bolo alimentar

caminhe por toda a extensão do trato digestório? Quem o empurra? O alimento é empurrado pelo sistema digestório pelos **movimentos peristálticos** e isso só é possível graças à organização especial das fibras musculares. Assim, o sistema nervoso autônomo comunica-se com os plexos nervosos que coordenam impulsos que estimularão as células musculares a se contraírem, movimentando o alimento.

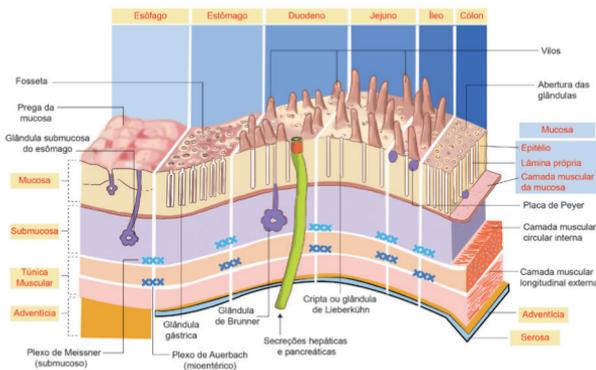


Assimile

O **plexo nervoso submucoso** ou plexo de Meissner e o **plexo nervoso mioentérico** formam o sistema nervoso autônomo intrínseco do intestino delgado. Nessas estruturas nervosas, os neurônios recebem estímulos intrínsecos da mucosa e da parede muscular do intestino e estímulos extrínsecos do sistema nervoso central. Assim, eles atuam coordenando os movimentos que irão misturar, movimentar e impulsionar o conteúdo intestinal.

A camada mais externa do tubo digestivo é a **serosa**, uma delgada camada de tecido conjuntivo frouxo revestida pelo **mesotélio**, um epitélio simples pavimentoso. A camada serosa compõe outras membranas da cavidade abdominal, como o **peritônio visceral** que a reveste. Este, contínuo ao **mesentério**, suporta os intestinos e também está ligado ao **peritônio parietal** que reveste a cavidade abdominal.

Figura 2.6 | Organização histológica geral do tubo digestório



Fonte: adaptada de kierszenbaum (2008, p. 442).

A primeira parada de nossa viagem pelo sistema digestório é a **cavidade oral** que é por epitélio pavimentoso estratificado, queratinizado ou não. Gengiva e palato duro, por exemplo, são queratinizados, pois entram em contato com porções duras de alimento e precisam dessa proteção. Dentro da cavidade, um dos órgãos musculares mais importantes do corpo, a **língua**, possui o importante papel da produção de sons e também da movimentação do alimento, misturando-o à saliva e auxiliando a mastigação. Essa função é possível graças aos diferentes planos de fibras musculares de sua estrutura. As elevações do epitélio oral e lâmina própria formam as **papilas linguais**, responsáveis pela percepção dos sabores, texturas etc.



Refleta

As papilas gustativas podem ser filiformes, fungiformes, foliadas ou circunvaladas. Relacione seus formatos e estrutura com suas respectivas funções.

Com número e formato extremamente variado entre os vertebrados, os dentes possuem a porção da **coroa**, acima da gengiva, e a **raiz** inserida na cavidade óssea denominada alvéolo.



Pesquise mais

Aprofunde-se nos conhecimentos sobre os dentes e estruturas associadas, nas páginas 286-291, da obra:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Você também pode ter mais informações sobre esse tema nas páginas 435-441, de:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Entre a cavidade oral e os sistemas digestório e respiratório, está a **faringe**, uma área de transição revestida por epitélio pavimentoso estratificado não queratinizado na área que inicia o esôfago, e epitélio pseudoestratificado cilíndrico ciliado com células caliciformes na área próxima à cavidade nasal. O **esôfago** liga a cavidade oral ao estômago e, como a maioria do trato digestivo, também é revestido por epitélio pavimentoso estratificado não queratinizado. As **glândulas esofágicas** secretam muco que auxiliam no transporte do alimento e na proteção da mucosa.

O **estômago**, no qual a secreção de enzimas atuará mais fortemente na digestão do alimento, possui a mucosa revestida por epitélio colunar simples cheio de invaginações. Essas estruturas formam as **fossetas gástricas**, desembocando a secreção de diversas glândulas do estômago. Este órgão é dividido em quatro regiões:

- **Cárdia:** possui principalmente células produtoras de muco e lisozima.
- **Fundo** e o **corpo:** possuem células-tronco, células mucosas, células parietais ou oxínticas (produtoras de ácido clorídrico), células zimogênicas (produtoras de pepsina e lipase) e células enteroendócrinas.
- **Piloro:** apresenta as fossetas gástricas mais profundas e possui as células G que, estimuladas pela distensão estomacal, liberam gastrina, o que leva à produção de ácido pelas células parietais.

O processo final da digestão ocorre no **intestino delgado**, no qual o epitélio especializado atuará na absorção dos nutrientes. Para isso, a superfície intestinal apresenta estruturas que aumentam sua superfície como as **pregas**, visíveis a olho nu. Na camada mucosa, as **vilosidades**, projeções da mucosa em direção ao lúmen, e as **microvilosidades**, projeções da membrana plasmática das células absorptivas, contribuem ainda mais para o aumento da área de absorção. Estão também presentes as células caliciformes (produtoras de mucina), as células de Paneth (produtoras de lisozima), as células M (captam antígenos e os transportam para macrófagos e linfócitos adjacentes). Sendo um órgão relativamente longo, o intestino delgado é anatomicamente dividido em **duodeno**, **jejuno** e **íleo**, com uma estrutura histológica

semelhante em todas as porções.

O **intestino grosso** atua na absorção de água, fermentação, formação do bolo fecal e secreção de muco. Constituído por **ceco**, **cólon** (ascendente, transverso, descendente e sigmoide), **reto** e **ânus**, não apresenta pregas (exceto reto) nem vilosidades. Contém criptas longas com poucas células absorptivas e muitas células calciformes.

Glândulas acessórias do trato digestório

As **glândulas salivares**, como o próprio nome já diz, produzem a saliva que atuará na umidificação do alimento, iniciando a digestão dos carboidratos e lipídios (secreção de amilase e lipase) e secretando componentes, como a lisozima, que tem ação germicida. As células glandulares são classificadas de acordo com o tipo de secreção: **serosas**, quando secretam enzimas; células **mucosas**, secretoras de muco. Além das pequenas glândulas distribuídas pela cavidade oral, existem também as glândulas parótida (serosa, acinosa composta), submandibular e sublingual (serosa e mucosa, tubuloacinosa), maiores e responsáveis pela maior parte da saliva secretada.

O **pâncreas** tem funções exócrinas e endócrinas e atua tanto na digestão quanto na regulação dos nutrientes absorvidos. A porção exócrina está arranjada em ácinos e produz, armazena e secreta enzimas como tripsinogênios, lipases, amilases etc. Já a porção endócrina está organizada em agrupamentos conhecidos como **ilhotas pancreáticas** ou ilhotas de Langerhans, que produzem insulina e glucagon de acordo com a necessidade fisiológica corporal.

O **fígado**, além de atuar como um faxineiro no organismo pela metabolização de substâncias tóxicas, também é fundamental no metabolismo de lipídios, carboidratos e proteínas. O sangue venoso chega ao órgão trazendo os metabolitos da digestão. Dentre esses, lipídios e carboidratos são armazenados como reserva energética nos períodos entre as refeições. Essa enorme glândula multifuncional de cerca de 1,5kg é constituída por hepatócitos, células de Kupffer (macrófagos) e células de Ito, células armazenadoras de lipídios e muita vascularização. O órgão é dividido em lóbulos constituídos por cordões de hepatócitos que se convergem para a parte central, onde existe a veia central. Na periferia do lóbulo existe o **espaço-porta** em que está o tecido conjuntivo contendo ductos biliares, vasos linfáticos,

nervos e vasos sanguíneos.

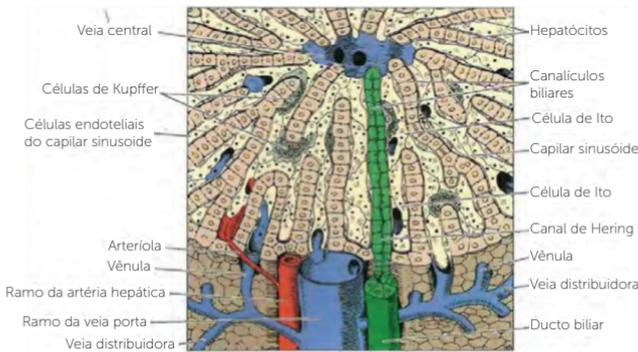
A **vesícula biliar** é constituída por epitélio colunar simples e lâmina própria, camada de tecido muscular e membrana serosa delgada. É um órgão oco cuja função é armazenar de forma concentrada a bile produzida pelos hepatócitos, ligada ao fígado pelos ductos hepáticos. A bile atuará principalmente na digestão de gorduras no intestino.



Assimile

Para assimilar a estrutura e os constituintes de um lóbulo hepático, analise a figura a seguir.

Figura 2.7 | Esquema da estrutura e componentes de um lóbulo hepático



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 325).

O sistema respiratório

Além dos nutrientes absorvidos e metabolizados pelo sistema digestório, a oxigenação dos tecidos é vital para o corpo. Dessa maneira, os processos de inspiração e expiração e as trocas gasosas são as funções desempenhadas pelo sistema respiratório. Constituído pelos pulmões e pelo sistema de tubos que conectam o parênquima pulmonar com o meio exterior, esse sistema é dividido em **porção condutora** (fossas nasais, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos) e **porção respiratória**, em que ocorrem efetivamente as trocas gasosas.

O epitélio respiratório é um tipo especial de revestimento formado por epitélio ciliado pseudoestratificado colunar que possui, além das

células colunares ciliadas, as **células caliciformes** secretoras de muco. Também estão presentes as **células em escova**, que atuam como receptores sensoriais, as **células granulares**, que fazem parte do sistema neuroendócrino difuso e as **células basais**, células-tronco que originam as demais células.

O ar entra pelas **fossas nasais** que possuem três regiões: o **vestíbulo** é a entrada do nariz, com mucosa formada por epitélio estratificado pavimentoso com os pelos nasais conhecidos como vibrissas. Quando o vestíbulo se aprofunda, há a **área respiratória** revestida por epitélio respiratório. O muco secretado tem a função de colar partículas e microrganismos e levá-los à faringe para que não adentrem a porção respiratória. **A área olfatória** será estudada futuramente.

Continuando com as fossas nasais, temos a **nasofaringe**, separada da **orofaringe** pelo palato mole. Quando a separação termina, forma-se a faringe. Essa área é conectada à traqueia pela porção condutora denominada **laringe**, mantida sempre aberta graças às estruturas cartilaginosas hialinas e elásticas. É nessa parte do tubo respiratório que estão localizadas as **cordas vocais**, eixos de tecido conjuntivo elástico que se ligam aos músculos intrínsecos da laringe. É o movimento desses músculos controlando a passagem de ar que criam diferentes sons e tonalidades.

Após a laringe, está a **traqueia** que possui cartilagens hialinas em formato de "C" com a porção interna revestida por epitélio respiratório e porção externa por conjuntivo frouxo. A ramificação da traqueia forma os dois **brônquios** que penetram os pulmões pelo **hilo**, com o sistema circulatório. Os brônquios se dividem em três ramos no pulmão direito e em dois ramos, no esquerdo, sendo que cada brônquio penetra um lobo pulmonar. Histologicamente, esses brônquios primários são semelhantes à traqueia. À medida que esses tubos condutores se ramificam até a porção respiratória, o epitélio se torna mais baixo e a cartilagem se perde. As ramificações seguintes formarão os **bronquíolos**, que têm como característica uma camada muscular mais desenvolvida. A ramificação segue com a formação dos **bronquíolos terminais**, que apresentam parede mais fina e possuem as **células de Clara**, secretoras de proteínas auxiliaadoras na proteção contra poluentes e contra inflamações. E, por fim,

os bronquíolos terminais se dividem para formar os **bronquíolos respiratórios**. Essa sequência de ramificações se assemelha aos troncos e galhos de árvores e, por isso mesmo, é chamada de **árvore brônquica**. Nos bronquíolos respiratórios, invaginações formam sacos que vão se abrindo e formando os **alvéolos** que constituem a porção respiratória. São eles que conferem a estrutura esponjosa do parênquima pulmonar. As finas paredes dos alvéolos são formadas por um epitélio delgado, constituído pelos **pneumócitos**, que se apoiam em um tecido conjuntivo rico em capilares sanguíneos. Pneumócitos do **tipo I** estão associados ao endotélio adjacente pela fusão das duas lâminas basais e são responsáveis pelas trocas gasosas. Já os do **tipo II** secretam substâncias com ação surfactante que reduzem a tensão superficial dos alvéolos, o que favorece sua constrição e dilatação, facilitando a respiração.



Exemplificando

Para compreender as estruturas respiratórias apresentadas e visualizar diversas imagens histológicas, consulte os esquemas do capítulo 17, da obra:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Outros esquemas didáticos podem também ser estudados no capítulo 13 de:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

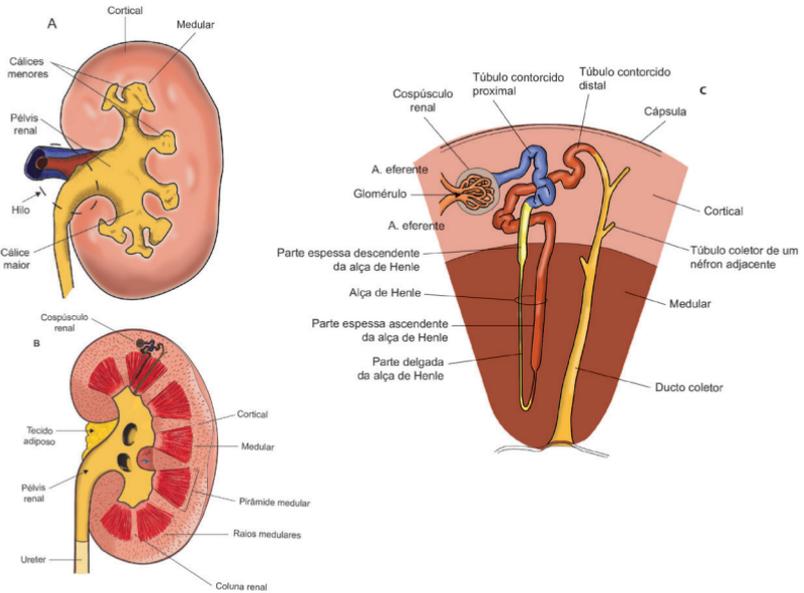
O sistema urinário

Após a metabolização dos nutrientes absorvidos, muitos resíduos, água e eletrólitos precisam ser excretados para o meio externo. É esse o papel dos rins, ureteres, bexiga e uretra que formam o sistema urinário. Além disso, os rins secretam hormônios como a **renina**, que contribui para a regulação da pressão sanguínea e a **eritropoietina** que estimula a produção de eritrócitos.

Os rins são formados pela **cápsula**, constituída por tecido

conjuntivo denso, a **zona cortical** e a **zona medular**. Estruturas renais como os néfrons, corpúsculos renais, túbulos e alças estão esquematizados na Figura 2.8.

Figura 2.8 | Corte esquemático do rim (A) com a localização cortical e medular dos componentes (B) e a constituição de um néfron (C) com túbulo e ductos coletores



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 372).

É a íntima interação dos túbulos renais com a rede de capilares sanguíneos que confere a homeostase orgânica fundamental para o funcionamento eficiente do corpo. Esse contato íntimo ocorre no **corpúsculo renal** onde os **capilares fenestrados** do **glomérulo** são abraçados pelos pés dos **podócitos**, ou seja, por suas projeções citoplasmáticas características. Esses pés possuem estruturas delgadas, os diafragmas, que participam do processo de filtração do sangue.

Os **túbulos renais**, de acordo com sua função, apresentam regiões com diferentes tipos de células epiteliais. As áreas com função de absorção como o **túbulo contorcido proximal**, por exemplo, apresentam células com **microvilosidades**. Já regiões onde ocorre

apenas o transporte de íons, como no **túbulo contorcido distal**, as células não apresentam essas especializações de membrana. A união dos tubos e ductos se convergem na formação do **ureter** que conduz a urina concentrada à **bexiga**. Dada a funcionalidade desse órgão, ele é formado por epitélio de transição já que o formato das células muda de acordo com o volume de urina ali presente. E, para que seja eliminada do corpo, a urina deixa a bexiga através da **uretra**, revestida por epitélio pseudoestratificado colunar ou epitélio plano estratificado, dependendo da região estudada. Além disso, as uretras feminina e masculina geralmente apresentam diferenças histológicas.



Pesquise mais

É muito importante que você conheça mais sobre as estruturas renais. Por isso, aprofunde-se no capítulo 19 de:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Você também vai ter mais clareza no assunto apreendido se estudar o capítulo 14 de:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e Biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Lembre-se sempre de buscar sites que contenham imagens de lâminas histológicas dos tecidos/órgãos estudados na seção. Assim, você fica familiarizado com as estruturas e arrasará nas aulas práticas. Um exemplo de sites como esse é o Atlas virtual de histologia:

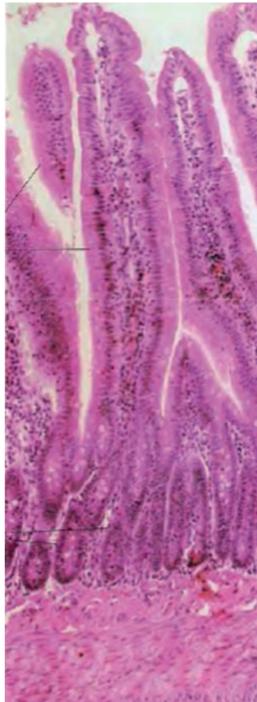
DEMOR UFRN. **Atlas virtual de histologia**. Disponível em: <<http://histologiaufrn.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

Sem medo de errar

Enzo decidiu fazer uma pesquisa comparativa entre os dois tecidos para auxiliar a colega. Assim, as diferenças encontradas nas amostras histológicas de intestino delgado e de intestino grosso estão relacionadas, como sempre, à função desses órgãos. O epitélio

do **intestino delgado** é especializado na absorção de nutrientes. Assim, para aumentar a área de contato com o alimento e promover uma absorção de metabólitos mais eficiente, essa porção do tubo digestório é rica em **pregas, vilosidades e microvilosidades**. As pregas podem ser vistas a olho nu e, ao microscópio, é possível visualizar as vilosidades e as microvilosidades. Essas **especializações de membrana** estão presentes nas células absorptivas, as células características do epitélio intestinal delgado.

Figura 2.9 | Imagem histológica de microvilosidades intestinais abundantes no intestino delgado



Fonte: Junqueira e Carneiro (2011, p. 301).

Já no **intestino grosso** não há pregas e nem vilosidades. As células absorptivas estão em menor número quando comparadas com o intestino delgado, enquanto as **células caliciformes** são abundantes, pois a produção de muco nessa região é importante para facilitar a passagem do bolo fecal e proteger o epitélio.

Figura 2.10 | Imagem histológica de intestino grosso mostrando abundante presença de células caliciformes



Fonte: Junqueira e Carneiro (2011, p. 313).

Avançando na prática

Glândulas unicelulares

Descrição da situação-problema

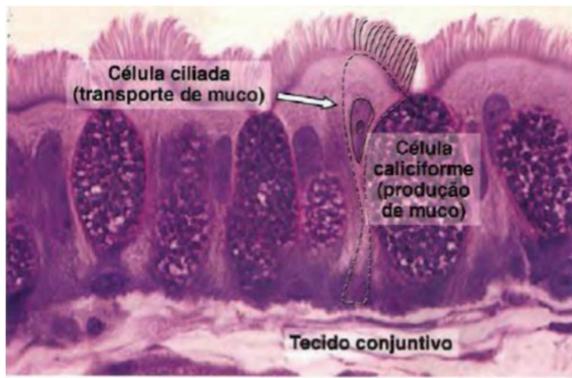
A turma do curso de Enzo está estudando os epitélios glandulares e, com o objetivo de discutir o tema de forma participativa, o professor decidiu dividir a sala em grupos para que todos pudessem contribuir. O grupo do qual Enzo faz parte ficou com o tema glândulas unicelulares. Assim, eles devem apresentar as características desse tipo de glândula, suas funções e em quais órgãos elas são importantes.

Resolução da situação-problema

As **células caliciformes** são o exemplo mais bem conhecido de glândula unicelular. Em formato de cálice, elas têm o seu núcleo deslocado para a porção basal, por apresentar as organelas sintéticas bem desenvolvidas. Assim, retículo endoplasmático rugoso e

complexo de Golgi são bem desenvolvidos nessas células e o que dá o seu formato característico é justamente o acúmulo de produtos de secreção em seu citoplasma. As células caliciformes estão presentes no **epitélio intestinal** e produzem glicoproteínas ácidas do tipo mucina, hidratadas e formam o muco com o objetivo de proteger e lubrificar o revestimento intestinal.

Figura 2.11 | Imagem histológica de células caliciformes do epitélio respiratório



Fonte: Junqueira e Carneiro (2011, p. 340).

Essas células também estão presentes em grande quantidade no **epitélio respiratório**, no qual o muco é essencial para aprisionar microrganismos e partículas. Com o batimento dos cílios presentes em células desse epitélio, o muco protetor se desloca para o exterior protegendo o aparelho respiratório de substâncias estranhas e/ou patogênicas.

Faça valer a pena

1. O tubo digestório possui estrutura semelhante ao longo de sua extensão com particularidades em certas regiões. Em algumas delas, tanto a camada submucosa quanto a túnica muscular apresentam estruturas responsáveis pela transmissão de estímulos nervosos.

Quais são essas estruturas?

a) Plexo mioentérico e plexo submucoso.

- b) Gânglio mioentérico e gânglio submucoso.
- c) Plexo intestinal e plexo gástrico.
- d) Plexo mucoso e plexo adventício.
- e) Gânglio mucoso e gânglio adventício.

2. O _____ é formado por _____ que possui _____ secretoras de _____. Também estão presentes _____, _____ e _____.

Qual alternativa contém as palavras que completam as lacunas corretamente?

- a) Epitélio respiratório, epitélio ciliado pseudoestratificado colunar, células caliciformes, muco, células em escova, células granulares, células basais.
- b) Epitélio olfatório, epitélio ciliado pseudoestratificado colunar, células caliciformes, muco, células em escova, células granulares, células basais.
- c) Epitélio olfatório, epitélio ciliado pseudoestratificado colunar, células caliciformes, muco, células de transição, células granulares, células basais.
- d) Epitélio respiratório, epitélio ciliado colunar, células caliciformes, muco, células em escova, células granulares, células basais.
- e) Epitélio respiratório, epitélio ciliado pseudoestratificado colunar queratinizado, células caliciformes, muco, células em escova, granulócitos, células basais.

3. Depois que os nutrientes são absorvidos e metabolizados pelo sistema digestório, é necessário que substâncias desinteressantes como resíduos, tóxicos ou não, água e eletrólitos em excesso sejam descartados do corpo. É o sistema renal que desempenha esse papel.

Quais são os hormônios produzidos pelos rins?

- a) Renina e eritropoietina.
- b) Renina e ficoeritrina.
- c) Adrenalina e eritropoietina.
- d) Adrenalina e serotonina.
- e) Adrenalina e renina.

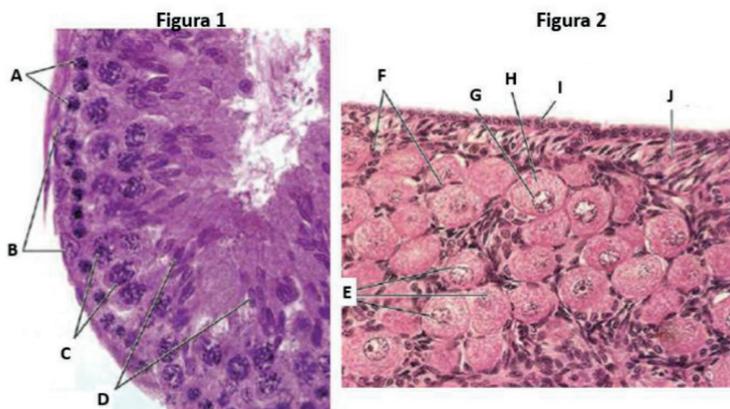
Seção 2.3

Sistema endócrino, reprodutor masculino e feminino e órgãos do sentido

Diálogo aberto

Enzo não se cansa de aprender e, por isso, está muito entusiasmado com todos os projetos de pesquisa em histologia com os quais tem contribuído. No momento, uma aluna que acaba de iniciar o seu mestrado estudará patologias relacionadas ao sistema reprodutor masculino e feminino e está precisando muito dos conhecimentos do “quase” veterano Enzo. Ele precisa auxiliar a nova colega na identificação de estruturas do epitélio germinativo masculino e feminino. Ela apresentou as imagens histológicas a seguir, nas quais é necessário que Enzo identifique as estruturas apontadas. Qual figura corresponde ao epitélio germinativo masculino e ao epitélio germinativo feminino?

Figura 2.12 | Epitélios germinativos



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 417 e 434).

Não pode faltar

Nossa jornada tem sido incrível até aqui, não é mesmo? Para concluir nossa viagem pelo mundo da histologia, entenderemos como o sistema endócrino orquestra as variadas funções dos sistemas orgânicos. Também conheceremos a histologia dos sistemas reprodutor masculino e feminino e, por fim, abordaremos os órgãos dos sentidos. Pronto para mais uma etapa?

Sistema endócrino

Grande parte das funções orgânicas são comandadas por sinais químicos que transitam entre os órgãos, os tão falados **hormônios**, produzidos e secretados por diferentes glândulas, e podem agir tanto a distância, levados pela corrente sanguínea, quanto em seu próprio local de secreção. Esses hormônios, em seus **tecidos-alvo**, são reconhecidos por **receptores** gerando uma resposta específica. Conheceremos agora as **glândulas endócrinas**, ou seja, as glândulas formadas por células e estruturas que produzem e secretam os hormônios “para dentro”.

Hipófise

A hipófise, ou glândula pituitária, está localizada na base do cérebro, ligada ao hipotálamo pelo pedículo. A hipófise é constituída por duas partes: a **neuro-hipófise**, de origem embriológica nervosa, e a **adeno-hipófise** de origem ectodérmica.



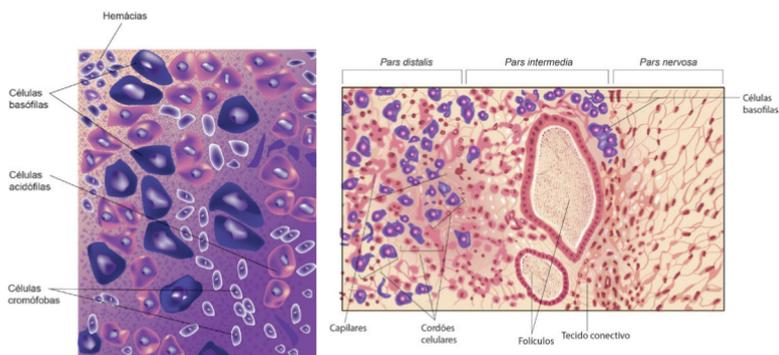
Assimile

Para assimilar a estrutura do **sistema hipotálamo-hipofisário** estude o esquema da figura da página 390 de JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

A adeno-hipófise está dividida em **pars distalis**, formada por cordões de células epiteliais produtoras de hormônios cercadas de vascularização, **pars tuberalis**, região afunilada ao redor da neuro-hipófise com células também em cordões, e a **pars intermedia**, formada por cordões e folículos de células.



Figura 2.13 | Estrutura da adeno-hipófise e seus diferentes tipos celulares



Fonte: adaptada de Eynard, Valentich e Rovasio (2011, p. 371).

A neuro-hipófise, constituída pela **pars nervosa** e pelo **infundíbulo**, não contém células com função de secreção, mas, sim, os **pituitócitos**, células muito ramificadas de natureza neuroglial entremeadas por axônios neuronais. O constituinte mais importante dessa porção é um conjunto de milhares de axônios mielinizados de neurônios secretores que têm sua secreção acumulada em suas extremidades que chegam à **pars nervosa**.



Veja o esquema mostrando os hormônios e seus tecidos-alvo, na página 394, da obra:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Para saber mais sobre o mesmo ponto, veja as figuras 18-6, 18-7, 18-8, 18-9, 18-10, 18-11 e 18-15, página 525-534, em:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Tireoide

Quem nunca ouviu alguém dizendo: “eu tenho um problema de saúde, tenho tireoide” se referindo ao hipo ou hipertireoidismo. Na verdade, nós e a maioria dos vertebrados apresentamos esse órgão ou similar. Nos humanos, a sua principal função é a produção dos hormônios **tiroxina** (T4) e **tri-iodotironina** (T3) que regulam a taxa metabólica. Histologicamente, essa glândula é formada por folículos de diversos diâmetros, constituídos de epitélio simples com substância coloidal em seu interior. Como a maioria das glândulas, ela é coberta por uma cápsula de tecido conjuntivo frouxo que lança septos no interior do parênquima.

Paratireoides

Essas quatro pequenas glândulas associadas à face posterior da tireoide são formadas por células epiteliais dispostas em cordões entremeados por capilares sanguíneos. As células chamadas de **principais** em que em maior quantidade e secretam o paratormônio, já as **células oxífilas** ainda não possuem função descrita.

Adrenal

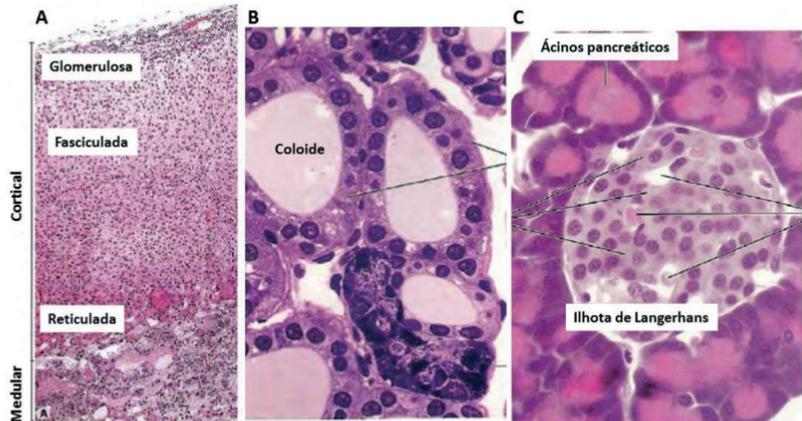
Como o nome já diz, as adrenais estão localizadas justapostas acima dos rins e, por isso, podem ser chamadas também de suprarrenais. São envoltas por cápsula de tecido conjuntivo e formadas por **camada cortical** e **camada medular**. Na cortical, encontramos, de fora para dentro, a **zona glomerular**, formada por células piramidais, organizadas em cordões, a **zona fasciculada**, em que os cordões de células assemelham-se aos fascículos e a **zona reticulada** com cordões celulares irregulares. As células corticais secretam esteroides de três grupos: glicocorticoides, mineralocorticoides e andrógenos. Na medula, uma rede de fibras reticulares sustenta aglomerados de células poliédricas envolvidas por abundante vascularização. Essas células secretam catecolaminas, as famosas adrenalina e noradrenalina, conhecidas também como epinefrina ou noraepinefrina.

Ilhotas de Langerhans

Essas pequenas aglomerações estão localizadas no tecido

pancreático exócrino e funcionam como um miniórgão endócrino. As células poligonais de diferentes tipos também estão dispostas em cordões envolvidos por capilares sanguíneos fenestrados. As principais células dessa glândula são as **alfa**, acidófilas que secretam glucagon, e as **beta**, basófilas que secretam insulina.

Figura 2.14 | A) Regiões do córtex adrenal; B) Corte de tireoide com folículos formados por células foliculares e parafoliculares com o colóide interno; C) Corte do pâncreas mostrando uma Ilhota de Langerhans e células acinosas pancreáticas



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 400, 408 e 404).



Refleta

De acordo com seus conhecimentos em fisiologia, reflita sobre a importância das células alfa e beta das Ilhotas de Langerhans e discuta possíveis patologias relacionadas a esses elementos.

Pineal

Essa pequena glândula localizada no crânio entre o encéfalo e o cerebelo é revestida pela **pia-máter** e, a partir dessa camada, penetram a glândula septos conjuntivos que dividem a glândula em lóbulos irregulares. As células mais frequentes são os **pinealócitos** e os **astrócitos**. Os hormônios aqui produzidos estão envolvidos no controle dos biorritmos circadianos (24h) e sazonais (estações do ano).



Pesquise mais

É muito importante compreender a função hormonal das glândulas apresentadas. Por isso, aprofunde-se lendo o capítulo 20 de:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Estude também os capítulos 18 e 19 de:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Sistema reprodutor masculino

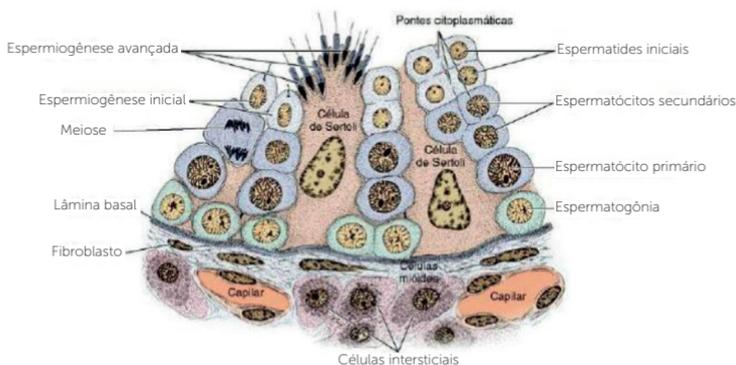
Fazem parte desse sistema testículos, epidídimo, ductos, vesícula seminal, próstata e pênis. Os testículos são envoltos por uma camada rígida de tecido conjuntivo chamada de **túnica albugínea** que adentram o órgão formando os lóbulos testiculares. Desses compartimentos partem os **túbulos seminíferos**, constituídos de **epitélio germinativo** formado por células de Sertoli, que dão suporte nutritivo para as células da **linhagem espermatogênica**, que originam os **espermatozoides**. Também estão presentes as **células intersticiais** que secretam andrógeno testicular.



Assimile

O processo que leva à produção de espermatozoides é chamado de espermatogênese e está ilustrada na figura abaixo.

Figura 2.15 | Espermatogênese



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 416).

Você assimilará melhor as etapas desse processo no capítulo 20 de:

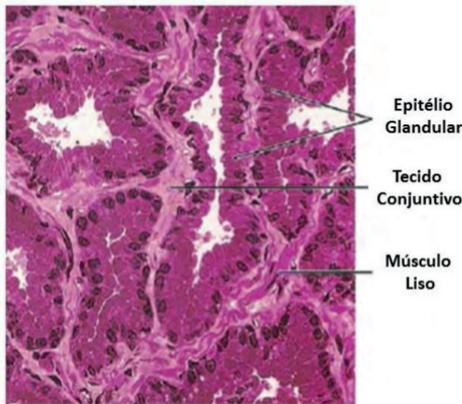
KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Após saírem nos testículos, os espermatozoides penetram o **epidídimo**, no qual adquirirão motilidade. Na **cabeca** do epidídimo estão os canais enovelados chamados de **ductos eferentes**, revestidos por epitélio pseudoestratificado e microvilos, envolto por camada de musculatura lisa. Esses tubos desembocam em um tubo único e longo, o **ducto epididimário**, que forma o **corpo** e a **calda** do epidídimo. Constituído também por epitélio pseudoestratificado colunar com intensa síntese proteica. A partir do epidídimo sai o **ducto deferente**, com uma espessa camada de músculo liso, sofre fortes contrações que levam à expulsão do sêmen. Penetrando na próstata, esse ducto se abre na uretra prostática.

O sistema reprodutor masculino possui três glândulas importantes para o seu funcionamento: as **vesículas seminais**, a **próstata** e as **glândulas bulbouretrais**. As vesículas **não** são reservatórios de espermatozoides, na verdade, elas produzem secreção que nutrirá e diluirá os espermatozoides acumulados no ducto deferente. Os túbulos enovelados que formam a

vesícula contêm epitélio simples colunar ou cúbico com células, apresentando retículo endoplasmático rugoso e complexo de Golgi bem desenvolvidos, características de intensa síntese e secreção de glicoproteínas. A próstata, envolta por um cápsula fibrosa, é formada por glândulas túbuloalveolares ramificadas de epitélio cuboide ou pseudoestratificado. Os ductos dessas glândulas desembocam na uretra. As glândulas bulbouretrais têm epitélio cilíndrico que secreta uma substância lubrificante que precede a passagem do sêmen.

Figura 2.16 | Glândulas túbuloalveolares da próstata envolvidas por tecido conjuntivo e músculo liso



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 429).

O pênis é constituído por três tecidos eréteis, os **corpos cavernosos**, envolvidos por uma camada espessa de tecido conjuntivo. Essas estruturas eréteis são formadas por tecido esponjoso onde as trabéculas limitam os **seios venosos vasculares** comunicantes. Assim como no testículo, os corpos cavernosos também são envoltos pela túnica albugínea.

Sistema reprodutor feminino

O sistema reprodutor feminino é constituído por dois ovários, duas tubas uterinas, o útero, a vagina e a genitália externa. Os **ovários** são estruturas amendoadas cobertas pelo **epitélio germinativo**, formado por epitélio simples pavimentoso ou cúbico. São envolvidos pela túnica albugínea e, abaixo desta, está o córtex

com os folículos ovarianos que contêm os ovócitos. A região mais interna é a medular constituída por tecido conjuntivo frouxo, rico em veias e artérias.



Pesquise mais

Busque mais informações sobre as etapas de formação dos folículos ovarianos e todo seu amadurecimento até a ovulação e, finalmente, a formação do corpo lúteo e sua importância hormonal. Você se interessará pelo capítulo 22 de:

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Assista a um vídeo que mostra lâminas histológicas de ovário para compreender melhor as estruturas estudadas. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JQvNlY7D6Sc&t=285s>>. Acesso em: 19 dez. 2016.

As **tubas uterinas** são tubos musculares ligados ao útero pela **extremidade intramural** e que se aproximam do ovário em sua outra extremidade, o **infundíbulo**, que possui prolongamentos denominados **fimbrias**. A mucosa da tuba é estruturada por epitélio colunar simples, apresentando células secretoras e células ciliadas que, em conjunto, auxiliam na proteção, nutrição e transporte do óvulo até o útero. Este é um órgão em formato de pera, cuja parte mais robusta é **fundo** e a porção estreitada é o colo uterino. A espessa parede uterina é formada pela camada serosa, constituída por mesotélio e tecido conjuntivo, a adventícia, apenas com tecido conjuntivo, o miométrio, formado por uma camada grossa de tecido muscular liso, e o endométrio que consiste em um epitélio e em uma lâmina própria com glândulas tubulares.

O endométrio pode ser dividido ainda em **camada basal**, de tecido conjuntivo, com a porção inicial das glândulas uterinas, e em camada **funcional**, formada pela porção final das glândulas e pelo epitélio superficial. Obviamente, essa porção do útero tem um rico aporte vascular, importante para os processos que ocorrem ao longo do ciclo menstrual. A **vagina** é um órgão que apresenta

propriedades elásticas, importantes tanto para o sexo quanto para o parto. A **mucosa** vaginal apresenta epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado, apoiado em um tecido conjuntivo frouxo rico em fibras elásticas. Abaixo, está a camada muscular e, na sequência, a camada adventícia, constituída por tecido conjuntivo denso rica também em espessas fibras elásticas. Como essa porção do sistema reprodutivo não apresenta glândulas, o muco dessa área vem das glândulas do cérvix uterino. A vagina termina no vestibulo, protegido pelos pequenos e grandes lábios e, completando a **genitália externa** ou **vulva**, também se encontra ali o clitóris. Os pequenos lábios representam dobras da mucosa vaginal, porém com uma delgada camada de células queratinizadas. Já os lábios maiores são dobras de pele contendo grande quantidade de tecido adiposo.

Órgãos dos sentidos

Nos órgãos dos sentidos, receptores captam sinais externos e os convertem em alterações do potencial de membrana que chegam ao sistema nervoso central. A **pele**, por exemplo, é o maior órgão do corpo e constitui um complexo sistema sensorial com receptores para diversos sinais.



Exemplificando

Sinais	Receptores	Outras localizações
Tato	Terminações nervosas livres Complexo de Merkel Corpúsculo de Meissner	
Pressão (vibração, cócegas)	Terminações nervosas livres Corpúsculos de Pacini Bulbo terminal de Krause	Córnea, articulações. Mesentério. Conjuntiva, mucosa oral.
Alongamento	Corpúsculo de Ruffini	Articulações.
Temperatura	Terminações nervosas livres	Mucosa oral.
Dor	Terminações nervosas livres	Órgãos internos.

Fonte: Eynard, Valentich e Rovasio (2011, p. 408).

Os **olhos** são estruturas fotossensíveis, compostas por uma **camada externa fibrosa** que sustenta o olho. Nessa camada encontram-se a **esclera** e a **córnea**, um epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado. A segunda camada ocular é a **média** ou **vascular**, que fornece nutrição ao tecido. E, por último, a **camada interna fotorreceptora**, a **retina**, que recebe e transmite imagens ao cérebro.

O órgão da audição é também responsável pelo equilíbrio e é formado pelo **ouvido externo, médio e interno**. A porção externa é constituída pela **orelha** e meato **acústico externo**, formados por cartilagem elástica, pelas **glândulas sebáceas** e ceruminosas e pela **membrana do tímpano**, de epitélio cúbico simples. A porção média é revestida por epitélio simples pavimentoso e possui três ossículos articulados: o **martelo**, a **bigorna** e o **estribo**. É a vibração dessas pequenas estruturas que amplificam o som que atinge o tímpano. Por sua vez, o **ouvido interno** é formado pelo labirinto membranoso, formado por sacos membranosos cheios de líquido, importantes para a manutenção do equilíbrio corporal, o **labirinto ósseo**, no qual está presente a **cóclea**, estrutura altamente especializada em recepção sonora.

O **olfato** é possível graças à mucosa olfatória, constituída pelo **neuroepitélio**, apoiado sobre um tecido conjuntivo altamente vascularizado e o **paladar**, como já estudado anteriormente, é possível devido às especializações epiteliais linguais chamadas de **papilas** ou **botões gustativos**.



Pesquise mais

É sempre bom buscar mais! Por isso, aprofunde-se nos órgãos dos sentidos estudando o capítulo 11 de:

EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas**: bases celulares e moleculares. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

Leia também o capítulo 23 de:

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Sem medo de errar

Nas imagens histológicas apresentadas pela nova mestrandia, Enzo pôde identificar, após uma breve revisão das lâminas visualizadas em aula prática, as seguintes estruturas:

Figura 1	Figura 2
A – Espermatogônias	E – Folículos primordiais
B – Células de Sertoli	F – Células foliculares
C – Espermatócitos	G – Núcleo
D – Espermátides	H – Citoplasma
	I – Epitélio germinativo
	J – Túnica albugínea

Assim, a figura 1 contém células características do epitélio germinativo masculino e, portanto, a figura 2 mostra um epitélio germinativo feminino com suas diversas células e estruturas.

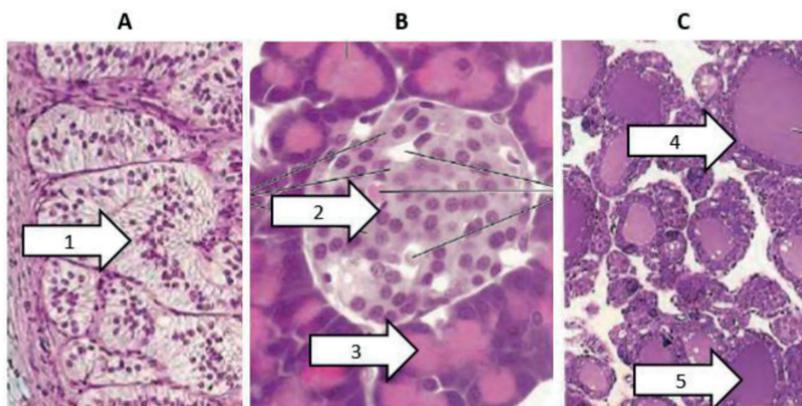
Avançando na prática

Você é capaz de diferenciar essas glândulas?

Descrição da situação-problema

Você está concorrendo a uma bolsa de iniciação científica para desenvolver um projetinho em uma universidade muito importante. Nesse projeto, você estudará as glândulas endócrinas adrenal, tireoide e ilhotas de Langerhans. Na primeira etapa da seleção, você fará uma prova, na qual deverá diferenciar essas três glândulas em imagens histológicas. Dentre as figuras a seguir, qual corresponde a cada glândula? Quais são as regiões ou os elementos apontados?

Figura 2.17 | Imagens histológicas com três tipos de glândulas



Fonte: adaptada de Junqueira e Carneiro (2011, p. 400, 404 e 408).

Resolução da situação-problema

Figura A – Adrenal	Figura B – Ilhota de Langerhans	Figura C - Tireoide
1 – Zona glomerulosa	2 – Ilhota de Langerhans	4 – Células foliculares
	3 – Ácinos pancreáticos	5 – Coloide

Faça valer a pena

1. _____ são produzidos por diferentes _____ e agem _____ ou _____, quando levados pela _____. Essas substâncias atingem _____ e se ligam a _____.

Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas acima:

- Hormônios, glândulas, localmente, a distância, corrente sanguínea, tecidos-alvo, receptores.
- Hormônios, glândulas, localmente, a distância, circulação linfática, tecidos-alvo, células.
- Mucos, glândulas, localmente, a distância, corrente sanguínea, tecidos-alvo, receptores.

d) Mucos, glândulas, localmente, em células, corrente sanguínea, tecidos-alvo, receptores.

e) Antígenos, glândulas, localmente, a distância, corrente sanguínea, células-alvo, anticorpos.

2. O organismo deve funcionar como uma orquestra e as glândulas endócrinas representam o maestro que auxilia os músicos a manter o correto andamento da canção. Uma dessas glândulas é dividida em *pars distalis*, *pars tuberalis* e *pars intermedia*.

Qual glândula é essa?

a) Adeno-hipófise.

b) Neuro-hipófise.

c) Tireoide.

d) Adrenal.

e) Pineal.

3. São aglomerações de células endócrinas localizadas dentro de um tecido glandular exócrino. Esses acumulados celulares são constituídos por diferentes tipos celulares, sendo os mais frequentes os do tipo A e B.

À qual estrutura o texto se refere e quais são os produtos de secreção dos tipos celulares citados?

a) Ilhotas de Langerhans, glucagon e insulina, respectivamente.

b) Adrenal, adrenalina e noradrenalina, respectivamente.

c) Ilhotas de Langerhans, insulina e noradrenalina, respectivamente.

d) Tireoide, tiroxina e tri-iodotironina, respectivamente.

e) Ácinos pancreáticos, glucagon e insulina, respectivamente.

Referências

DEMOR UFRN. **Atlas virtual de histologia**. Disponível em: <<http://histologiaufrn.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas**: bases celulares e moleculares. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

ICB UFMG. **Atlas histológico online**. Disponível em: <http://depto.icb.ufmg.br/dmor/hem/atlas_histologico.html>. Acesso em: 27 nov. 2016.

JUNQUEIRA, L. C.; **Biologia estrutural dos tecidos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

KIERSZENBAUM, A. L. **Histologia e biologia celular**: uma introdução à patologia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Componentes celulares e moleculares das etapas iniciais do desenvolvimento embrionário

Convite ao estudo

Caro aluno, até aqui concluímos com sucesso os conteúdos de histologia. Pudemos aprender sobre os quatro tecidos básicos e de que forma eles se combinam para formar todos os órgãos e sistemas. Chegou a hora de compreendermos todas as etapas da formação desses tecidos e órgãos. Muitos exemplos do desenvolvimento humano serão usados para a compreensão das etapas, mas lembre-se de que, para um biólogo ou professor de Biologia, é fundamental analisar de forma comparativa as principais semelhanças e diferenças da Biologia do desenvolvimento dos vertebrados, desde a formação dos gametas e suas implicações genéticas na evolução até as fases finais da vida fetal.

O termo embriologia significa o estudo do desenvolvimento dos embriões. Para aplicarmos o conhecimento de forma prática, abordaremos as situações vividas por Maria Flor, uma bióloga recém-formada que trabalha em uma clínica de reprodução humana. Não é muito difícil de imaginar o quão importante é o embasamento em embriologia para esse trabalho, não é mesmo? Maria Flor precisará analisar materiais biológicos, como a qualidade de gametas, estágio de maturação de ovócitos, fetos, entre outros. Assim como Maria Flor, ao final desta unidade, você terá compreendido os componentes celulares e moleculares envolvidos nas etapas iniciais do desenvolvimento embrionário.

Na Seção 3.1, faremos uma breve introdução sobre a embriologia, abordando as questões de herança genética e aprendendo sobre a formação dos gametas femininos e masculinos. Também veremos como se dá a fecundação, bem como o uso de alguns termos necessários para as próximas seções. Na Seção 3.2, trataremos das etapas iniciais da formação do embrião com as etapas de clivagem, blastulação e gastrulação. Também abordaremos os aspectos gerais e comparativos do início da formação dos órgãos e os anexos embrionários. Na Seção 3.3, tomaremos o anfioxo como um modelo de estudo comparativo e estudaremos o desenvolvimento inicial de peixes, anfíbios, répteis e aves.

Se você, futuro biólogo, já havia se apaixonado pelo estudo dos tecidos, agora amará conhecer as etapas da formação de um novo ser!

Bem-vindo à embriologia!

Seção 3.1

Gametogênese feminina e masculina

Diálogo aberto

Maria Flor é uma bióloga recém-formada que ama embriologia. De tão encantada por esse assunto e buscando se aprimorar cada vez mais, ela buscou por uma vaga em uma famosa clínica de reprodução humana de sua cidade. O primeiro trabalho designado para Maria Flor é emitir um laudo explicativo sobre a avaliação de uma biópsia de um túbulo seminífero. Anteriormente, uma estagiária da clínica avaliou o mesmo material e ficou muito apreensiva, pois acreditou ter detectado uma alteração que estaria formando gametas modificados nesse paciente. De acordo com essa estagiária, as células de uma certa etapa do processo de maturação desses gametas estão unidas em grupos de quatro.

Pensando sobre o que foi exposto, o que Maria Flor deve fazer? Como deverá ser esse laudo?

Não pode faltar

Todo mundo já ouviu a famosa pergunta “quem veio primeiro: o ovo ou a galinha?”. Afirmamos que foi o ovo, sem sombra de dúvidas. Isso porque, na união dos gametas que gerarão uma galinha, por exemplo, ainda que sem casca ou “cara” de ovo, a primeira estrutura formada é uma espécie de ovo. Assim, para entender melhor essa complexa história, conheceremos agora o processo de desenvolvimento embrionário animal, estudando as etapas e estruturas envolvidas.

Herança genética

Um ponto importante a ser lembrado são as implicações genéticas envolvidas nas combinações dos genes parentais. Pode-se afirmar que o genoma é uma espécie de partitura que todos os

componentes de uma orquestra possuem com o objetivo de tocar a mesma música. Porém, em uma sinfonia, os músicos não tocam a música inteira, tocam trechos determinados para o seu instrumento. Da mesma forma, cada indivíduo de uma mesma espécie tem uma maneira única de expressar os seus genes. Ainda que todas estejam lá, nem todas as “notas são tocadas”. Assim, são milhares de genes em cada espécie que codificarão diversas proteínas que agirão em moléculas sinalizadoras e orquestrarão o desenvolvimento.

A mistura genética de uma população ocorre quando, através da reprodução sexuada, um gameta feminino e um masculino se encontram, gerando um novo e único ser.



Refleta

Todos os animais se reproduzem apenas por reprodução sexuada?

Dica: lembre-se da reprodução assexuada e também dos processos de partenogênese.

Nesse sentido, como afirma Charles Darwin (1809-1882) “os mais aptos sobreviverão” (2009, p. 70). Essa frase resume os conceitos de variabilidade genética entre os membros de uma determinada espécie, fator essencial na evolução animal e é exatamente no processo de gametogênese que determinadas porções cromossômicas, carregando genes específicos, serão ou não passadas para os gametas.



Assimile

Para relembrar os conceitos genéticos que embasam o estudo da gametogênese, consulte o capítulo 1 da obra:

SADLER, T. W. **Langman embriologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Outras informações também poderão lhe ajudar a assimilar esses conceitos de herança genética, por isso, consulte a obra:

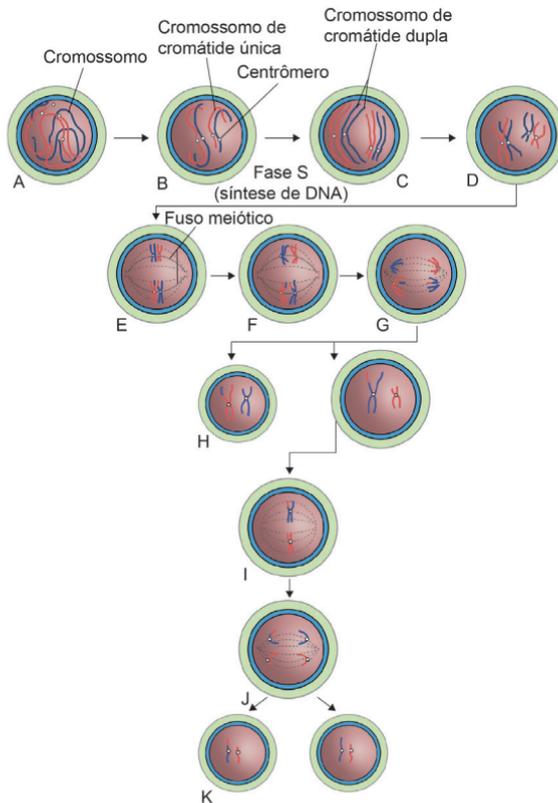
MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

Com certeza, você já deve estar imaginando que algum processo ocorre no sentido de organizar o número cromossômico, afinal ele não dobra de geração para geração. Os gametas são haploides, ou seja, são n enquanto a espécie é $2n$. Esse é o resultado do processo especial de divisão celular chamado de meiose.



Exemplificando

Figura 3.1 | A meiose na formação dos gametas



Fonte: adaptada de Moore (2012, p. 16).

Na produção dos gametas, ocorrem duas meioses: a meiose I e a meiose II. No início da meiose I, assim como na mitose, as células germinativas replicam seu DNA, ou seja, continuam sendo diploides ($2n$), mas com o dobro do lote cromossômico ($4c$). Na metáfase da primeira meiose, os cromossomos homólogos se alinham e é nessa etapa que pode ocorrer o chamado *crossover*, ou seja, a troca de segmentos das cromátides entre cromossomos homólogos pareados. Na sequência, ocorre a anáfase da meiose I, em que os cromossomos homólogos são separados em células filhas haploides (n) mas ainda com o lote cromossômico maior ($2c$), ou seja, são $n=2c$. Tanto o *crossover* quanto a distribuição aleatória dos cromossomos homólogos para as células filhas são os principais fatores que contribuem para a variabilidade genética. Por fim, na meiose II, há a separação das cromátides irmãs e a geração das células filhas haploides com $n=c$.

Mesmo sendo um evento comum para plantas e animais, os processos meióticos variam muito entre os organismos e são muito diferentes para os óvulos e os espermatozoides. Por isso, o foco do nosso estudo será voltado para os vertebrados. Nesse grupo, no período embrionário, células primitivas são destinadas a serem progenitoras de gametas. Assim, no embrião, essas células migram para as gônadas em desenvolvimento e formarão os ovários nas fêmeas e os testículos nos machos, contendo células da linhagem germinativa.

Gametogênese feminina

A sequência de eventos que culminarão na formação dos gametas femininos é chamada de ovogênese e começa ainda na vida fetal com a mitose das ovogonias, as células germinativas primordiais femininas. O amadurecimento dessas células inicia-se no período pré-natal e termina durante a puberdade. Com a menopausa, a ovogênese cessa e, com ela, o ciclo menstrual.

Assim, antes do nascimento, as ovogonias proliferam por mitose e crescem formando os ovócitos primários. Após o nascimento, não há mais formação de ovócitos, diferentemente da contínua produção de gametas masculinos. A partir de células dos tecidos adjacentes aos ovócitos, é formada uma camada de células foliculares achatadas,

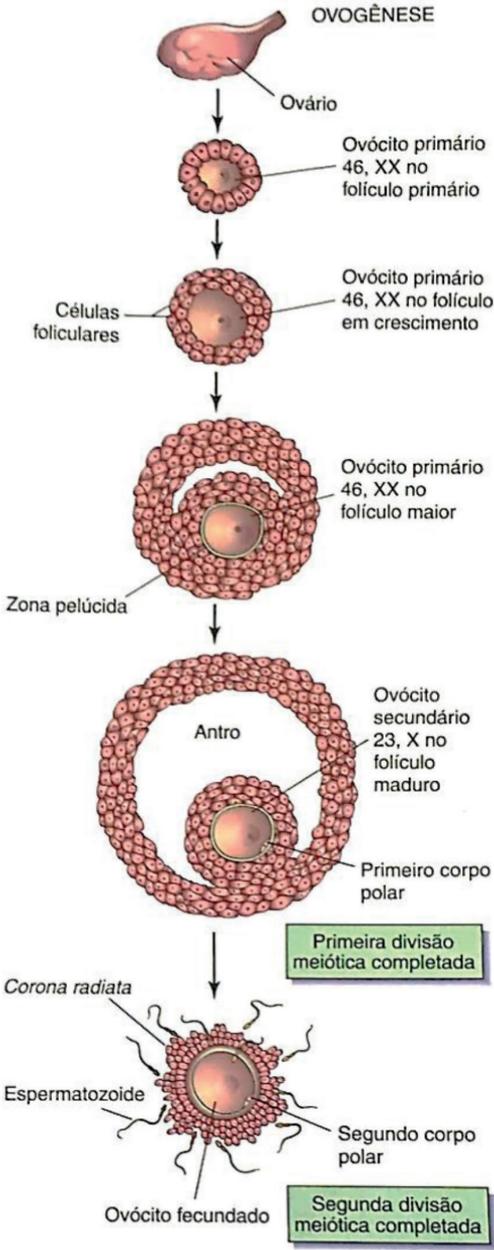
gerando agora o folículo primordial. Nessa etapa, a primeira meiose já foi iniciada, mas é pausada na prófase. Isso graças às células foliculares que secretam substâncias que inibem a maturação do ovócito até a idade reprodutiva.

Sob influência dos hormônios da maturidade sexual, a puberdade, o ovócito primário cresce e as células foliculares achatadas vão se tornando cuboides, ao mesmo tempo em que surge um material glicoproteico amorfo ao redor do ovócito, a zona pelúcida. Dessa forma, com a maturação do folículo, o ovócito primário formará o ovócito secundário. Imediatamente antes da ovulação, a maturação do ovócito leva à finalização da primeira divisão meiótica, produzindo o ovócito secundário e o primeiro corpo polar, uma pequena célula não funcional.

Quando ocorre o processo de ovulação, o ovócito secundário inicia a segunda divisão meiótica. No entanto, na maioria dos vertebrados, esse processo não é concluído, ficando parado na metáfase até que haja fecundação. Assim, quando o gameta masculino penetra a célula, o ovócito termina a segunda meiose em que o ovócito fecundado, agora chamado de óvulo, fica com a maior parte do citoplasma e a outra célula, conhecida como segundo corpo polar, com uma pequena parte de material celular, sendo não funcional. Assim, na ovogênese completa, cada ovogonia origina um óvulo e dois corpos polares.

Comparados a outras células, pode-se dizer que os óvulos são células ovoides enormes, podendo variar de 1 mm em sapos e peixes, 100 µm em humanos, de 1 a 20 cm em pássaros e répteis. Eles contêm todo o material necessário para iniciar o desenvolvimento de um embrião até que passe a receber alimento em um novo estágio. Apresentam núcleo típico de células diploides, já que é resultado da união de gametas haploides. Apresentam um vitelo germinativo chamado de protolécito, o citoplasma do óvulo, e o vitelo de nutrição ou deutolécito, que representa a reserva de nutrientes como lipídeos, proteínas e polissacarídeos. Essas substâncias encontram-se em estruturas denominadas grânulos da gema, de diferentes tamanhos proporcionais ao tamanho do óvulo e que podem ou não estar ligados à membrana, dependendo da espécie.

Figura 3.2 | Ovocênese: a formação do gameta feminino



Fonte: Moore (2012, p. 15).



Qual espécie apresenta óvulo com maior reserva de nutrientes? Animais que se desenvolvem completamente dentro da mãe ou aqueles que terminam o seu desenvolvimento externamente ao corpo materno? Pense em espécies que exemplifiquem as duas situações.

A zona pelúcida do óvulo de mamíferos é também chamada de camada vitelina ou vitelo em espécies não mamíferas, como as aves. Ela é, na verdade, uma camada de matriz extracelular que protege o óvulo contra danos mecânicos, atuando também como barreira que permite a entrada de espermatozoide apenas da mesma espécie ou espécies que tenham uma íntima relação. Recobrimo essa camada, pode haver a deposição de camadas extras como a substância gelatinosa que cobre os óvulos de sapos. Outra camada extra muito conhecida é a clara do ovo de galinha que nada mais é do que albumina que, com a casca, é adicionada ao ovo após sua fertilização.

Outras estruturas ovulares são os grânulos corticais, vesículas secretoras localizadas logo abaixo da membrana plasmática. É graças a essas estruturas presentes em vários tipos de óvulo que quando um espermatozoide o penetra, o conteúdo dessas vesículas secretoras é liberado e impede que mais de um gameta masculino fecunde o óvulo.

Nesse contexto, os óvulos são classificados com base em duas características principais: a quantidade e a forma de distribuição de vitelo no citoplasma, ou seja, a proporção de protolécito e deutolécito. Assim, os óvulos de vertebrados podem ser classificados em:

- Oligolécitos ou isolécitos: possuem pouco vitelo, homogênea ou quase homogeneamente distribuído pelo citoplasma. Exemplos de espécies: equinodermos e cefalocordados (anfioxo).
- Telolécitos incompletos ou heterolécitos: possuem muito vitelo. Assim, há uma distinção entre polo animal (núcleo) e polo vegetativo (vitelo). Exemplos de espécies: peixes e anfíbios.
- Telolécitos completos ou megalécitos: são óvulos muito grandes

com nítida separação entre o polo animal e o vegetal, com muito vitelo no polo vegetativo. Exemplos de espécies: peixes, répteis e aves.

- Alécito, ou seja, sem vitelo. Exemplo de espécie: maioria dos mamíferos.

Gametogênese masculina

A gametogênese masculina é denominada espermatogênese e corresponde à sequência de etapas pelas quais as espermatogônias passam até serem transformadas em espermatozoides maduros. Diferentemente da maioria das fêmeas dos mamíferos, a espermatogênese inicia-se nos testículos apenas quando os machos atingem sua maturidade sexual e os processos seguintes continuarão no revestimento epitelial dos túbulos seminíferos.

As células germinativas masculinas estão organizadas de forma bem definida nos túbulos seminíferos. As espermatogônias, ou células germinativas primordiais masculinas, estão localizadas ao redor da extremidade mais externa dos túbulos. Ali essas células se multiplicarão por mitose. Parte das células filhas dessa primeira etapa proliferativa não se dividem mais e passam a se diferenciar em espermatócitos primários.

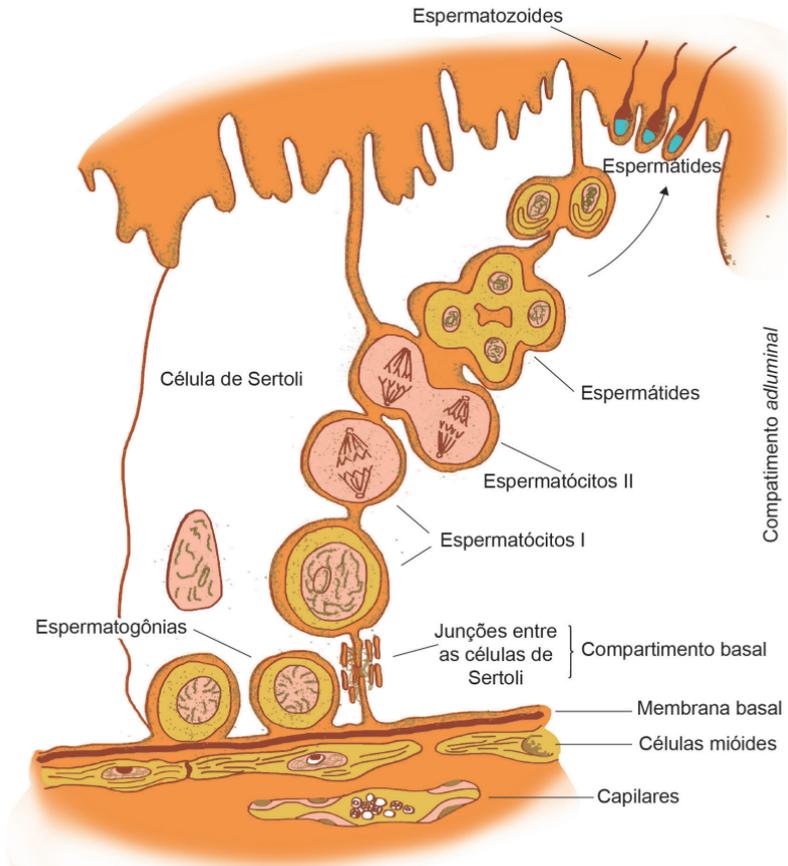
Os espermatócitos primários iniciam a primeira meiose na qual, seguindo a mesma ideia do que ocorre na gametogênese feminina, os cromossomos homólogos emparelhados são separados aleatoriamente para as células filhas, agora chamadas de espermatócitos secundários. Nessa etapa, as células possuem 22 cromossomos autossômicos duplicados e um cromossomo sexual, X ou Y duplicado.

Agora se inicia a segunda meiose, com a divisão dos espermatócitos secundários e produção de duas espermátides para cada espermatócito secundário, sendo, portanto, quatro espermátides originadas de cada espermatogônia. Cada espermátide contém agora um número haploide de cromossomos.

Imagine que os espermatozoides precisam chegar até o gameta feminino. Em formato ovoide, como as espermátides estão nesse

momento, seria fácil se movimentarem? Não seria melhor se essa célula tivesse um formato que a favorecesse? É exatamente por isso que os gametas masculinos, de modo geral, sofrem diversas modificações morfológicas até que estejam prontos para serem externalizados. Essas modificações ocorrem ainda com as espermatídes conectadas por pontes citoplasmáticas. Dessa maneira, como ainda compartilham o mesmo citoplasma, a diferenciação do espermatozoide é controlada por um genoma diploide. Na sequência, os espermatozoides seguem para o epidídimo, uma estrutura tubular enovelada presente nos testículos, nos quais os espermatozoides serão maturados e estocados.

Figura 3.3 | Espermatogênese: a formação do gameta masculino



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 43).

Assim como existe variação do formato de órgãos gaméticos e tempo de formação dos gametas, a morfologia dos espermatozoides também varia muito conforme a espécie, mas, de modo geral, os espermatozoides representam as menores células do organismo e apresentam estruturas bem características e intimamente ligadas à sua função: um flagelo que os impulsionam e contém pouquíssimas organelas citoplasmáticas; uma organela importante, a mitocôndria, que se encontra em grande número e estrategicamente posicionada na peça intermediária para fornecer energia ao flagelo; citoplasma extremamente compacto para favorecer seu transporte, contendo o DNA do núcleo haploide bem compactado; acrossomo, uma vesícula secretora que contém enzimas hidrolíticas. Assim, quando o espermatozoide entra em contato com o ovócito, o conteúdo da vesícula é liberado ajudando tanto na penetração do espermatozoide no invólucro externo do gameta feminino, quanto na fixação do espermatozoide ligado à célula.

Fecundação

A fecundação é o encontro dos gametas feminino e masculino iniciando-se com a penetração do ovócito através da reação acrossômica até que os cromossomos das duas células se unam e o óvulo (ovócito fecundado pelo espermatozoide) passe a ter um único núcleo com número diploide de cromossomos. Existem basicamente seis pontos importantes durante o processo de fecundação:

- Passagem do espermatozoide através da corona radiata (camada de células foliculares).
- Penetração da zona pelúcida.
- Fusão das membranas plasmáticas do ovócito e do espermatozoide.
- Término da meiose II do ovócito e formação do pronúcleo feminino.
- Formação do pronúcleo masculino.
- Formação do zigoto com a união dos pronúcleos e agregação cromossômica única diploide.

Alguns animais aquáticos podem depositar o sêmen na água e esse ser levado para a fecundação pela própria correnteza. No entanto, a grande maioria dos vertebrados apresentam fecundação interna, ou seja, no interior do corpo da fêmea. Assim, para que haja a cópula, uma série de modificações reprodutivas aconteceram durante a evolução, como a presença de órgão copulador, como pênis, vagina e seu receptáculo seminal etc. Essas vias reprodutoras são muito variáveis entre os vertebrados. Além disso, os processos de reprodução, desde a formação dos gametas até a cópula e a geração de uma nova vida, são controlados por um complexo mecanismo hormonal.



Pesquise mais

Entenda melhor a regulação hormonal da gametogênese feminina, masculina e da fecundação, estudando os capítulos 2 e 3 de:

MOORE, K. L. **Embriologia**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Conceitos básicos e classificações determinantes no desenvolvimento dos diferentes grupos animais

O reino animal é dividido de acordo com a situação entre os dois “tubos” estruturais que os formam: tubo digestivo e parede corporal. Os vertebrados pertencem ao grupo dos celomados, ou seja, há uma camada de células mesenquimais que preenche o espaço entre os dois tubos. Essa cavidade revestida com mesoderme é chamada de celoma. Outra classificação atribuída aos vertebrados é o fato de que eles são deuteróstomos, ou seja, o ânus é originado antes da boca.

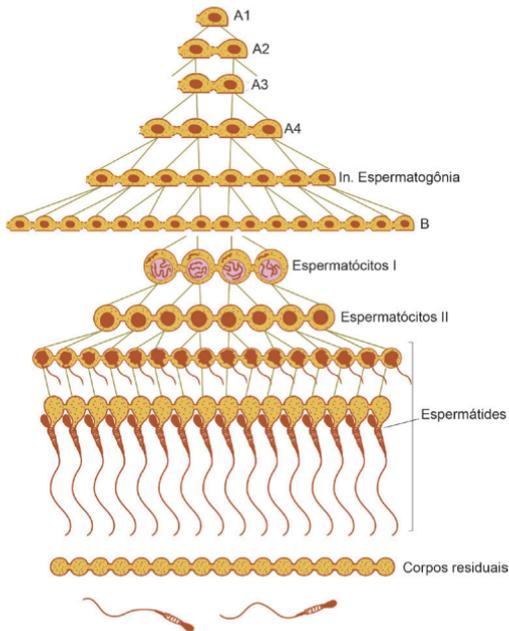
Para compreender as etapas de desenvolvimento embrionário, é importante entender que os vertebrados apresentam simetria bilateral, ou seja, lado esquerdo e direito são imagens (aproximadamente) em espelho. Assim, durante as próximas seções, o entendimento dos termos utilizados ficará mais fácil.



Para estudar embriologia de uma forma dinâmica e didática, baixe o software desenvolvido por pesquisadores da UNICAMP e divirta-se: BIBLIOTECA digital de Ciências. **Embriologia**. Disponível em: <<https://goo.gl/6lxzJi>>. Acesso em: 16 jan. 2017.

Relembrando as aulas de embriologia e, especificamente, o tema sobre a gametogênese masculina, Maria Flor se lembrou de que a formação dos espermatozoides passa por diversas etapas até adquirirem o formato característico com uma cabeça e uma cauda bem definidos. Assim, desde a etapa inicial, quando as células germinativas são chamadas de espermatogônias, até a fase em que são denominadas espermatídes, as modificações morfológicas vão ocorrendo com as células ainda conectadas por pontes citoplasmáticas. Dessa maneira, como ainda compartilham o mesmo citoplasma, a diferenciação do espermatozoide é controlada por um genoma diploide.

Figura 3.4 | Formação e maturação dos gametas masculinos



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 47).

Apenas quando estão morfológicamente prontos, esses gametas seguem para o epidídimo onde os espermatozoides serão maturados e estocados. Dessa maneira, não há nada de errado com o material recebido e, portanto, o laudo final indica que o tecido está em suas condições morfofisiológicas normais. Assim, Maria Flor deve reavaliar o material e auxiliar sua estagiária na correta interpretação de um tecido germinativo masculino.

Avançando na prática

Avaliação da ovogênese

Descrição da situação-problema

Maria Flor, a bióloga da clínica de reprodução humana, resolveu fazer uma avaliação dos conhecimentos da nova estagiária da clínica. Como a jovem cometeu um erro muito grosseiro ao avaliar uma amostra normal como sendo uma amostra com alteração grave, Maria decidiu analisar seus conhecimentos em gametogênese. Assim, a nova estagiária deve examinar, classificando como normal ou alterado, as amostras nas seguintes situações:

- Desenvolvimento de apenas um ovócito originado de uma ovogonia.
- Aparição de duas células inativas ao longo do processo de gametogênese feminina.
- Espermatozoide com uma vesícula na extremidade da cabeça.
- Espermatozoide sem cauda.
- Espermatozoide com presença de mitocôndrias na peça intermediária.
- Espermatozoide diploide.

Resolução da situação-problema

Para surpresa de Maria Flor, após fazer uma profunda revisão nos conceitos primordiais de embriologia, sua estagiária teve um excelente empenho na avaliação das amostras.

- No processo de gametogênese feminina, realmente é formado apenas um ovócito para cada ovogonia e duas células inativas, os corpos polares.
- A vesícula do espermatozoide é chamada de acrossomo, fundamental para a penetração do espermatozoide no ovócito.
- A presença da cauda no espermatozoide é essencial para que essa célula possa se movimentar, atingindo e penetrando o gameta feminino. Sua ausência é uma anormalidade.
- As mitocôndrias em grande número e localizadas na peça intermediária são essenciais para o fornecimento de energia para o flagelo.
- Os gametas devem ser haploides para que a soma de seu material genético gere um zigoto normal, ou seja, diploide. Assim, um espermatozoide diploide representa uma anomalia, já que não houve correta segregação do material genético ao longo da espermatogênese.

Faça valer a pena

1. Charles Darwin (1809-1882) foi um dos cientistas pioneiros no estudo da evolução dos seres vivos. Uma de suas frases mais famosas afirmava que os mais adaptados sobrevivem.

A quais processos que ocorrem na gametogênese se deve a variabilidade genética?

- Crossover* e distribuição aleatória dos cromossomos homólogos.
- Separação das cromátides irmãs.
- Mistura genética entre diferentes espécies.
- Mutações deletérias.
- Ocorrência da meiose II.

2. Antes do nascimento de uma _____, _____ se multiplicam por _____ e crescem formando os _____. Depois _____, não há mais a formação dessas células, diferentemente da contínua produção

de _____.

Selecione a alternativa que completa corretamente a sentença acima:

- a) Fêmea, as ovogonias, mitose, ovócitos primários, do nascimento, gametas masculinos.
- b) Fêmea, as ovogonias, meiose, ovócitos primários, do nascimento, gametas masculinos.
- c) Fêmea, os ovócitos primários, mitose, ovócitos secundários, da puberdade, epidídimos.
- d) Ovogonia, os ovócitos primários, mitose, ovócitos secundários, da puberdade, gametas masculinos.
- e) Ovogonia, os ovócitos secundários, mitose, ovócitos primários, da puberdade, gametas masculinos.

3. Os gametas masculinos precisam atingir o gameta feminino. Para que isso ocorra, essa célula precisa ter uma morfologia específica, conquistada após diversas etapas e modificações que ocorrem no sistema reprodutor masculino.

Qual alternativa apresenta a ordem correta da formação do gameta masculino?

- a) Espermatogônia, espermatócito I, espermatócito II, espermatíde, espermatozoide.
- b) Espermatíde, espermatócito I, espermatócito II, espermatogônia, espermatozoide.
- c) Espermatogônia, espermatócito I, espermatócito II, espermatíde, espermatozoide I, espermatozoide II.
- d) Espermatócito I, espermatócito II, espermatíde, espermatogônia, espermatozoide.
- e) Espermatogônia, espermatócito, espermatíde I, espermatíde II, espermatozoide.

Seção 3.2

Blastulação, gastrulação e organogênese

Diálogo aberto

A bióloga recém-formada, Maria Flor, está muito feliz com sua rotina de trabalho na clínica de reprodução humana. Para se especializar cada vez mais nesse campo de atuação, ela decidiu que também quer fazer pós-graduação nessa área. Então, após conversar com alguns pesquisadores da universidade de seu município e definir o projeto científico, ela já iniciou seus estudos preliminares em um grupo de pesquisas em genética do desenvolvimento. Esse grupo tem vários pesquisadores estudando diversos grupos de vertebrados.

No projeto de Maria Flor, ela analisará as fases iniciais da clivagem embrionária de camundongos deficientes em um gene que codifica uma proteína envolvida no processo de citocinese celular. Analisando amostras de mórula do grupo controle, ou seja, amostras de animais que não possuem a mutação do gene em estudo, Maria Flor notou que as células do embrião não apresentavam todas as células do mesmo tamanho. Na verdade, Maria Flor observou que parte da mórula apresentava células pequenas e em maior número, enquanto na região oposta havia células maiores e em menor número. O que pode ter acontecido com as amostras de Maria Flor?

Não pode faltar

Na unidade passada, foi possível compreender a formação dos gametas e suas implicações genéticas. Também conhecemos o incrível encontro da célula germinativa feminina com a masculina e agora nos aprofundaremos nos acontecimentos que levam à formação do embrião. Nessa etapa, abordaremos as divisões celulares e sua importância no desenvolvimento inicial, a morfogênese e a formação dos folhetos germinativos, a organogênese inicial e os anexos embrionários responsáveis pela manutenção do embrião até o seu nascimento.

Clivagem

O óvulo ativado a partir da fecundação pelo espermatozoide forma o zigoto que sofrerá uma série de **divisões mitóticas repetitivas** com um rápido aumento no número de células, que ficam pequenas por não terem tempo de crescer em volume antes da próxima mitose. Essas células são chamadas de **blastômeros**, essas divisões são conhecidas como **clivagens** e a forma como ocorrem vai depender da quantidade e distribuição do vitelo do óvulo.

Quando a quantidade de vitelo é abundante, o sulco de clivagem acaba por não atravessar o óvulo, gerando uma **clivagem parcial** ou **meroblástica**. Quando há pouca ou moderada quantidade de vitelo, ocorre a divisão total chamada de **clivagem total** ou **holoblástica**. Assim, para a segmentação inicial de vertebrados temos:

- *Clivagem parcial discoidal*: ocorre em zigotos de **aves**, **répteis** e **peixes ósseos** que apresentam óvulos telolécitos, ou seja, com vitelo abundante. O resultado desse tipo de clivagem é uma mórula achatada, discoidal que fica na superfície da rica massa vitelina.
- *Clivagem total igual (rotacional)*: ocorre em zigotos que advêm de óvulos alécitos e metalécitos, como **mamíferos**. No início, as divisões são sempre em um plano perpendicular ao anterior, gerando primeiramente duas células, depois quatro e oito células. Nesse ponto, as divisões passam a ocorrer sem planos organizados. Com 16 células, chamadas de blastômeros, surge a mórula.
- *Clivagem total desigual (radial)*: pode ser observada em **anfíbios** que apresentam óvulos heterolécitos, ou seja, o vitelo fica misturado ao plasma germinativo, mas concentrado no polo vegetal, no qual as divisões são mais lentas que no polo animal, o que resulta em mais blastômeros menores quando comparado ao polo vegetal.

Existe também a clivagem do tipo parcial superficial (artrópodes e insetos), total bilateral (tunicados e nematódeos) e clivagem total espiral, que ocorre em moluscos.



Figura 3.5 | Tipos de clivagem

CLIVAGEM TOTAL IGUAL**CLIVAGEM TOTAL DESIGUAL****CLIVAGEM PARCIAL DISCOIDAL**

Fonte: elaborada pelo autor.

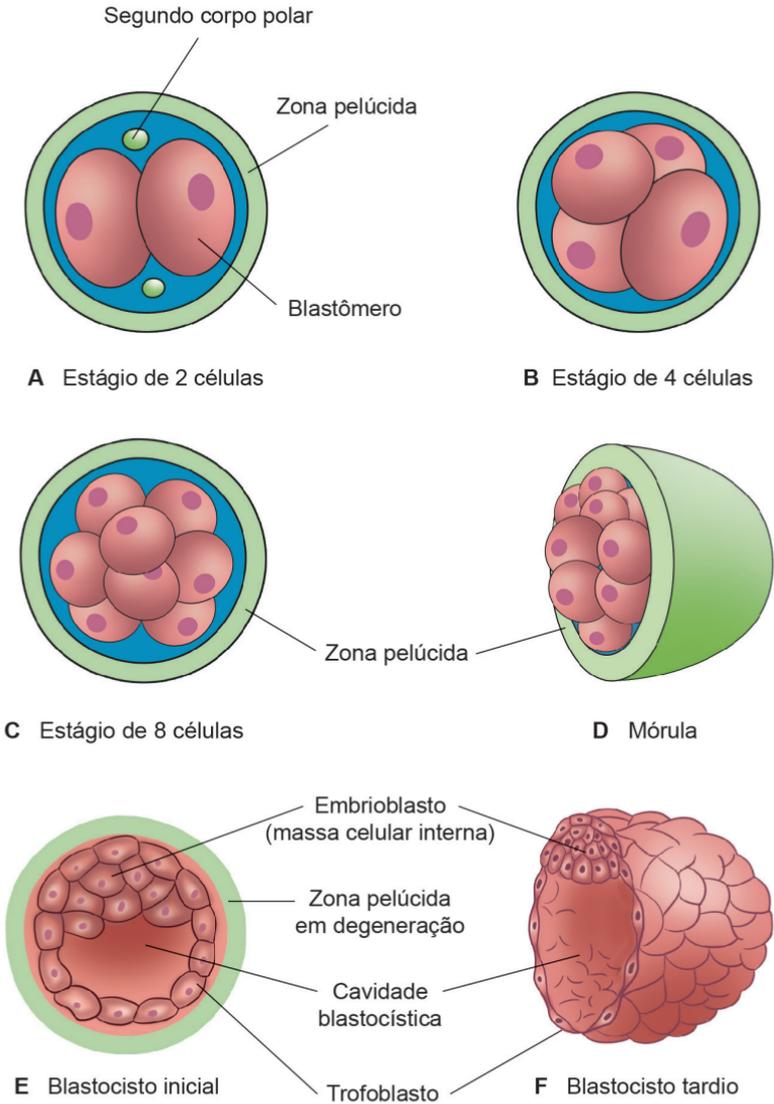
De forma geral, após divisões sequenciais, as células maximizam seu contato umas com as outras em um processo de **compactação**. Isso leva à segregação de populações celulares que se comunicam intensamente por junções comunicantes. Essa estrutura é a **mórula**, do Latim *amora*, que se divide em massa celular interna, as células internas que darão origem aos tecidos do embrião, e em massa celular externa, que formará o **trofoblasto**, responsável por originar a **placenta**.

Blastulação

Após a formação da mórula, o estágio multicelular seguinte é conhecido como **blástula** ou **blastocisto**, que resulta do arranjo dos blastômeros em torno de uma cavidade única, a blastocele, formada graças à secreção de proteínas pelos blastômeros que vão acumulando fluidos e água nesse espaço. À medida que a blastocele

aumenta, ela empurra os blastômeros para a periferia, os quais vão adquirindo uma morfologia epiteloide e formam o **blastoderma**.

Figura 3.6 | Ilustração da clivagem do zigoto até a formação do blastocisto ou blástula



Fonte: adaptada Moore (2012, p. 34).

Gastrulação

A **gastrulação** ocorre através de uma série de movimentos e rearranjos das células da blástula de tal forma a estabelecer um plano corporal. Os vertebrados são seres triblásticos, ou seja, a partir do blastoderma serão formados os três folhetos germinativos:

- **Ectoderme:** camada mais superficial que originará a epiderme e o sistema nervoso.
- **Endoderme:** dará origem ao tubo digestivo e suas glândulas anexas e ao sistema respiratório.
- **Mesoderme:** camada intermediária que formará músculos, ossos e tecido conjuntivo.

Assim, na gastrulação, os folhetos precursores dos órgãos endodérmicos e mesodérmicos serão posicionados internamente e o folheto precursor do revestimento corporal e do sistema nervoso serão alocados na superfície externa no embrião inicial. Além disso, com o dobramento dos folhetos, forma-se o arquêntero que abre para o exterior pelo blastóporo.



Refleta

O que aconteceria se um dos folhetos germinativos não fosse formado corretamente?

O processo de gastrulação é muito variável entre as espécies e envolve movimentos que acontecerão a partir do blastocele. Assim, mudanças conformacionais de algumas de suas células, os blastômeros, farão a camada expandir, convergir ou dobrar. Além disso, algumas células podem ainda perder adesão, se soltar e formar associações com outros grupos de células vizinhas. Abaixo, são explicados alguns dos tipos de movimentos presentes na gastrulação de vertebrados:

- **Involução:** presente, por exemplo, no mesoderma de anfíbios. Nesse movimento, uma camada em expansão dobra sobre si mesma e continua a expandir em sentido contrário ao da

primeira, crescendo por baixo da ectoderme a fim de formar a mesoderme.

- **Delaminação:** característico do hipoblasto de mamíferos e aves, que ocorre com a divisão das células do blastoderme em plano paralelo à superfície, formando a endoderme.
- **Epibolia:** os blastômeros menores (micrômeros), que formarão a ectoderme, cercam os macrômeros que ficam internalizados e formarão a endoderme. Característico da formação do ectoderma de anfíbios.
- **Invaginação ou embolia:** contém blastômeros maiores (macrômeros), região do blastoderma correspondente ao polo vegetativo que sofre um afundamento até tocar a zona oposta. Assim, a região externa da invaginação formará a ectoderme e a interna, a endoderme.
- **Migração:** alguns blastômeros que se desagregam e migram para a blastocele formam agrupamentos que darão origem à endoderme, ficando rodeada pela ectoderme.



Pesquise mais

Busque mais detalhes e esquemas para entender melhor a blastulação, a gastrulação e os movimentos morfogênicos. Consulte o capítulo 10 da obra:

GARCIA, S. M. L.; FERNANDEZ, C. G. **Embriologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed. 2001.

Em **anfíbios**, os pequenos blastômeros do polo animal escorregam sobre os blastômeros maiores do polo vegetal, formando um sulco que dará origem ao **blastóporo**. Assim, em uma combinação de movimento de epibolia e invaginação, o blastóporo formará o ânus e a boca do embrião.

Em **peixes**, ocorre a gastrulação por embolia ou invaginação, que

também origina o orifício chamado de blastóporo e, em seu interior, a cavidade arquêntero.

Em **aves** e **répteis**, esse processo é semelhante, iniciando-se com a formação de um sulco ao longo do eixo anteroposterior do embrião, a chamada linha primitiva, semelhante ao blastóporo. Por meio dessa invaginação ocorrerá a migração de células superficiais para o interior, a fim de formar a mesoderme e a endoderme tubular.

No caso dos **mamíferos**, a gastrulação ocorre por epibolia, processo que em um dos polos do blastocisto encontramos um agrupamento de células voltado para a blastocele, o **embrioblasto**. A partir dessa estrutura serão formados a gástrula e o embrião.



Exemplificando

Acesse diversos esquemas explicativos, lâminas de estudos e links para outras informações muito interessantes sobre embriologia, no site da Faculdade de Medicina de Marília:

FAMEMA. **Embriologia**. Disponível em: <<https://www.famema.br/famema/ensino/embriologia/clivagemroteiro.php>>. Acesso em: 25 jan. 2017.

Organogênese rudimentar

Na organogênese rudimentar, a partir dos folhetos embrionários formados na etapa de gastrulação, formam-se os primeiros agrupamentos de células destinadas a gerar os tecidos e órgãos do embrião. Cada grupo de vertebrados possui suas particularidades, descritas em seção futura. Aqui, para uma visão geral do processo, usaremos como exemplo a organogênese rudimentar humana.



Assimile

Para visualizar de forma esquemática os diferentes tecidos e órgãos originados de cada folheto embrionário, observe a figura 5-5, na página

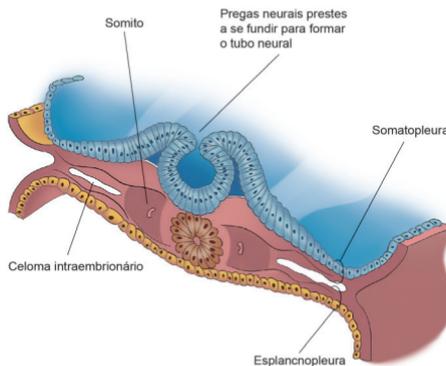
77, da obra:

MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

A primeira etapa da organogênese se dá com a **neurulação** que compreende a formação do tubo neural. Para tal, há a participação das **células neuroectodérmicas**, derivadas da ectoderme, que atuarão na formação e no fechamento da **placa neural** e das **pregas neurais**. Assim, no processo de indução, a notocorda induz o tecido ectodérmico a se espessar, formando a placa neural e as pregas neurais, elevações das bordas laterais da placa neural. Entre as duas pregas, portanto, forma-se um vale, definido como **sulco neural**. As pregas neurais vão se elevando ainda mais até fundirem-se, a ponto de o sulco neural passar a formar o **tubo neural**. O fechamento desse tubo se dá da região central do embrião, chamada de mediodorsal, e segue em direções opostas para a região cranial e caudal. Na parte caudal, mais estreita, se formará a medula espinhal e na parte cefálica, mais larga, estão as vesículas cefálicas.

Na sequência ocorre a formação das **cristas neurais**, massas irregulares de células que originam os **gânglios nervosos**. A formação dessas estruturas se dá com a migração dorsolateral das células neuroendócrinas para ambos os lados do tubo neural.

Figura 3.7 | Ilustração de embrião apresentando celoma intraembrionário em forma de ferradura, os somitos e a formação do tubo neural



Fonte: adaptada de Moore (2012, p. 62).

Com a formação da notocorda e do tubo neural, as células do tecido mesodérmico de ambos os lados se multiplicam formando uma coluna longitudinal espessa, o chamado **mesoderma paraxial**. Esse tecido, à medida que se aproxima da lateral, passa a ser chamado de **mesoderma intermediário** até se afinar lentamente e formar o **mesoderma lateral**.

Então, mesoderma paraxial se diferencia, condensa e se divide em dois corpos cuboídes chamados de **somit**s, um de cada lado do tubo neural. São esses agrupamentos celulares que darão origem aos músculos e ossos.

A mesoderma intermediária origina o sistema urogenital e a mesoderma lateral formará a musculatura lisa e cardíaca e camadas serosas de revestimento, como a pleura, o pericárdio e o peritônio.

O terceiro folheto, a endoderme, dará origem aos derivados endodérmicos que formam o revestimento dos tratos digestórios e respiratório, além das glândulas anexas ao sistema digestório.



Pesquise mais

Na formação do embrião, a posição é o fator primordial na determinação do destino das células embrionárias. Estude os fatores relacionados ao destino celular e os detalhes dos dobramentos do embrião para a formação dos sistemas orgânicos nos capítulos 4 e 5 da obra:

MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

Anexos embrionários

Com a formação do embrião, originam-se também uma série de anexos que o mantêm durante o seu desenvolvimento, mas não terão função após o nascimento. No entanto, nem todos os grupos de vertebrados apresentam todas as estruturas anexas. Os anfíbios, por exemplo, não têm anexos embrionários. Já os peixes apresentam apenas a vesícula vitelínica. Aves e répteis, além da vesícula, têm também âmnion, alantoide e córion. Os mamíferos, por sua vez, contêm todos os anexos embrionários citados, inclusive a placenta, o

cordão umbilical e a decídua.

A **vesícula vitelínica** é de origem endodérmica e possui a função de reserva nutricional para o embrião. Em mamíferos, só tem importância fisiológica nas primeiras semanas de desenvolvimento, uma vez que, depois de formado o cordão umbilical, o sangue da mãe alimentará o feto. Contrariamente, em animais que terminam seu desenvolvimento embrionário extracorporeamente, a vesícula vitelínica é bem desenvolvida.

Também a partir do endoderma, forma-se o **alantoide** que dará origem ao cordão umbilical. Em répteis e aves, essa estrutura tem **função respiratória**, pois cresce até alcançar a casca do ovo, a fim de executar as trocas gasosas entre o embrião e o meio. Outra função para espécies ovíparas é a de **excreção**, pois é no saco alantoidiano que os embriões excretam ácido úrico. E, por fim, permite o transporte de cálcio da casca do ovo até o embrião, auxiliando na formação óssea.

A **bolsa amniótica** (âmnio) tem origem ectodérmica e envolve o embrião. Essa estrutura acumula o líquido amniótico que protege o embrião contra choques mecânicos e contra microrganismos.

A **placenta** é uma estrutura em forma de disco recoberta por membranas. Sua face voltada para o feto é brilhante e possui vasos sanguíneos calibrosos. A outra face é esponjosa e está implantada na parede uterina. A placenta possui uma vascularização especializada de tal forma que, mesmo a circulação do feto e da mãe sendo íntimas, os dois sangues não se misturam. Dentre as funções da placenta estão as trocas gasosas e metabólicas feto-maternas, imunização fetal e função hormonal.

Assim como o alantoide, o **cordão umbilical** é um anexo embrionário proveniente do pedúnculo embrionário e é a estrutura que comunica o embrião e a placenta. Por último, a decídua se origina do endométrio uterino após a etapa de nidação, ou seja, implantação do blastocisto no útero.

Sem medo de errar

Maria Flor estudará amostras contendo mórulas de camundongos que deveriam se apresentar com todas as células, chamadas de blastômeros, e ter o mesmo tamanho. Isso porque os mamíferos apresentam clivagem do tipo **total igual**. Portanto, as amostras observadas pela bióloga são de mórulas obtidas de outra espécie. O tipo de configuração dos blastômeros observados é característico de anfíbios, ou seja, trata-se de **clivagem total desigual**. Assim, por se tratar de um grupo de pesquisas que apresenta trabalhos com diversas espécies de vertebrados, é possível que, por engano, Maria Flor tenha selecionado as amostras de outro pesquisador, pois com toda certeza as amostras de mórula analisadas não são de camundongos.

Avançando na prática

Mórula

Descrição da situação-problema

Após selecionar as amostras corretas para o seu estudo, Maria Flor passou a tarde analisando as mórulas do grupo controle. Ao avaliar os blastômeros do interior da estrutura em forma de amora através de microscopia eletrônica de transmissão, a bióloga notou que as células da mórula apresentavam o mesmo tamanho. No entanto, muitas células se apresentavam “grudadas” e pareciam possuir pequenos canaliculos de comunicação. Será que Maria Flor selecionou as amostras erradas novamente? O que pode ter acontecido dessa vez?

Resolução da situação-problema

Desta vez as amostras estão corretas. O que ocorre é que Maria Flor se esqueceu de uma das características que algumas células nesse estágio de desenvolvimento podem apresentar. Após divisões sequenciais do zigoto, as células sofrem compactação, aumentando seu contato umas com as outras ainda mais. Isso contribui para a formação de alguns grupos celulares que se comunicam intensamente por junções comunicantes. Assim, ao microscópio eletrônico, essas células que aparecem como se estivessem grudadas possuem na verdade porções de seu citoplasma conectadas através de junções

comunicantes. Portanto, essas características estão de acordo com a fase do desenvolvimento embrionário.

Faça valer a pena

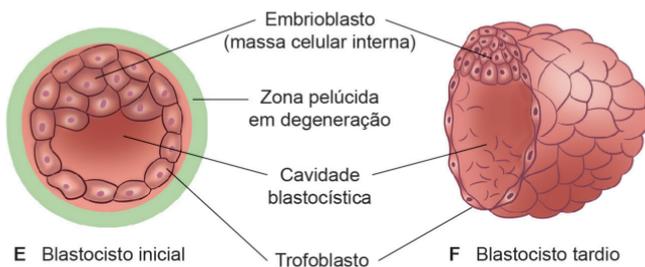
1. Após a formação do zigoto, uma série de divisões mitóticas darão origem à massa celular chamada de mórula e, na sequência, à blástula. Essas são as chamadas clivagens que ocorrem de acordo com a quantidade e distribuição do vitelo do óvulo, ou seja, de acordo com a espécie.

Qual é o tipo de clivagem que ocorre em zigotos originados de óvulos com abundante vitelo?

- a) Clivagem parcial discoidal.
- b) Clivagem parcial superficial.
- c) Clivagem total igual.
- d) Clivagem total desigual.
- e) Clivagem total bilateral.

2. Na formação do embrião, a primeira etapa é o encontro do gameta masculino e do gameta feminino. Na sequência, o material genético se funde e forma o zigoto. Essa estrutura sofrerá divisões mitóticas sequenciais e passará por muitas alterações celulares até formar o feto.

Figura 3.8 | Desenvolvimento embrionário inicial



Fonte: adaptada de Moore (2012, p. 34).

A qual passo do desenvolvimento embrionário se refere a figura acima?

- a) Blástula.
- b) Gástrula.
- c) Mórula.
- d) Formação dos folhetos embrionários.
- e) Organogênese rudimentar.

3. A partir dos folhetos embrionários, formam-se os órgãos rudimentares. Assim, originam-se os primeiros acumulados celulares destinados a formar os tecidos e órgãos do embrião. Indique o folheto embrionário que deu origem a cada item da lista abaixo:

- 1. Epiderme.
- 2. Sistema nervoso central e periférico.
- 3. Revestimento intestinal.
- 4. Glândulas acessórias ao sistema digestório.
- 5. Revestimento da cavidade peritoneal.
- 6. Musculatura esquelética.

Selecione a alternativa correta:

- a) 1- ectoderme; 2- ectoderme; 3- endoderme; 4- endoderme; 5- mesoderme; 6- mesoderme.
- b) 1- endoderme; 2- endoderme; 3- ectoderme; 4- ectoderme; 5- mesoderme; 6- mesoderme.
- c) 1- ectoderme; 2- endoderme; 3- endoderme; 4- endoderme; 5- mesoderme; 6- ectoderme.
- d) 1- ectoderme; 2- ectoderme; 3- mesoderme; 4- mesoderme; 5- mesoderme; 6- ectoderme.
- e) 1- ectoderme; 2- mesoderme; 3- endoderme; 4- ectoderme; 5- mesoderme; 6- endoderme.

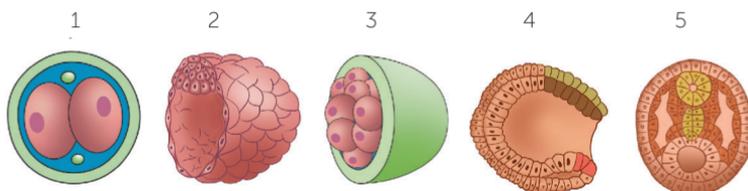
Seção 3.3

Desenvolvimento inicial dos vertebrados

Diálogo aberto

Em mais uma etapa de seu projeto de pós-graduação, a bióloga Maria Flor precisa avaliar os processos envolvidos no desenvolvimento inicial geral de vertebrados. Dessa maneira, ela terá que organizar o material recebido de forma cronológica, ou seja, da primeira modificação do zigoto até o final da organogênese rudimentar. Assim, os materiais recebidos foram:

Figura 3.9 | Etapas do desenvolvimento embrionário inicial



Fonte: 1, 2 e 3 – adaptado de Moore (2012, p. 34).

Fonte: 4 e 5 – Garcia e Fernandez (2001, p. 208 e 209).

De que forma Maria Flor deve organizar as amostras recebidas?

Quais são as nomenclaturas utilizadas para cada etapa do desenvolvimento embrionário?

Não pode faltar

Após compreendermos as primeiras fases do desenvolvimento de um embrião com as etapas de fecundação, blastulação, gastrulação e os folhetos embrionários, chegou a hora de analisarmos os principais grupos de vertebrados e entendermos as semelhanças e diferenças da fase embrionária.

Anfioxo como modelo para estudo da embriologia comparada

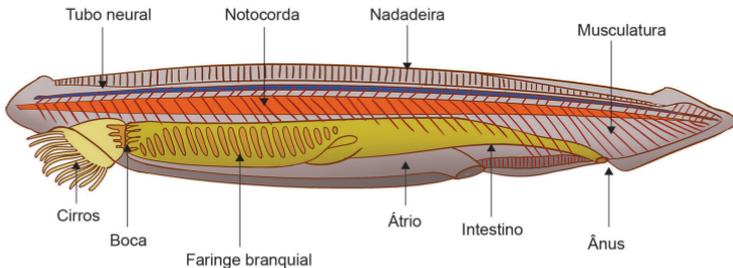
Os vertebrados pertencem ao filo dos cordados que, em algum momento da fase embrionária, apresentam características que podem ou não se manter na vida adulta. São elas:

- Tubo nervoso dorsal (corda nervosa): tubo oco que se forma através da invaginação da ectoderme localizada acima da notocorda. Sua extremidade anterior formará o encéfalo, especialmente nos vertebrados.
- Notocorda médio-dorsal subjacente ao tubo nervoso: tubo em forma de bastão com matriz gelatinosa envolta por tecido conjuntivo fibroso. É a primeira estrutura de sustentação dos cordados e, nos vertebrados, é substituída pela coluna vertebral.
- Aparelho branquial (fendas branquiais): formado a partir de uma invaginação da endoderme da faringe e de uma invaginação da ectoderme. Nos vertebrados que respiram por pulmões, essa estrutura é apenas embrionária. Já em peixes, originarão as brânquias funcionais.
- Cauda: região posterior ao ânus que se desenvolve mais ou menos de acordo com o grupo de vertebrados.

Assim, para iniciarmos nosso estudo, conheceremos um modelo muito usado para estudar a embriologia de cordados: o anfioxo. Esse ser apresenta de forma bem simples as três características dos cordados: três folhetos embrionários (triblástico), celoma (celomado) e com notocorda. Na verdade, o anfioxo faz parte de um pequeno grupo de animais primitivos classificados como cefalocordados, muito parecidos com pequenos peixes, com cerca de 5 cm de comprimento, e que vivem enterrados na areia de áreas costeiras de regiões tropicais.



Figura 3.10 | Anatomia do anfioxo



Fonte: adaptado de Silva (1973, p. 480).

Os anfioxos adultos são translúcidos e não apresentam esqueleto, já que a notocorda bem desenvolvida persiste por toda a vida e atua como eixo corporal, se estendendo até a ponta do “nariz” e, apesar de serem classificados como cefalocordados, não apresentam cérebro verdadeiro, mas, sim, um alargamento do tubo neural na porção anterior. Nessa região, estão os neurônios sensores que captam a informação do ambiente e neurônios motores que reagem a esses estímulos. Além disso, ao longo do tubo nervoso, apresentam células fotossensíveis, tentáculos quimiorreceptores ciliados e também células táteis em toda epiderme, ou seja, sensíveis à estímulos táteis.

O movimento corporal é dado pelo sistema muscular disposto em massas musculares em forma de “v” e nadadeiras primitivas. O sistema circulatório é formado por vários “corações” pulsáteis que não passam de pequenos bulbos ao longo do trajeto dos vasos sanguíneos. Sua alimentação é feita através da estrutura faríngea, nas fendas por onde as partículas são retidas. Isso ocorre graças à manutenção do fluxo de água dado pela contração e relaxamento da musculatura. Com o auxílio de células especializadas e do muco produzido pela fosseta de Hatschek, essas partículas são levadas ao tubo digestório, um estômago primitivo. Ao longo do tubo, encontram-se dois divertículos que secretam enzimas comparados a um “pré-fígado”. Também próximo ao tubo digestório, estão as células flama que têm a função de sistema excretor, recolhendo os produtos nitrogenados e

liberando-os no átrio, por meio do qual as excretas saem com a água.

Agora que sabemos um pouco mais sobre as características desse cordado primitivo, partiremos para a compreensão do desenvolvimento embrionário do anfioxo, a fim de embasar e facilitar o estudo da embriologia de grupos complexos como o dos vertebrados.

Como o que antecede a formação do embrião é a formação dos gametas, precisamos abordar brevemente a reprodução dos anfioxos. Eles são dioicos de reprodução sexuada e, sendo assim, apresentam testículos e ovários aos pares. Quando atingem a maturidade sexual, os gametas são lançados no átrio e saem pelo poro dessa bolsa ventral, o atrióporo. Os gametas se encontram externamente na fecundação. O ovo é do tipo oligolécito, ou seja, com pouco vitelo que está concentrado no polo vegetal. No polo animal, predomina o citoplasma ativo. Ocorre então a clivagem do tipo holoblástica, a qual podemos comparar com um limão partido ao meio e, em seguida, em quatro partes. Após a terceira clivagem, quatro células estão no polo animal e são levemente menores que as quatro células resultantes no polo vegetal. Entre essas células, na etapa de blastulação, começa a se formar uma pequena cavidade, a blastocele que vai aumentando à medida que as mitoses sequenciais vão formando numerosos blastômeros que se achatam na periferia. A etapa de gastrulação envolve diversos movimentos dos grupamentos celulares e resulta na formação dos folhetos embrionários a partir dos quais se dará a organogênese, ou seja, a diferenciação de tecidos especializados.

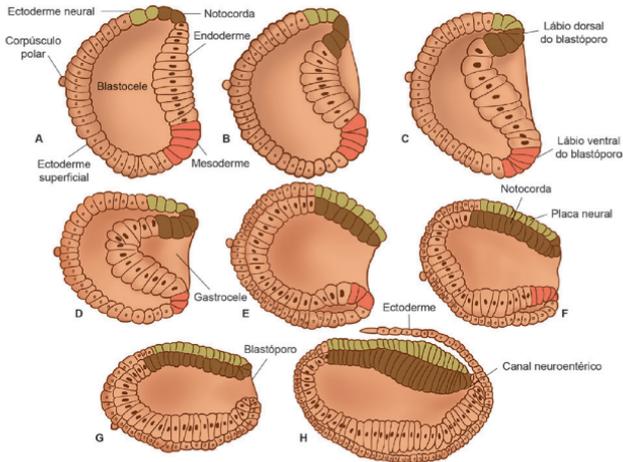


Exemplificando

A etapa de gastrulação se inicia com o achatamento da blástula e invaginação das células da endoderme até que essas encostem, internamente, no folheto da ectoderme, formando uma taça com parede dupla que delimita a gastrocele ou arquêntero. As bordas da taça correspondem aos lábios do blastóporo e por involução, a partir do lábio dorsal, interioriza-se a notocorda que, por sua vez, induz a ectoderme acima dela a formar a placa neural. Pelos lábios laterais do blastóporo, interioriza-se as células da mesoderme, em movimento de

convergência. Através do movimento de epibolia, o embrião alonga-se e passa para uma forma elíptica.

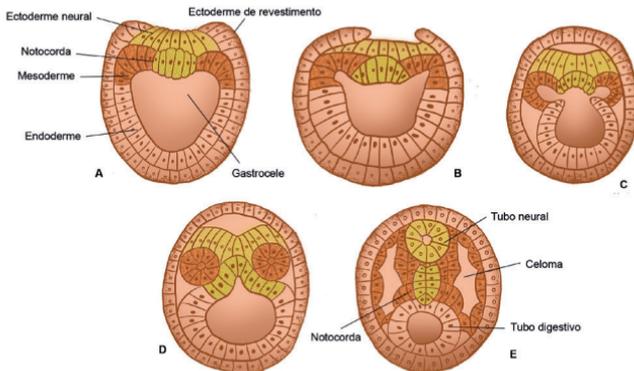
Figura 3.11 | Gastrulação em anfióxico (corte em plano mediano)



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 208).

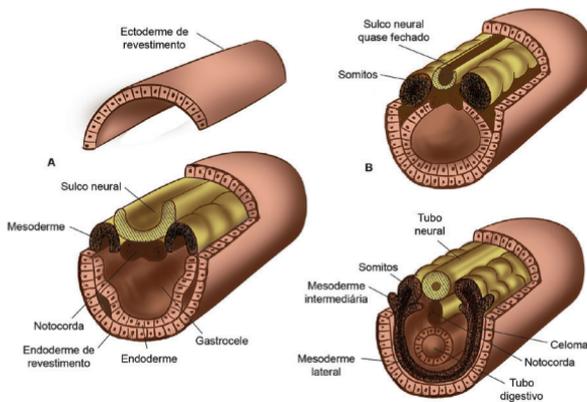
A etapa seguinte é a organogênese, em que a ectoderme origina o tubo neural e a epiderme. Já a mesoderme originará os somitos, dispostos lateralmente no embrião e que formará a musculatura, o revestimento do celoma e a notocorda, estrutura de sustentação localizada abaixo do tubo neural. Finalmente, a endoderme dará origem ao tubo digestório.

Figura 3.12 | Modificação dos folhetos embrionários para a formação dos órgãos rudimentares do anfióxico (corte em plano transversal)



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 209).

Figura 3.13 | Formação dos órgãos rudimentares do anfióxico (visão anterossuperior)



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 209).

Desenvolvimento inicial dos vertebrados

O desenvolvimento animal é um processo contínuo e pode ser indireto ou direto. Se ao nascer o animal tem uma forma muito diferente da forma adulta, ele passará por metamorfose, ou seja, desenvolvimento indireto. Se ao nascer apresentar mesma estrutura do adulto, o desenvolvimento é direto. Outro fato a ser considerado é a adaptação ao meio terrestre dada pelo grupo dos anfíbios, que apresenta um desenvolvimento aquático e terrestre em suas etapas de metamorfose. Outra relação de adaptação é vista nos ovos das aves e répteis, ricos em material vitelínico e protegidos por casca, já que o término do desenvolvimento se dá fora do organismo da mãe. Ao contrário dos mamíferos, o ovo quase não possui reservas, uma vez que o desenvolvimento ocorre no interior da fêmea que supre o embrião com o que é necessário.

Em comum, o desenvolvimento animal apresenta três fenômenos principais já discutidos anteriormente: as divisões celulares, a morfogênese e a organogênese. Semelhante ao que ocorre no desenvolvimento humano, na embriologia de vertebrados esses fenômenos ocorrem durante as etapas de segmentação (clivagem e blastulação), gastrulação, invaginação, epibolia, migração, delaminação e, finalmente, a organogênese propriamente dita. Assim, na sequência, trataremos de particularidades de cada grupo de vertebrados.



Pesquise mais

Para visualizar esquemas, exemplos e imagens de diferentes tipos de embriões, consulte o material sobre embriologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ):

UFRJ. **Embriologia N**. Disponível em: <<http://lcampanati.wixsite.com/embriologia/aulas-c6k2>> Acesso em: 6 fev. 2017.

Desenvolvimento inicial de peixes

A maioria das espécies de peixes apresentam fecundação externa, ou seja, macho e fêmea liberam os gametas na água. A eclosão dos ovos libera os alevinos que passarão por transformações até a idade adulta, ou seja, ocorre o desenvolvimento indireto. Algumas espécies, entretanto, realizam fecundação interna na qual os machos introduzem os gametas no interior da fêmea. Nesse caso, os filhotes, por desenvolvimento direto, já nascem com aspecto semelhante aos adultos.

Os ovos dos peixes são telolécitos, ou seja, com muito vitelo. Assim, o citoplasma está restrito a uma região em forma de disco no polo animal, que sofre as sequenciais divisões celulares. Essas clivagens são do tipo meroblástica discoidal e, após a formação de 64 a 128 blastômeros, têm-se o estágio de mórula, depois blástula e gástrula.



Pesquise mais

Para ilustrar as etapas do desenvolvimento inicial de peixes, assista aos vídeos explicativos:

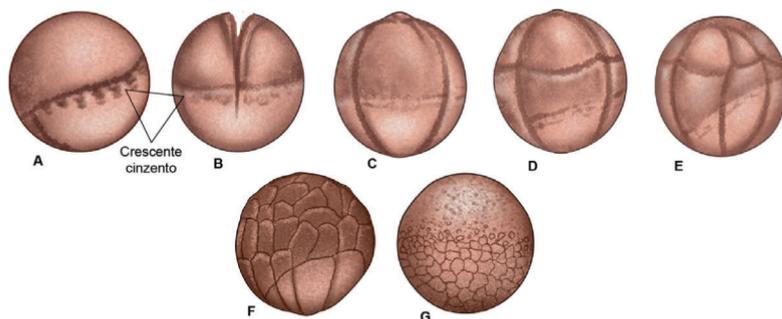
- DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DE PEIXES. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Ja0GprkpHqQ&t=13s>>. Acesso em: 6 fev. de 2017.
- DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DE PEIXES ZEBRA. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=j-P-CpuKoyc&t=18s>>. Acesso em: 6 fev. 2017.

- LAPSO DE TEMPO DE DESENVOLVIMENTO DE PEIXE PINTADO. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cNYzuvT2zyo>>. Acesso em: 6 fev. 2017.

Desenvolvimento inicial de anfíbios

Os numerosos ovos produzidos pelas fêmeas são cobertos por uma substância gelatinosa, sendo o polo animal mais pigmentado que o vegetativo. Assim, antes mesmo de ser fecundado, já existe uma polaridade. Após a fecundação, essa pigmentação desloca-se para a área intermediária entre os dois polos, a qual será o porão dorsal do animal, denominado de crescente cinzento. O ovo dos anfíbios é do tipo heterolécito, ou seja, com moderada quantidade de vitelo e, portanto, apresenta clivagem do tipo total desigual, na qual a segmentação atinge o ovo de forma geral, mas gera blastômeros de tamanhos diferentes. O eixo anteroposterior se dá no sentido polo animal e polo vegetal, sendo o primeiro onde ficará a cabeça. A blastocele formada de maneira deslocada, mais próxima ao polo animal e a gastrulação se inicia no crescente cinzento. Nos anfíbios já temos deuterostomia em que o blastóporo forma o ânus e, na extremidade oposta, a boca é gerada a partir de uma abertura do embrião.

Figura 3.14 | Sequência das clivagens do ovo mesolécito de anfíbios



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 225).

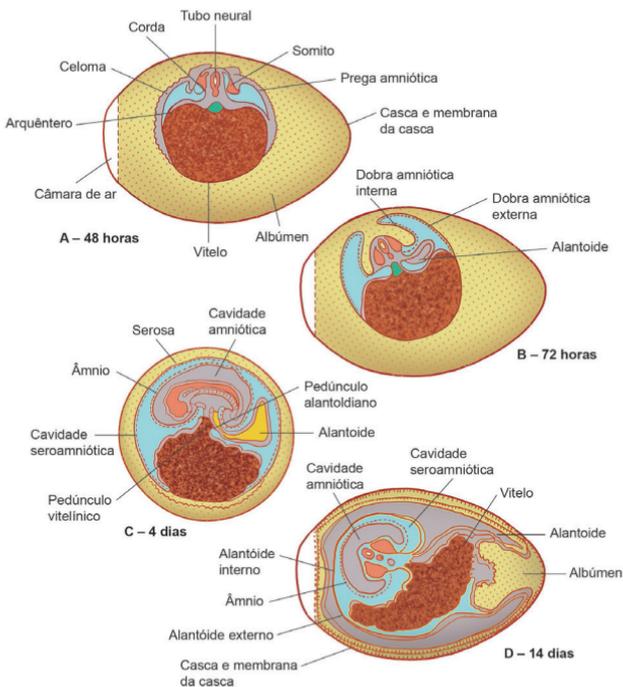


Retome a seção anterior e associe as estruturas encontradas nos diferentes tipos de ovos dos vertebrados ao tipo de desenvolvimento embrionário que possuem.

Desenvolvimento inicial de répteis e de aves

As particularidades embrionárias de répteis e aves são muito semelhantes. Esses dois grupos de vertebrados têm sua embriogênese ocorrendo completamente fora da água, no meio terrestre. Essa característica é possível graças às adaptações evolutivas, como a fecundação interna (eficácia), ovos com grande quantidade de vitelo (nutrição do embrião) e camadas de proteção (ovo ou mesmo o desenvolvimento no interior da fêmea).

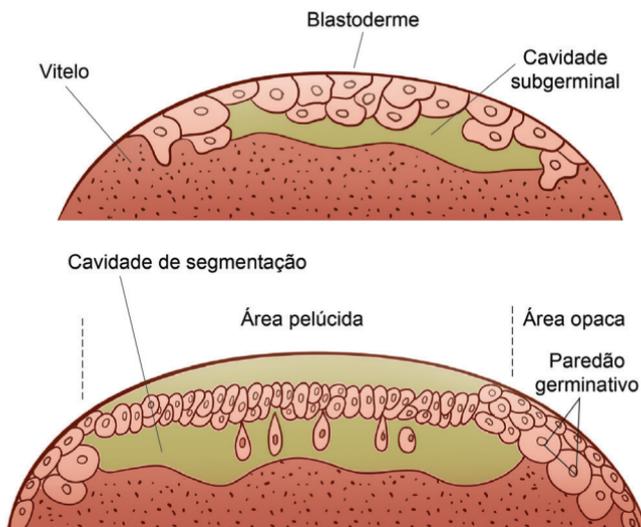
Figura 3.15 | Formação dos anexos embrionários em aves



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 243).

Dessa maneira, no ovo, as membranas extraembrionárias representadas pelo saco vitelino, âmnio, córion e alantoide dão a proteção necessária para o desenvolvimento do embrião. Os ovos são envoltos por casca calcária ou córnea e possuem albumina. Os ovos de répteis e aves são do tipo telolécitos completos ou megalécitos, isto é, são ovos grandes e com muito vitelo, sendo o citoplasma representado por uma pequena camada (protolécito) que constitui o disco germinativo. Assim, ocorre a clivagem meroblástica discoidal. O processo de gastrulação começa com a formação de um sulco ao longo do eixo anteroposterior, a chamada linha primitiva, através do qual as células superficiais migrarão para o interior e formarão a mesoderme e a endoderme. Assim, ao final da gastrulação, o embrião está apoiado no deutolécito e é finalmente composto pelos três folhetos germinativos: ectoderme, mesoderme e endoderme.

Figura 3.16 | Formação do equivalente à mórula (esquema superior) e à blástula (esquema inferior) em aves



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 236).



Pesquise mais

Para consolidar o seu conhecimento, estude os capítulos 16, 18 e 19 da obra:

GARCIA, S. M. L.; FERNANDEZ, C. G. **Embriologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

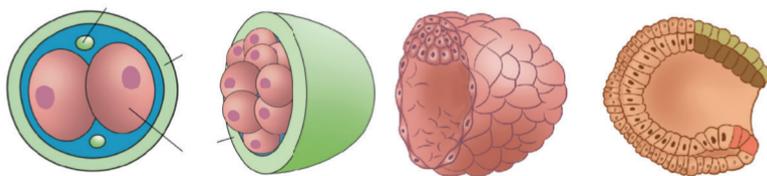
Consulte também o capítulo 5 de:

HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura de vertebrados**. 2. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2006.

Além disso, não deixe de visualizar as lâminas e esquemas no site de embriologia da Faculdade de Medicina de Marília.

FAMEMA. **Embriologia**. Disponível em: <<https://www.famema.br/famema/ensino/embriologia/clivagemroteiro.php>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

Figura 3.17 | Etapas do desenvolvimento embrionário inicial



Fonte: 1, 2 e 3 – adaptado de Moore (2012, p. 34).

Fonte: 4 e 5 – Garcia e Fernandez (2001, p. 208 e 209).

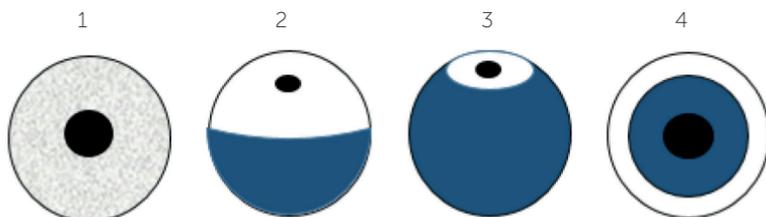
Assim, temos primeiramente o zigoto que já passou por sua primeira clivagem e, na sequência, após mitoses sucessivas e rápidas, têm-se a mórula. Em seguida, com o achatamento dos blastômeros e secreção de líquido intersticial para dentro do aglomerado celular, forma-se a blástula com a sua cavidade interior, a blastocelo. Com a invaginação das células da endoderme primitiva e diversas modificações, forma-se a gástrula. Em um estágio final, após o dobramento dos diversos folhetos embrionários, obtém-se o estabelecimento da organogênese rudimentar.

De quem é o ovo?

Descrição da situação-problema

Júlio, um colega de grupo de pesquisa de Maria Flor, está estudando amostras antigas e incrivelmente conservadas de um projeto abandonado por um antigo aluno. Ele precisa classificar os tipos de ovos e sugerir a quais grupos de vertebrados eles podem pertencer. Assim, poderá destinar essas valiosas amostras aos estudos adequados. A seguir, temos alguns exemplos de amostras que Júlio precisa classificar:

Figura 3.18 | Diferentes tipos de ovos



Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

O ovo número 1 é do tipo oligolécito, ou seja, apresenta pouca quantidade de vitelo distribuído uniformemente. Está presente em mamíferos.

O ovo número 2 representa um ovo mesolécito que contém quantidade média de vitelo concentrado no polo vegetativo. Esse ovo é encontrado em anfíbios.

Já o ovo 3, telolécito, pode ser encontrado em aves, répteis e peixes. Sua principal característica é a grande quantidade de vitelo.

O ovo 4 é classificado como centrolécito, não pertence a nenhum grupo de vertebrados, apresenta grande quantidade de vitelo ocupando a parte central do ovo e ocorre principalmente em artrópodes.

Faça valer a pena

1. Os vertebrados pertencem ao Filo Chordata, caracterizado por apresentar características comuns no seu desenvolvimento inicial.

Selecione a alternativa que apresenta essas características:

- a) Tubo nervoso dorsal, notocorda, aparelho branquial e cauda.
- b) Tubo nervoso dorsal, notocorda e aparelho branquial.
- c) Ectoderme, mesoderme e endoderme.
- d) Ectoderme, mesoderme, endoderme e notocorda.
- e) Ectoderme, mesoderme, endoderme e celoma.

2. O desenvolvimento dos animais apresenta três fenômenos principais comuns: as divisões celulares, a morfogênese e a organogênese. No que diz respeito ao tipo de reprodução, fecundação e desenvolvimento inicial, cada grupo de animais apresenta suas particularidades. Pensando nas diferenças e semelhanças, dentre as alternativas a seguir, qual apresenta um fator comum a peixes, aves e répteis?

Selecione a alternativa correta:

- a) Ovo telolécito.
- b) Ovo com envoltório calcário.
- c) Fecundação externa.
- d) Metamorfose.
- e) Ovo mesolécito.

3. O anfioxo é um animal cefalocordado utilizado como modelo base para estudar a embriogênese dos vertebrados. Esse animal primitivo apresenta características básicas comuns aos cordados, como os três folhetos embrionários.

A ectoderme dará origem a qual ou a quais estruturas na organogênese rudimentar do anfioxo?

- a) Tubo neural e epiderme.
- b) Notocorda e epiderme.
- c) Somitos.

d) Tubo neural e tubo digestório.

e) Notocorda.

Referências

DARWIN, C. **A origem das espécies e a seleção natural**. 2. ed. São Paulo, 2009. p. 70.

EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas: bases celulares e moleculares**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

GARCIA, S. M. L.; FERNANDEZ, C. G. **Embriologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed. 2001.

HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura de vertebrados**. 2. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2006.

MOORE, K. L. **embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

_____. **Embriologia**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

SADLER, T. W. **Largman Embriologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SILVA, J. de L. e. **Zoologia**. São Paulo: FTD, 1973.

Etapas do desenvolvimento inicial embrionário de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos

Convite ao estudo

Agora que já conhecemos os tecidos básicos, a forma como se relacionam para formar todos os órgãos e sistemas e, finalmente, as etapas embrionárias iniciais da formação desses tecidos, nos aprofundaremos nos estudos da embriologia comparada. Nesta nova etapa, daremos continuidade à compreensão de como se desenvolvem os derivados dos folhetos germinativos e entenderemos como os órgãos e os sistemas são formados a partir deles. Abordaremos situações vividas na prática, no campo da embriologia, como as questões vividas por Adam, um estudante de Ciências Biológicas que acaba de iniciar seu estágio em um laboratório especializado em teratologia, ou seja, o estudo das anomalias e malformações do desenvolvimento embrionário ou fetal. Da mesma forma que o estudo de Embriologia será fundamental para Adam, ao final desta unidade, você será um estudante com vasto conhecimento embriológico.

Para isso, na Seção 4.1, estudaremos o desenvolvimento inicial de mamíferos e, tomando como exemplo o desenvolvimento humano, aprenderemos os derivados ecto, endo e mesodérmicos, além de iniciar os estudos do desenvolvimento dos sistemas, começando pelo sistema tegumentar e nervoso. Na Seção 4.2, trataremos do desenvolvimento dos sistemas cardiovascular, muscular, esquelético, urogenital, digestório e respiratório. E, finalmente, na Seção 4.3, voltada para o estudo prático, conheceremos a teratologia e faremos avaliações práticas de cortes seriados do desenvolvimento embrionário em diferentes etapas.

Seção 4.1

Derivados ectodérmicos, mesodérmicos e endodérmicos

Diálogo aberto

Adam é um estudante de Biologia que acaba de iniciar seu estágio em um laboratório especializado em teratologia, ou seja, o estudo das anomalias e malformações do desenvolvimento embrionário ou fetal. Dessa maneira, a partir de alterações observadas em bebês nascidos no hospital de sua universidade, o grupo de pesquisas busca compreender as alterações genéticas que levam às anomalias observadas. Como primeira atividade, o orientador de Adam pediu que ele correlacionasse as alterações observadas em cinco casos com os possíveis folhetos germinativos, estruturas embrionárias ou dobramentos.

Caso 1: neonato com espinha bífida.

Caso 2: feto anencéfalo.

Caso 3: neonato com hemangioma.

Caso 4: feto com gastrosquise, ou seja, intestinos fora da cavidade abdominal.

Caso 5: feto com ictiose.

Como Adam pode relacionar essas alterações?

Sem medo de errar

Na última seção da unidade anterior, abordamos as principais etapas do desenvolvimento inicial dos grupos dos peixes, anfíbios, répteis e aves. Para concluir o estudo desse aspecto, compreenderemos agora o desenvolvimento inicial de mamíferos e, tomando-os como base, na sequência trataremos dos derivados ectodérmicos.

Desenvolvimento inicial de mamíferos

A maioria dos ovos dos mamíferos, que incluem obviamente os

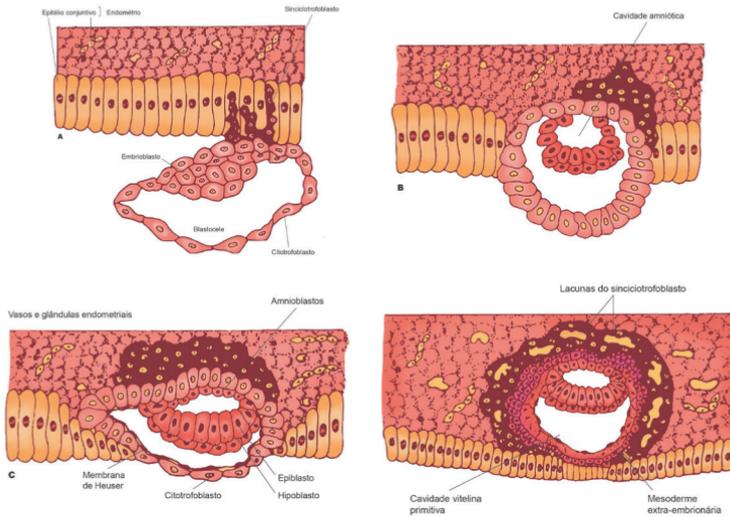
Óvulos humanos, são oligolécitos, ou seja, são pobres em vitelo. Devido a isso, o tipo de clivagem é a holoblástica igual (total), de modo que as segmentações ocorrem de maneira a atravessar completamente as células. Apesar de apresentarem ovos megalécitos, as aves e répteis apresentam padrões de desenvolvimento embrionário semelhantes aos dos mamíferos, como já discutido anteriormente. No entanto, os mamíferos, com exceção de espécies ovíparas, apresentam o desenvolvimento embrionário no interior do corpo materno, o que é possível pelo fato de que quando o embrião atinge o útero e é implantado, começa o desenvolvimento do anexo embrionário que vai assegurar o desenvolvimento do embrião: a placenta. Após a etapa de mórula, o embrião segue para a etapa de blastocisto, formado pela camada de células chamada de trofoblasto que envolve a cavidade denominada blastocele. Nessa cavidade será iniciado o botão embrionário, conhecido também como embrioblasto, uma saliente massa celular formada a partir do trofoblasto e que fica voltada para a blastocele. Na sequência, ocorre a formação do córion que, a partir das células trofoblásticas, formará vilosidades que interagirão de forma cada vez mais íntima com o endométrio, promovendo a nidacção, ou seja, a implantaçção do embrião na parede uterina. É também a partir do trofoblasto que será formada a placenta.



Exemplificando

Figura 4.1 | Implantação do embrião no endométrio uterino

- a) Corrosão do endotélio uterino através de enzimas secretadas pelo trofoblasto.
- b) Blastocisto parcialmente implantado no endométrio com início da formação da cavidade amniótica.
- c) Blastocisto quase completamente implantado já com a cavidade amniótica formada.
- d) Blastocisto implantado.



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 248).

A partir do embrioblasto, ou seja, da massa de células do botão embrionário, origina-se a gástrula e, na sequência, o embrião propriamente dito. Nos mamíferos, ocorre a gastrulação por epibolia.

Com a formação da gástrula, as células do embrioblasto reorganizam-se formando a ectoderme (células mais altas) e a endoderme (células mais baixas) que, sobrepostas, formam o disco embrionário, pois olhando-o de cima, apresentam uma forma discoide. A partir de um pequeno espaço acelular que se localiza acima desse disco, será formada a cavidade amniótica e, abaixo do disco, formará a vesícula vitelínica. Na sequência, surge entre a ecto e a endoderme, o terceiro folheto embrionário, através de duas evaginações laterais do endoderma, que se dobram originando duas bolsas que formarão dois folhetos de mesoderme. Um desses folhetos ligados à ectoderme formará a somatopleura. O outro folheto mesodérmico agrupado com o endoderma formará a esplancnopleura. O espaço embrionário delimitado pela somatopleura e pela esplancnopleura é chamado de celoma.

No ectoderma, ocorre um afundamento formando um sulco,

cujas bordas vão se evidenciando até se unirem em fechamento desse canal, gerando o tubo neural. Outra modificação é a formação da notocorda entre o tubo neural e o saco vitelínico, através da evaginação longitudinal da mesoderme. No desenvolvimento embrionário dos mamíferos, algumas células do trofoblasto darão origem às membranas extraembrionárias como a membrana da cavidade amniótica e vitelínica e ao alantoide. O cordão umbilical é formado a partir do âmnio e da mesoderme e ligará o embrião à placenta, o que garantirá o desenvolvimento do embrião mamífero, uma vez que esse grupo de animais obtém os nutrientes exclusivamente a partir da circulação sanguínea materna.



Pesquise mais

Para saber mais sobre os aspectos genéticos e moleculares, busque informações em artigos científicos e em livros como o quadro 6-4 explicativo encontrado na página 189 da obra:

EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas**: bases celulares e moleculares. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

O período da organogênese que, no caso dos humanos, estende-se da terceira à oitava semana do desenvolvimento, é quando a partir de cada um dos três folhetos germinativos serão formados os tecidos e órgãos específicos. São os chamados derivados ecto, meso e endodérmicos.

Derivados ectodérmicos

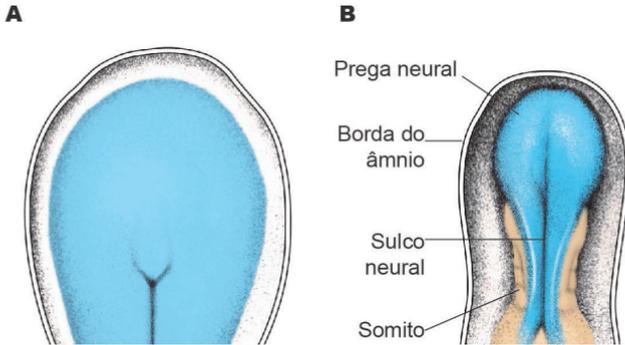
Quando o folheto ectodérmico assume a forma discoide, há um maior alargamento comparando a região cefálica com a região caudal do embrião, conforme é possível observar na Figura 4.2 (A). Com o surgimento da notocorda e do mesoderma, há um espessamento do ectoderma e a formação da placa neural, que é a diferenciação do ectoderma em neuroectoderma, Figura 4.2 (B).

Figura 4.2 | Formação inicial do embrião e seus dobramentos

a) Vista dorsal do embrião em formação inicial.

b) Vista dorsal do embrião apresentando somitos e formação do sulco neural com as pregas neurais.

c) Vista dorsal apresentando os somitos e os neuróporos.



Fonte: adaptada de Sadler (2016, p. 59, 60 e 61).

Assim, no processo de neurulação, a placa neural se alonga através de extensão convergente. Conforme a placa se alonga, suas extremidades se elevam e formam as pregas neurais e o afundamento determina o sulco neural. As pregas vão aproximando até se fundirem na linha média, começando da região cervical e seguindo em direções opostas para a região caudal e cranial. O resultado desse processo é a formação do tubo neural e, até que se feche completamente, as extremidades são chamadas de neuróporo anterior (cranial) e neuróporo posterior (caudal), Figura 4. 2 (C). Quando as extremidades se fecham, há o pré-sistema nervoso central representado pela medula espinal, uma estrutura tubular fechada com a porção caudal estreita e a porção cefálica alargada com várias dilatações, as vesículas cefálicas.

Com a fusão das pregas neurais, algumas células da crista do neuroectoderma se dissociam e formam um agrupamento celular paralelo, a crista neural, que deixa o neuroectoderma após o fechamento do tubo neural. Essas células migram por duas vias:

1. Via dorsal através da derme, adentrando o ectoderma para dar origem aos melanócitos e folículos pilosos.

2. Via ventral através dos somitos, formando gânglios sensoriais, neurônios simpáticos e entéricos (sistema nervoso periférico), células de Schwann e células da medula suprarrenal.

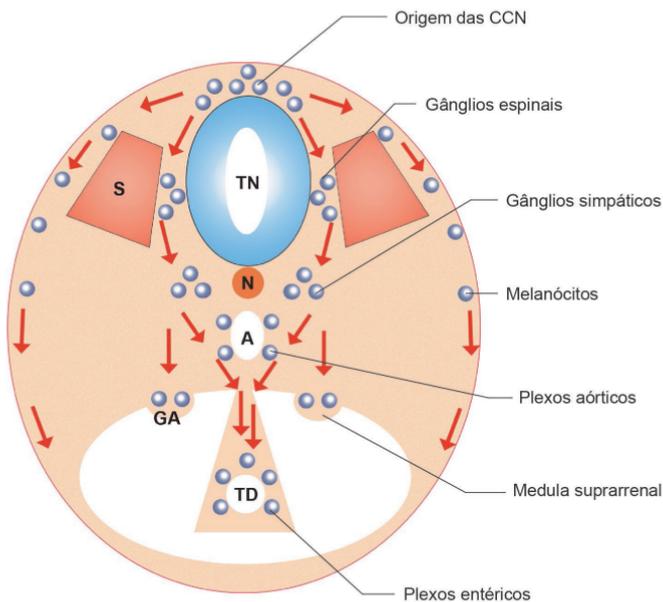


Assimile

Figura 4.3 | Origem e derivados das células da crista neural (CCN)

As setas representam as principais vias de migração.

Túbulo neural (TN), somito (S), aorta (A), notocorda (N), glândula suprarrenal (GA) e tubo digestório (TD).



Fonte: adaptada de Eynard, Valentich e Rovasio (2011, p. 197).



Refleta

Por que alguns autores consideram as células da crista neural como um quarto folheto embrionário?

As células da crista neural estão presentes apenas nos vertebrados e representam uma importante aquisição evolutiva. Essas células migratórias participam da formação de importantes estruturas da cabeça, como as cartilagens da face, os dentes e diversos ossos do crânio, da face e do pescoço, além das células da glia. O desenvolvimento dessas estruturas propiciou o aperfeiçoamento do estilo de vida predatório desses animais e foi tão importante para esse grupo que as células da crista neural são consideradas como o quarto folheto germinativo. Nesse sentido, alguns autores conceituam os vertebrados como animais tetrablásticos, sendo esse um dos principais atributos que os separam dos outros cordados invertebrados.

No mesmo momento que ocorre o fechamento do tubo neural, dois espessamentos ectodérmicos bilaterais darão origem às estruturas de audição e de equilíbrio e aos olhos. São, respectivamente, os placódios óticos e placódios do cristalino.

Portanto, a ectoderme origina os sistemas nervoso central, periférico, epitélio sensorial do ouvido, nariz e olhos. A ectoderme superficial dará origem à epiderme e seus anexos, além de formar as glândulas subcutâneas, mamárias, hipófise e o esmalte dos dentes.

Derivados mesodérmicos

A mesoderme inicialmente é constituída por uma linha fina de tecido entre a ectoderme e a endoderme com a notocorda em seu interior. Além disso, esse folheto embrionário também se estende como uma camada contínua que cobre o âmnio, chamada de mesoderme parietal ou somática. E a camada de mesoderme que se estende sobre a vesícula vitelínica é a mesodérmica visceral ou esplâncnica. Com o passar do desenvolvimento embrionário, um espessamento da região mais próxima à notocorda dará origem a mesoderma paraxial, sendo a parte mais externa afinada, chamada de placa lateral. Entre essas duas porções mesodérmicas está a mesoderme intermediária.

O mesoderma paraxial, à medida que o embrião se desenvolve, organiza-se em somitômeros na direção cefalocaudal. Essas estruturas representam agrupamentos celulares mesodérmicos concêntricos. Na região cefálica, elas se associam à placa neural formando os neurômeros que originarão o mesênquima da cabeça. Seguindo na direção caudal, originam-se vários pares de somitos, os quais, de acordo com o seu número, podem determinar a idade do embrião.

Os somitos, agrupados em esferas mesodérmicas, possuem células com características epiteliais. Essas células se transformam e migram cercando o tubo neural e a notocorda, formando o esclerótomo, que se diferenciará nas cartilagens tendíneas e componentes ósseos, desenvolvendo o miótomo, que originará as células musculares e o dermátomo que gera a derme das costas.

A mesoderme intermediária dará origem às estruturas urogenitais, sendo que, nas regiões torácicas e cervicais do embrião, serão formados os nefrótomos e, na região caudal, o cordão nefrogênico. Portanto, a partir desse folheto, formam-se as porções excretoras do sistema urinário e as gônadas.

Por fim, a mesoderme lateral chamada de placa lateral, formada pelas camadas parietal e visceral, recobre, respectivamente, a cavidade intraembrionária e cobre os órgãos. A mesoderme lateral parietal, com a ectoderme, forma a parede corporal lateral e fecha a parede corporal ventral, ou seja, origina a derme da parede corporal e dos membros, os ossos e tecido conjuntivo dos membros e ao esterno. Essa camada também formará as membranas serosas que revestem o peritônio, a pleura e o pericárdio. Já o mesoderma lateral visceral origina a parede do tubo intestinal e forma a delgada membrana serosa que envolve cada órgão.

O mesoderma também origina as células e os vasos sanguíneos formados por vasculogênese, na qual tecidos vasculares primitivos, chamados de ilhotas sanguíneas, originarão os vasos do sistema circulatório. Outro processo importante nessa etapa é a angiogênese, na qual novos vasos são formados a partir de ramificações de vasos já existentes. As ilhotas sanguíneas iniciais formam-se no mesoderma da parede da vesícula vitelínica, mas trata-se de uma população transitória. É o mesoderma próximo do rim em desenvolvimento que dará origem às células-tronco hematopoiéticas.

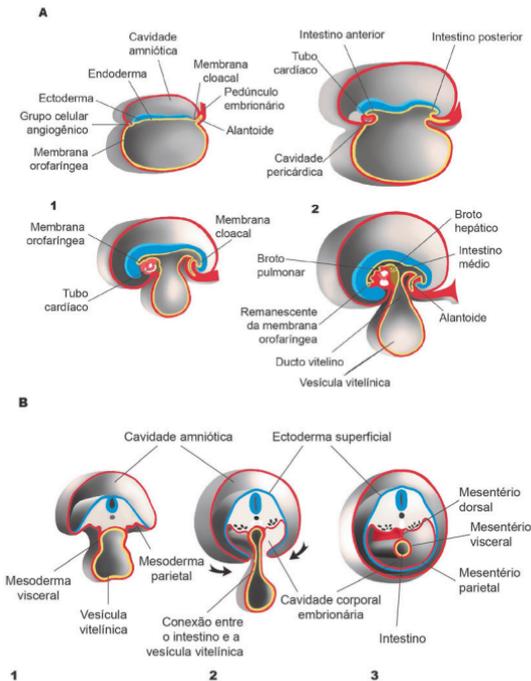
Derivados endodérmicos

O folheto embrionário endodérmico recobre a superfície ventral do embrião formando a parte superior da vesícula vitelínica. O crescimento das vesículas cefálicas e alongamento do tubo neural levam o embrião a se curvar na posição fetal (Figura 4.4). A parede corporal lateral vai se ocluindo para fechar a parede ventral, que fica aberta apenas na região umbilical. Nesse movimento, o âmnio é puxado para baixo fazendo com que o embrião fique dentro

da cavidade amniótica. Com esse crescimento, dobramento e fechamento cefalocaudal, uma porção da endoderme é incorporada no embrião e forma o tubo intestinal. Outra porção desse folheto formará as porções intraembrionárias do alantoide e do ducto vitelínico. A continuação do desenvolvimento endodérmico originará o revestimento epitelial do sistema respiratório (epitélio respiratório), o parênquima da tireoide, da paratireoide, do fígado e do pâncreas, o estroma reticular das amígdalas e o timo, o revestimento epitelial da bexiga urinária e da uretra, o revestimento epitelial da cavidade do timpano e à tuba auditiva.

Figura 4.4 | Primeiros dobramentos embrionários

- a) Cortes sagittais na linha média de embriões em vários estágios do desenvolvimento, mostrando a dobradura cefalocaudal e seu efeito na posição da cavidade revestida pelo endoderma.
- b) Cortes transversais para demonstrar o mesmo efeito.



Fonte: adaptada de Sadler (2016, p. 71).

Desenvolvimento dos sistemas tegumentar e nervoso

A ectoderme é o ponto em comum entre o sistema tegumentar e o sistema nervoso, pois, com a formação do tubo neural, temos estabelecido a ectoderme que originará o sistema nervoso e a ectoderme de revestimento.

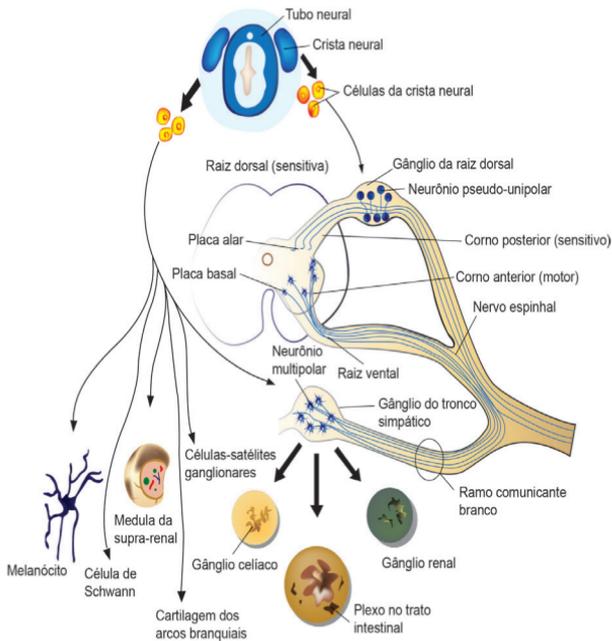
Assim, o sistema tegumentar é composto pela pele e pelos seus anexos cutâneos. A pele é formada pela epiderme, que deriva do folheto ectodérmico, e pela derme, originada da mesoderme (somitos e somatopleura).

No início, o embrião é recoberto por células ectodérmicas cuboides em duas camadas. A camada mais basal vai se diferenciando e proliferando, até formar a epiderme com seu epitélio estratificado pavimentoso queratinizado característico. Entram nessa camada os melanoblastos migratórios da crista neural que formarão os melanócitos. A derme, por sua vez, é produzida a partir do mesênquima, gerado pelos dermomiótomos e pela somatopleura, que originam os fibroblastos.

Conforme descrito anteriormente, além do revestimento do embrião, a ectoderme também origina o tecido neuroblástico, responsável por gerar a placa neural que, ao se dobrar, formará o tubo neural (Figura 4.5). Após o seu completo fechamento, o tubo neural apresentará uma porção cefálica dilatada, que originará encéfalo e uma porção caudal cilíndrica, que produzirá a medula espinal. Além disso, a partir das cristas neurais, também já descritas acima, serão formados os gânglios espinais e os sensitivos craniais.

Assim, a medula espinal possui a placa basal com os neurônios motores, a placa alar com os neurônios sensoriais e a placa do assoalho e do teto que conectam as duas placas anteriores. Os nervos que se formam a partir de cada segmento da medula espinal possuem seus núcleos motores na placa basal, enquanto os seus corpos celulares sensoriais estão nos gânglios espinais derivados da crista neural.

Figura 4.5 | Esquema demonstrando os derivados das células da crista neural



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 320).

O cérebro, por sua vez, é formado pelo tronco encefálico, contínuo da medula espinal, e pelos centros superiores, gerados pelo cerebelo e pelos hemisférios cerebrais. Quando o tubo neural se fecha, o cérebro é produzido por três vesículas: rombencéfalo (dividido em mielencéfalo e metencéfalo), mesencéfalo e prosencéfalo (diencéfalo e telencéfalo).

Pesquise mais

Para saber mais sobre a formação dos anexos cutâneos, leia o capítulo 29 da obra:

GARCIA, S. M. L.; FERNANDEZ, C. G. **Embriologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

Você também aprenderá muito mais se estudar o capítulo 27 do mesmo livro sobre o desenvolvimento do sistema nervoso central.

Não deixe de ler os capítulos 18 e 21 sobre os mesmos assuntos em:

SADLER, T. W. **Langman embriologia Mmédica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Ao analisar as alterações observadas e revisar os conceitos em embriologia, Adam chegou à conclusão de que, tanto no Caso 1, quanto no Caso 2, o problema pode ter ocorrido no fechamento anormal das pregas neurais, gerando o chamado defeito no tubo neural ou DTN. Essas anomalias podem envolver ainda meninges, vértebras, músculos e pele. Já no Caso 3, a formação anormal de vasos e capilares sanguíneos está relacionada a alterações presentes no mesoderma. Este, em pequenas porções, se diferencia em ilhotas sanguíneas que originarão os vasos no embrião. O crescimento anormal dos vasos leva ao aparecimento do hemangioma capilar. No Caso 4, o problema ocorreu durante o dobramento do embrião e fechamento da parede corporal na região abdominal, onde parte do endoderma formador do tubo digestivo ficou para fora do embrião. Finalmente no Caso 5, durante a formação da epiderme a partir da ectoderme, um distúrbio genético causa uma queratinização excessiva na camada mais externa do epitélio estratificado pavimentoso. O resultado é o chamado feto arlequim.

Avançando na prática

Causa e consequência

Descrição da situação-problema

O grupo de pesquisas de Adam acaba de descobrir uma nova alteração genética envolvida em abortos espontâneos de fetos com algumas alterações específicas. Ao longo de várias décadas, o grupo estudou fetos que não se desenvolviam por não apresentar algumas membranas importantes para os órgãos, como o revestimento do

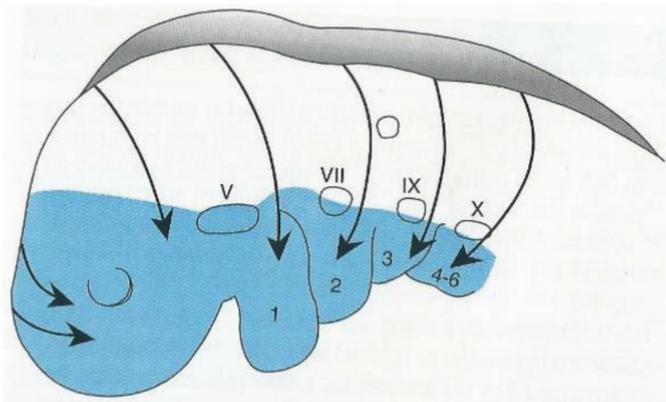
peritônio e a pleura pulmonar. À qual folheto embrionário essas alterações genéticas podem ser correlacionadas?

Resolução da situação-problema

O folheto embrionário responsável pela formação do fino tecido conjuntivo que recobre órgãos e cavidades corporais internas é a mesoderme. A porção lateral parietal da mesoderme origina as membranas serosas que revestem o peritônio, a pleura e o pericárdio. Por isso, essas alterações genéticas muito provavelmente estão ligadas às células mesodérmicas.

Faça valer a pena

1. Durante a formação dos embriões, a blastulação, gastrulação, formação dos folhetos e dobramentos dessas camadas determinarão o destino de cada região do embrião, ou seja, a quais órgãos e sistemas estes darão origem. Com relação à figura a seguir, a qual evento embrionário ela pode ser relacionada?



Fonte: Sadler (2016, p. 63).

Selecione a alternativa correta:

- Migração das células da crista neural.
- Fechamento ventral embrionário.
- Formação dos somitos.
- Secreção do líquido amniótico pelo trofoblasto.
- Formação do sulco neural.

2. Depois da etapa de _____, o embrião segue para a fase de _____ que é formado pela camada de células denominada _____ que evolui a _____. Nessa cavidade, iniciará o chamado _____ ou _____.

Selecione a alternativa que contém as palavras que completam corretamente a sentença acima:

- a) Mórula; blastocisto; trofoblasto; blastocele; botão embrionário; embrioblasto.
- b) Blástula; gástrula; trofoblasto; blastocele; botão embrionário; embrioblasto.
- c) Mórula; blastocisto; embrioblasto; blastocele; botão embrionário; trofoblasto.
- d) Mórula; blastocisto; trofoblasto; gástrula; acumulado embrionário; embrioblasto.
- e) Blástula; gástrula; trofoblasto; gastrocele; somito; embrioblasto.

3. No início, a mesoderme é formada por uma fina camada tecidual entre a ectoderme e a endoderme, além de se estender como uma camada contínua cobrindo o âmnio.

Qual alternativa abaixo contém apenas estruturas derivadas da mesoderme?

- a) Somitos; porções excretoras do sistema urinário; gônadas; membranas serosas viscerais.
- b) Somitos; néfrons; glândulas sebáceas; gônadas.
- c) Porções excretoras do sistema urinário; gônadas.
- d) Vasos sanguíneos; epitélio intestinal; gônadas; membranas serosas viscerais.
- e) Somitos; epitélio do tubo digestório; membranas serosas; sistema urinário.

Seção 4.2

Desenvolvimento dos sistemas

Diálogo aberto

Adam está muito satisfeito com seu estágio em um grupo de pesquisas em teratologia e participa cada vez mais das discussões científicas do grupo. Neste momento, a equipe na qual o estudante de Biologia trabalha está analisando um caso de fístula traqueoesofágica. Baseado no desenvolvimento do sistema digestório e do sistema respiratório, como esse tipo de alteração ocorre?

Sem medo de errar

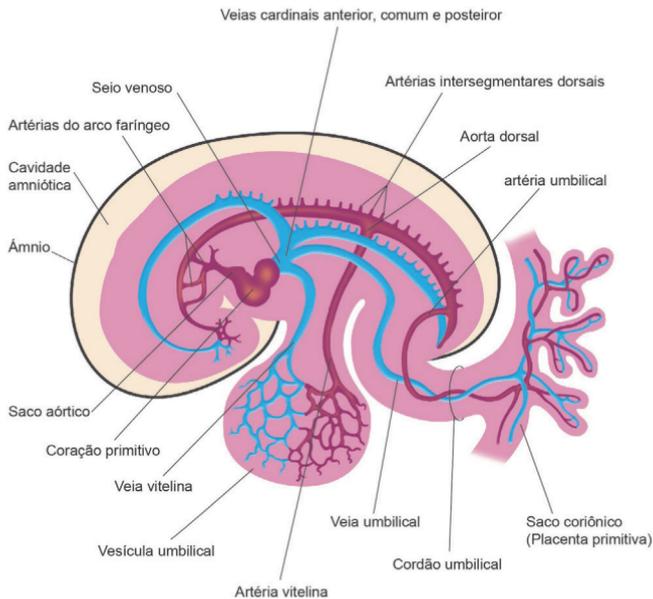
Após aprendermos sobre a formação inicial dos sistemas tegumentar e nervoso, chegou a hora de conhecermos os aspectos do desenvolvimento de outros sistemas vitais. Assim, ao final desta seção, teremos uma visão ampla de como se dá a formação dos órgãos e sistemas orgânicos nesta incrível jornada que é o desenvolvimento embrionário.

Desenvolvimento do sistema cardiovascular

No desenvolvimento fetal, um dos sistemas mais importantes na vida inicial do embrião é o sistema cardiovascular. Isso porque, para que as outras etapas possam ocorrer com sucesso, é preciso garantir as necessidades nutritivas do pequeno ser em desenvolvimento. Do mesmo modo, a formação de uma rede que permita a eliminação dos resíduos metabólicos também é primordial. Assim, desde a primeira interação das vilosidades trofoblásticas com a placenta – no caso dos mamíferos – o embrião recebe nutrientes e oxigênio, além de eliminar resíduos. Tomando os mamíferos como exemplo, o início da circulação primitiva já se dá na quarta semana de gestação, inclusive com os primeiros batimentos cardíacos do pequeno coração rudimentar.

Os primeiros vasos serão formados a partir da mesoderme que reveste o saco vitelínico, o pedúnculo e também a partir do córion (placenta primitiva). Surgem aqui as ilhotas de Wolff que se diferenciarão em células endoteliais e em células da linhagem hematopoiética, que originam as células sanguíneas primitivas. As células endoteliais se multiplicam e se organizam em tubos para formar os primeiros vasos sanguíneos que vão crescendo por angiogênese e se conectando, desenvolvendo um intenso plexo vascular.

Figura 4.6 | Sistema vascular embrionário



Fonte: adaptada de Moore (2012, p. 291).

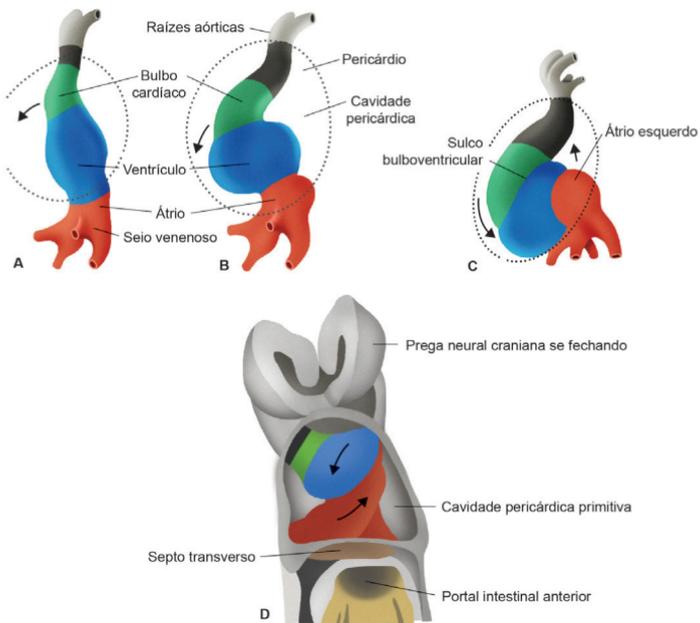
A origem das células que formarão o coração está na área cardiogênica que corresponde à mesoderme intraembrionária colocada à frente e dos lados da placa neural. Através de delaminação, a mesoderme cardiogênica forma um folheto somático ou parietal, aderido à ectoderme, e um folheto esplâncnico ou visceral, aderido à endoderme. A área entre esses dois folhetos é a futura cavidade do pericárdio. Tem-se a formação dos dois tubos endocárdicos a partir do folheto esplâncnico que, no futuro, vão se aproximando até fundirem-se para formar um tubo endocárdico único. Nesse tubo,

haverá diferenciação de estruturas com capacidade de contração, uma característica própria do tubo cardíaco primitivo. Com esse processo e também com o dobramento ventral do embrião, ocorre um espessamento do mesênquima ao redor do tubo. Esse espessamento formará o miocárdio e pericárdio.

No tubo endocárdico já único, surgem dilatações que representam as cavidades cardíacas primitivas, o bulbo cardíaco, o ventrículo primitivo, o átrio primitivo e o seio venoso. Assim, o coração primitivo, ainda em forma tubular, apresenta suas cavidades em série e é preciso que haja um dobramento nesse tubo e um processo de septação, a fim de estabelecer a morfologia cardíaca.

Assimile

Figura 4.7 | Dilatações e dobramento cardíacos



Fonte: adaptada de Sadler (2016, p. 146).

O dobramento se dá pelo crescimento do tubo endocárdico sem o crescimento da cavidade pericárdica, o que força o tubo a girar sobre seu próprio eixo no qual o ventrículo primitivo se move ventralmente e para a direita, enquanto a região atrial está se movendo dorsalmente para a esquerda. A septação divide o coração em átrios e ventrículos.



Pesquise mais

Para estudar detalhadamente as etapas do desenvolvimento do sistema circulatório, não deixe de estudar o capítulo 13 da obra:

MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

Você também gostará de ler o capítulo 13 de:

SADLER, T. W. **Langman embriologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Veja as demonstrações encontradas em vídeos:

- Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=y_mtnGPihI>. Acesso em: 1 mar. 2017.
- Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZGTINNjruhA>>. Acesso em: 1 mar. 2017.

Desenvolvimento dos sistemas muscular e esquelético

Os músculos originam-se da mesoderme, exceto a musculatura da íris que advém do ectoderma do cálice óptico. As primeiras células miogênicas são encontradas na porção anterior da linha primitiva e nas células mesodérmicas, de modo que a determinação miogênica ocorre ao mesmo tempo que a gastrulação.

Os mioblastos são originados da mesoderme paraxial, mais especificamente dos somitos, a fonte dos músculos esqueléticos. Inicialmente, o somito apresenta-se esférico possuindo uma parte ventral mesenquimatosa, o esclerótomo, e uma parte epitelial dorsal, o dermomiótomo, que formará o miótomo, a partir do qual origina-se a musculatura estriada esquelética. Assim, os mioblastos que formam a musculatura esquelética do tronco são formados a partir do mesênquima nas regiões do miótomo dos somitos.

A musculatura dos membros origina-se a partir de células da parte ventral do dermomiótomo. Assim, após a transformação epitélio-mesênquimal, as células vão para o local do broto do membro.

A musculatura lisa desenvolve-se do mesoderma da placa lateral e das células da crista neural enquanto a musculatura estriada cardíaca, como citado acima, advém da mesoderme esplâncnica do tubo endocárdico.

A musculatura crânio facial forma-se de mioblastos derivados dos arcos faríngeos, que se originam a partir do mesoderma paraxial e da placa pré-cordal.



Exemplificando

Para entender as descrições e origens de cada tipo de musculatura, veja as figuras 11.1 e 11.2 na obra:

SADLER, T. W. **Langman embriologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Conheça também os esquemas contidos nas figuras 15.1 e 15.4 em:

Moore, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

O tecido ósseo é formado a partir do mesênquima que deriva da mesoderme e da crista neural. Assim, o mesênquima vai se condensando e forma os moldes de cartilagem que serão ossificados na formação dos ossos longos, através de ossificação endocondral. Já os ossos planos, como os do crânio por exemplo, formam-se por ossificação membranosa.

O sistema esquelético dos mamíferos, de forma geral, é dividido em:

- Esqueleto axial: constituído do crânio, da coluna vertebral e da caixa torácica.
- Esqueleto apendicular: formado pela cintura escapular, cintura pélvica e membros.

Dessa forma, os ossos da coluna vertebral e costelas derivam dos esclerótomos dos somitos, enquanto o crânio se desenvolve a partir do mesênquima ao redor do encéfalo em formação.

No que diz respeito ao esqueleto apendicular, seu desenvolvimento se dá a partir da ossificação do molde ósseo em cartilagens que se formam a partir do mesênquima.

Desenvolvimento do sistema urogenital

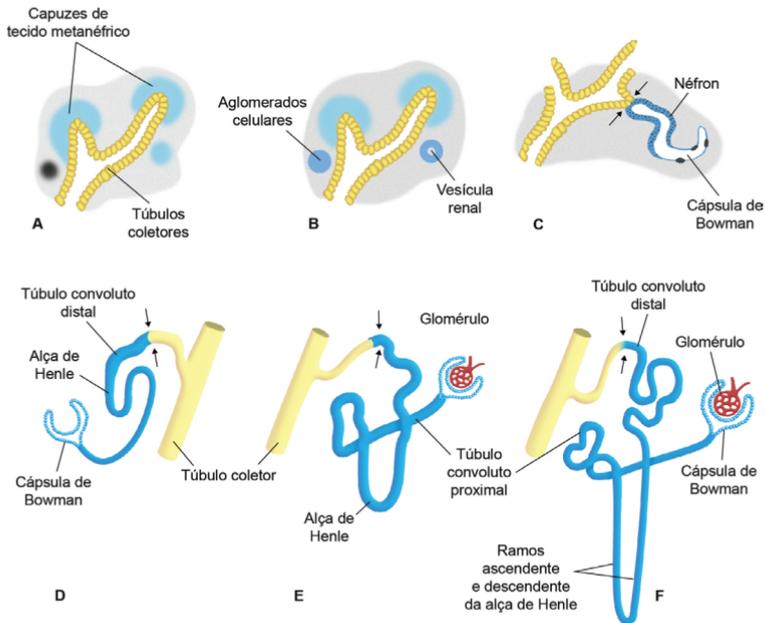
Ainda que os sistemas urinários e genitais tenham constituintes e funções diferentes, o desenvolvimento de ambos está intimamente relacionado e, por essa razão, são abordados juntos na embriologia. Ambos se desenvolvem a partir do folheto mesodérmico, sendo que o sistema urinário se desenvolve antes que o sistema genital.

Em sequência cronológica, formam-se três sistemas urinários no sentido crânio-caudal:

- **Pronefro:** desenvolve-se na região cervical e não tem função, ou seja, é vestigial.
- **Mesonefro:** formam-se nas regiões torácica e lombar e representa um órgão excretor temporário. É formado por unidades excretórias (néfrons), túbulos e ductos coletores (ductos mesonéfricos). Esses túbulos e ductos formarão os ductos pelos quais os espermatozoides passarão dos testículos para a uretra e o epidídimo.
- **Metanefro:** é o rim permanente que se desenvolve a partir do broto uretérico e do blastema nefrogênico. O broto uretérico é uma evaginação do ducto mesonéfrico e representa um primórdio dos ureteres, pelvis renais, cálices e sistema coletor. O blastema nefrogênico ou massa metanéfrica de mesoderma intermediário é derivado da porção caudal do cordão nefrogênico. Esse tecido originará os glomerulos, a cápsula de Bowman, o túbulo contorcido distal e proximal e alça de Henle.



Figura 4.8 | Desenvolvimento de unidade excretória metanéfrica



Fonte: adaptada de Sadler (2016, p. 207).

No início do desenvolvimento embrionário humano e da maioria dos mamíferos, há um repositório comum para rins primitivos e intestinos, a cloaca. Assim, a bexiga é formada a partir do mesênquima esplâncnico circundante, sendo a cloaca subdividida em seio urogenital, cuja porção anterior diferencia-se na bexiga e no canal anal. A porção posterior do seio urogenital forma as porções prostáticas e membranosas da uretra.

Com relação ao sistema genital, há uma fase do desenvolvimento embrionário que os seus componentes estão indiferenciados, sendo constituídos por gônadas, ductos genitais e genitália externa. O que determinará o sexo gonadal é o fator determinante do testículo localizado no cromossomo Y. No entanto, em humanos, é a partir da sétima semana que as gônadas começam a ter as características sexuais determinadas.



Exemplificando

Veja a figura 12-37 que contém um esquema que exemplifica a formação da genitália externa, na página 274, da obra:

MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

Assim, na presença do cromossomo Y, as células intersticiais produzem testosterona que leva à diferenciação dos ductos mesonéfricos em ductos genitais masculinos, além de estimular a transformação da genitália externa em pênis e escroto. De forma oposta, a ausência do cromossomo Y e a presença de dois cromossomos X, os ovários se desenvolvem e os ductos mesonéfricos regridem. Por sua vez, os ductos paramesonéfricos formam o útero e a tuba uterina, enquanto a vagina se desenvolve a partir do seio urogenital.



Refleta

A má formação dos sistemas genitais masculinos e femininos pode gerar bebês com diversas anomalias. Quais tipos de distúrbios do desenvolvimento sexual você já ouviu falar?

Estude mais esse assunto nos quadros de correlações clínicas das páginas 219, 221, 222 e 223 em:

SADLER, T. W. **Langman embriologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Desenvolvimento do sistema digestório

Uma das características do início do desenvolvimento embrionário é o encurvamento do disco embrionário, sendo que, ao final da quarta semana, temos um embrião com estrutura tubular. E então, durante a formação das pregas cefálica, caudal e laterais, o embrião incorpora a porção dorsal do saco vitelínico, que dará origem ao **intestino primitivo**. Assim, o endoderma forma o revestimento epitelial do trato digestivo e o parênquima de seus derivados. Aqui, há uma exceção para as porções cranial e caudal do tubo, revestidas por tecidos

derivados do ectoderma e da membrana cloacal, respectivamente. Já os tecidos musculares, conjuntivos e componentes peritoniais do trato digestório são derivados do mesênquima esplâncnico do mesoderma.

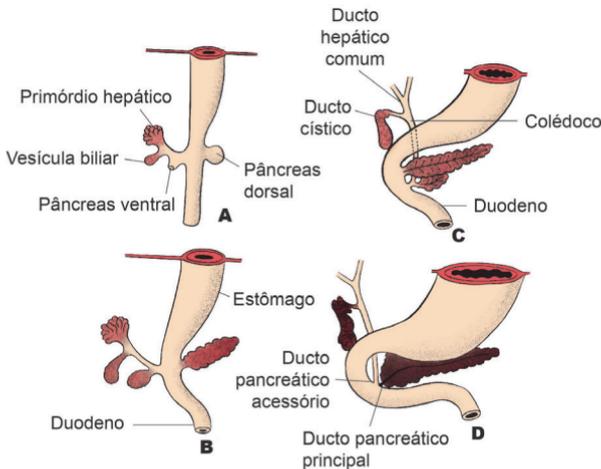
O **intestino anterior** originará esôfago, traqueia, sistema respiratório inferior, estômago, duodeno proximal, fígado, pâncreas e aparelho biliar. Para separar o esôfago e a traqueia, há o septo traqueoesofágico, separando essas duas estruturas de origem comum.

O desenvolvimento do revestimento epitelial endodérmico do intestino anterior formará os cordões hepáticos epiteliais, que originarão o fígado e o sistema de ductos biliares. No entanto, as células hematopoiéticas e células de Kupffer presentes no fígado têm origem mesodérmica.

Já o pâncreas é formado a partir de dois brotos pancreáticos, ventral e dorsal, advindos do revestimento endodérmico do intestino anterior.

Figura 4.9 | Esquema ilustrando a formação do fígado, vesícula biliar e pâncreas

Em B, observe a rotação do estômago em torno de seu eixo maior no sentido horário. É esse movimento que determina o deslocamento do pâncreas ventral para a posição dorsal, levando à sua fusão com o pâncreas dorsal.



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 305).

O **intestino médio** origina o duodeno, jejuno, íleo, ceco, apêndice, colo ascendente e metade direita do colo transverso. Já o intestino posterior forma a metade esquerda do colo transverso, o colo descendente e sigmoide, o reto e a porção superior do canal anal, sendo a porção inferior do canal anal originada do ectoderma.



Pesquise mais

Estude detalhadamente o desenvolvimento do sistema muscular no capítulo 15 da obra:

MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

Veja mais sobre o desenvolvimento do sistema esquelético no capítulo 10 da obra:

SADLER, T. W. **Langman embriologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Aprenda mais sobre a formação do sistema urogenital no capítulo 12 de:

MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

Desenvolvimento do sistema respiratório

A partir de uma protuberância na parede ventral do intestino anterior surge o divertículo respiratório, também chamado de broto pulmonar. Dessa forma, tanto o epitélio de revestimento interno da laringe, da traqueia e dos brônquios, quanto dos pulmões são de origem endodérmica. Já as porções cartilaginosas, musculares e conjuntivas do sistema respiratório são derivadas do mesoderma esplâncnico que envolve o intestino anterior.

No início, o divertículo respiratório está ligado ao intestino anterior. Contudo, à medida que o broto pulmonar cresce, as pregas traqueoesofágicas o separam do intestino. Assim, conforme já citado anteriormente, o septo traqueoesofágico é formado pela fusão das pregas de mesmo nome. Esse septo dividirá o intestino anterior em uma porção anterior, o esôfago, e em uma porção ventral, a traqueia e os brotos pulmonares. No entanto, esôfago e traqueia encontram-se na laringe, formada por tecido do sexto arco faríngeo.

O mesênquima dos arcos faríngeos auxilia na formação da epiglote e do tecido conjuntivo da laringe, sendo os músculos da laringe derivados do mesênquima dos arcos faríngeos caudais.

O broto pulmonar se divide em dois brotos brônquicos. A partir do brônquio direito, formam-se três brônquios secundários e três lobos, assim como a partir do brônquio esquerdo originam-se dois brônquios secundários e dois lobos. Os brônquios vão se ramificando cada vez mais e formam o segmento broncopulmonar.

Assim, o desenvolvimento pulmonar é dividido em quatro estágios:

- Pseudoglandular: pulmões ainda muito primitivos, assemelham-se a glândulas exócrinas nesse estágio. Os elementos principais já estão formados, exceto os envolvidos nas trocas gasosas.
- Canalicular: quando a luz dos brônquios e dos bronquíolos terminais se torna maior e a vascularização pulmonar aumenta. Formam-se os bronquíolos respiratórios e os ductos alveolares primitivos.
- Saco terminal: é estabelecida a barreira hematoaérea e as trocas gasosas já são possíveis. Já estão presentes os pneumócitos do tipo I e II e há substância surfactante nas paredes internas dos sacos alveolares.
- Alveolar: neste estágio, o alvéolo já está bem formado e definido e ocorre a maturação pulmonar.

Mesmo depois do nascimento, ocorre o aumento alveolar em número nos primeiros 10 anos de vida.



Pesquise mais

Aprenda mais sobre o sistema digestório no capítulo 15 de:

SADLER, T. W. **Langman embriologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Aprofunde seus conhecimentos sobre o desenvolvimento do sistema respiratório no capítulo 10 de:

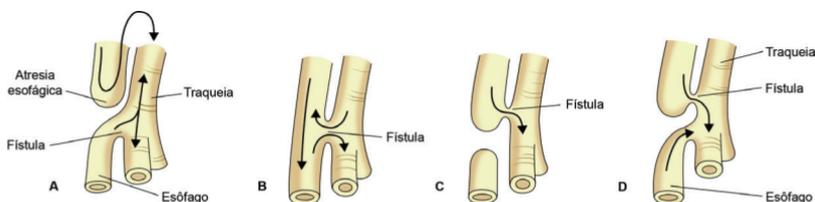
MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

E no capítulo 24 em:

Sem medo de errar

Na formação do sistema respiratório, o broto pulmonar nasce a partir da evaginação do sulco laringotraqueal, localizado na região ventral à porção caudal do intestino anterior. Até uma certa etapa do desenvolvimento inicial do broto pulmonar, este fica em contato aberto com o intestino primitivo anterior. Com o crescimento desse broto, as pregas traqueoesofágicas se fundem formando o septo traqueoesofágico. Dentre outras estruturas, a formação desse septo é primordial para a adequada separação entre traqueia e esôfago. Dessa forma, bebês que nascem com a chamada fístula traqueoesofágica apresentam divisão incompleta da parte cefálica do intestino anterior nas partes respiratória e esofágica. Isso ocorre devido à fusão incompleta das pregas traqueoesofágicas, resultando em um septo traqueoesofágico defeituoso e em uma fístula entre traqueia e o esôfago como ilustrado pela figura a seguir.

Figura 4.10 | Quatro tipos principais de fístula traqueoesofágica



Fonte: adaptada Moore (2012, p. 203).

Avançando na prática

Sim, nós já tivemos cloaca em algum momento!

Descrição da situação-problema

Assim como outros grupos de vertebrados, como aves e répteis,

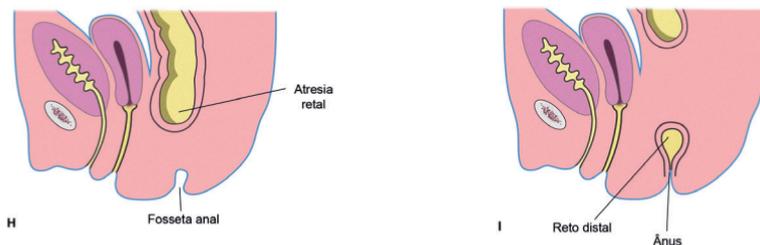
a maioria dos mamíferos também apresenta cloaca. No entanto, a presença dessa estrutura restringe-se ao início do desenvolvimento embrionário, não estando presente ao nascer. Quais são os eventos que levam à perda dessa estrutura? Que tipo de anomalia poderia ocasionar defeitos embrionários na região cloacal?

Resolução da situação-problema

A cloaca corresponde à porção final do intestino posterior e está presente nas fases iniciais do desenvolvimento embrionário. Com a formação do sistema digestório, a cloaca é dividida em porções dorsal e ventral por um tecido mesenquimal, denominado septo uroretal. Assim, o septo divide a área cloacal em reto e seio urogenital que dará origem à bexiga urinária e à uretra.

Quando ocorre uma anomalia anorretal, pode haver uma septação anormal da cloaca no reto, do canal anal, da bexiga urinária e da uretra. São exemplos de malformações por falha de septação cloacal a atresia retal (canal retal e reto estão presentes, mas são separados), fistulas entre o reto e a uretra, bexiga urinária ou vagina.

Figura 4.11 | Tipo de atresia retal



Fonte: adaptada de Moore (2012, p. 242).

Faça valer a pena

1. A partir do folheto esplâncnico, formam-se dois tubos endocárdicos que, futuramente, se fundem para formar tubo endocárdico único. Nesse tubo, algumas células se diferenciarão em estruturas com capacidade de contração, característica do músculo cardíaco primitivo. No tubo endocárdico já único, surgem dilatações. O que essas dilatações formarão?

- a) Cavidades cardíacas primitivas.
- b) Aorta e veias coronárias.
- c) Fibras de purkinje.
- d) Cavidades pulmonares primitivas.
- e) Partes do coração já completamente formadas.

2. No início de sua formação, o _____ apresenta-se _____, possuindo uma parte _____ mesenquimatosa, o _____, e uma parte epitelial _____, o _____, que formará o _____, a partir do qual origina-se a _____.

Selecione a alternativa que contém as palavras que completam corretamente as lacunas do texto-base:

- a) Somito; esférico; ventral; esclerótomo; dorsal; dermomiótomo; miótomo; musculatura estriada esquelética.
- b) Somito; esférico; dorsal; esclerótomo; ventral; dermomiótomo; miótomo; musculatura estriada esquelética.
- c) Miótomo; esférico; ventral; dermomiótomo; dorsal; esclerótomo; somito; musculatura estriada cardíaca.
- d) Miótomo; esférico; ventral; esclerótomo; dorsal; dermomiótomo; somito; musculatura estriada esquelética.
- e) Somito; esférico; ventral; esclerótomo; dorsal; dermomiótomo; miótomo; musculatura estriada lisa.

3. O mesênquima derivado da mesoderme e da crista neural formará o tecido ósseo. Para tal, o mesênquima se condensa e forma moldes de cartilagem que serão ossificadas na formação dos ossos longos, por ossificação endocondral, enquanto os ossos planos formam-se por ossificação membranosa.

Quais são os componentes do chamado esqueleto apendicular?

- a) Cintura escapular, cintura pélvica e membros.
- b) Cintura escapular e cintura pélvica.
- c) Crânio, coluna vertebral e caixa torácica.
- d) Braços e pernas.
- e) Crânio, coluna vertebral e membros.

Seção 4.3

Teratologia e esquematização de cortes histológicos de embriões

Diálogo aberto

Os amigos de Adam estão muito admirados em ver a paixão do amigo por uma área tão complexa e que exige tanta dedicação. Sabendo da competência do amigo, Luísa telefona para Adam, pois está muitíssimo preocupada. Luísa acaba de descobrir que está grávida e fazendo as contas, lembrou-se de que na primeira semana de gravidez foi a uma festa da faculdade e tomou bons drinks. A jovem está preocupada que o álcool possa ter atuado como um fator teratogênico e prejudicado o seu bebê de alguma maneira. Embriologicamente, a preocupação de Luísa é coerente com as etapas do desenvolvimento fetal?

Sem medo de errar

Finalmente chegou o momento de concluirmos a base para o conhecimento da embriologia. Após conhecermos todas as etapas da formação de um novo ser, desde a formação de seus gametas até os estágios finais da formação dos sistemas orgânicos, chegou a hora de conhecermos algumas alterações que podem acometer o embrião e prejudicar o seu desenvolvimento.

Teratologia

A teratologia é o estudo do desenvolvimento anormal, ou seja, defeitos, **malformações** ou anomalias congênitas. Esses defeitos congênitos levam a distúrbios estruturais, comportamentais, funcionais e metabólicos. Podem ser neutras, causar algum dano leve, grave ou mesmo fatal. Esses defeitos podem ser causados por fatores ambientais, genéticos e a combinação dos dois fatores.

No caso das malformações, um problema ocorrido durante a formação de uma estrutura faz com que um órgão não se forme

ou seja formado parcialmente. Geralmente sua origem está entre a terceira e oitava semana de gestação. Já as **rupturas** ocorrem devido à alteração morfológica de estruturas já formadas. As **deformações** são o resultado de forças mecânicas que moldarão o feto de forma inadequada, como os pés tortos, por exemplo. Já as **síndromes** são anomalias que possuem uma causa em comum específica e já possuem um diagnóstico por serem recorrentes.



Pesquise mais

Para saber mais sobre as anomalias congênitas e conhecer as diversas alterações e doenças relacionadas, estude os seguintes materiais:

- Capítulo 9: SADLER, T. W. **Langman embriologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- Capítulo 20: MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- Capítulo 22: GARCIA, S. M. L.; FERNANDEZ, C. G. **Embriologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed. 2001.
- Capítulo 15: EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas: bases celulares e moleculares**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

Embrião de galinha como modelo para visualização de montagem total e de cortes histológicos em diferentes tempos pós incubação

Da mesma maneira que na histologia, o estudo de lâminas com material biológico específico é extremamente útil para podermos relacionar os assuntos abordados em esquemas e desenhos. É a forma de nos colocar mais próximos da realidade do desenvolvimento embrionário e analisar os aspectos de algumas etapas embriológicas.

Para estudarmos esses pontos, utilizaremos como exemplo o embrião de galinha que por seu rápido desenvolvimento e fácil obtenção torna-se uma importante ferramenta no estudo do desenvolvimento embrionário. Além disso, as semelhanças existentes entre aves e mamíferos nesses estágios de desenvolvimento inicial

podem contribuir para a contribuição da embriogênese desses animais. Portanto, analisaremos tanto lâminas com montagem total, ou seja, contendo o embrião inteiro, quanto cortes transversais e sagitais.

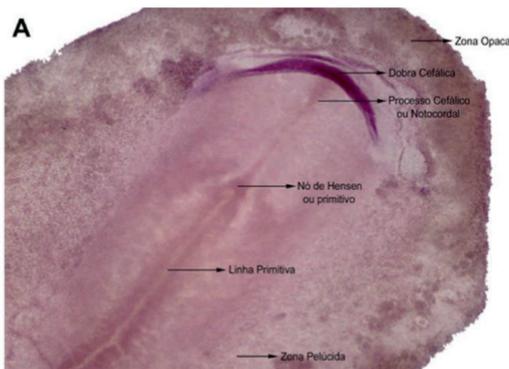
Conforme estudamos anteriormente, após a fecundação, o óvulo passa por uma série de etapas de divisões celulares seguindo para a fase de blástula e, na sequência, de gástrula. É nessa etapa que iniciaremos nosso estudo, pois as etapas anteriores ocorrem no oviduto da fêmea.

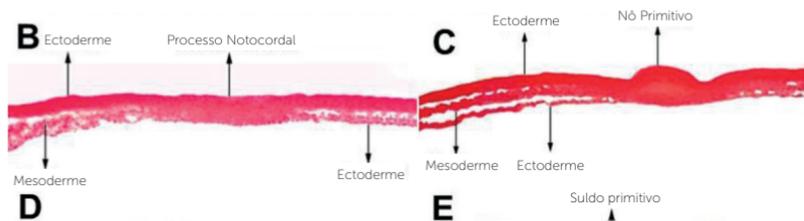
A primeira imagem que analisaremos é a do embrião de galinha com 18 horas do início de seu desenvolvimento. Assim, após a postura dos ovos, esses têm o seu desenvolvimento pausado e apenas prosseguirá quando mantido em uma temperatura entre 37 e 38 °C.

Dessa forma, de cinco a seis horas pós-incubação na temperatura adequada, inicia-se a gastrulação que se completa por volta de 18 horas.

Figura 4.12 | Embrião de galinha com 18 horas de incubação corado com hematoxilina

- Montagem total mostrando as diferentes regiões já definidas do embrião.
- Corte transversal mostrando o processo notocordal e os três folhetos embrionários.
- Corte transversal evidenciando o nó primitivo.
- Corte transversal de uma outra região embrionária apresentando o sulco primitivo.
- Corte transversal com o detalhe do sulco primitivo.





Fonte: adaptada de <<http://www.famema.br/ensino/embriologia/gastrulacaoroiteiro.php>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

Ao analisarmos o material com 18 horas de incubação, na Figura 4.12 (A), é possível observar o formato inicial de pera, bem como a região relativamente translúcida que representa a zona pelúcida. Na região central, observamos a linha primitiva através da qual as células da superfície embrionária vão sendo internalizadas com a formação do sulco primitivo. Conforme estudamos anteriormente, essas células migratórias formarão a endoderme e, posteriormente, uma região intermediária.

É possível observar também o nó primitivo, onde ficará a região cefálica, o processo notocordal, que inicia a formação da notocorda, e as ilhotas sanguíneas, pontos mais corados na zona opaca.

Na Figura 4.12 (B, C, D e E), é possível observar cortes transversais do embrião de galinha no mesmo estágio de desenvolvimento feitos no sentido céfalo-caudal. Assim, no primeiro corte da região cefálica, nota-se o início do aparecimento da notocorda e os três folhetos embrionários. No corte seguinte, C, vê-se um aglomerado de células correspondentes ao nó primitivo. No corte D, podemos observar uma depressão central, o sulco primitivo da linha primitiva detalhado na imagem E e suas bordas correspondentes.

A seguir, são apresentadas imagens do embrião de galinha já com 24 horas de incubação.

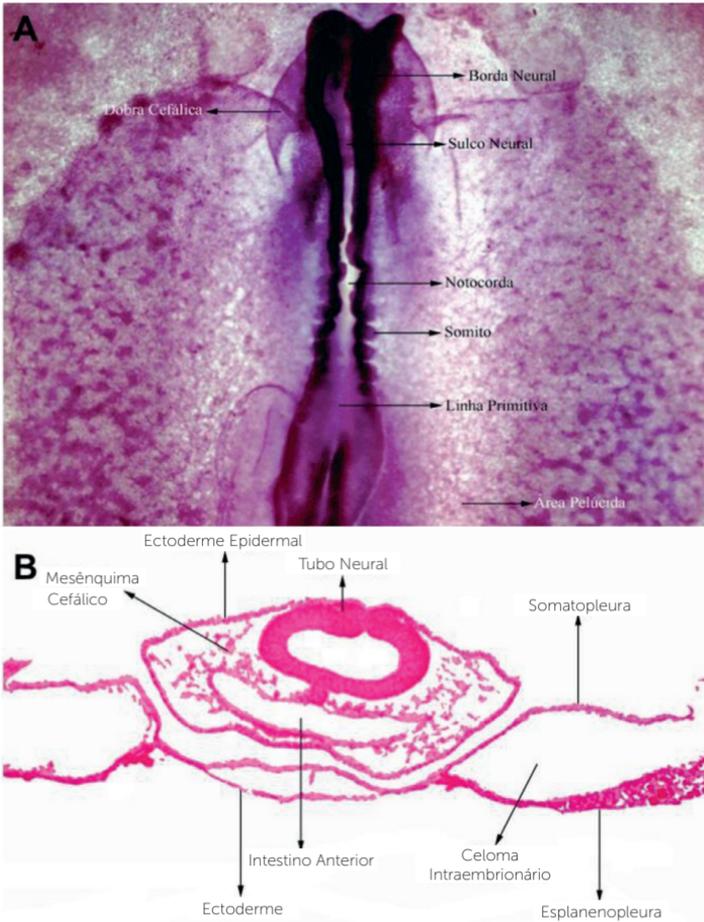


Exemplificando

Consulte outros cortes transversais do embrião de galinha com 18, 24, 48, 72 horas no atlas abaixo:

FAMEMA. **Atlas embriologia**. Disponível em: <<http://www.famema.br/ensino/embriologia/>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

Figura 4.13 | Embrião de galinha com 24 horas de incubação corado com hematoxilina



Fonte: adaptada de: <<http://www.famema.br/ensino/embrilogia/sistemaneurolologicolaminas.php>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

Assim como no embrião de 18 horas, no embrião com 24 horas de incubação, a linha primitiva em sua maior parte já deu lugar ao sulco neural e à notocorda, como é possível observar na montagem total. Também é possível ver os somitos e a dobra cefálica bem definidos, assim como o processo de neurulação, evidenciado pela diferenciação da ectoderme.

Ainda observando a Figura 4.13 (A), note duas linhas paralelas mais escuras que ainda não estavam presentes no estágio anterior. Elas

representam as bordas neurais que se aproximam em direção ao seu eixo longitudinal, estabelecendo o tubo neural que, futuramente, originará o eixo nervoso com cérebro e medula espinhal. Com a formação da notocorda, há a regressão da linha primitiva.

No corte transversal feito na altura do intestino anterior, pode-se observar essa estrutura localizada ventralmente, derivada da endoderme. Observe a esplancnopleura da porção lateral mais espessa. Isso nos dá uma indicação do início da diferenciação da mesoderme esplâncnica em células endoteliais, as quais terão importante papel na angiogênese. Nesse corte, feito na região média do embrião, podemos observar o tubo neural já fechado, porém, se observarmos cortes transversais da região mais anterior ou mais posterior, poderemos ver que essa estrutura ainda não se fechou completamente. Como já estudado anteriormente, o fechamento da placa neural em tubo inicia-se na região medial e segue para as duas extremidades, cefálica e caudal.



Refleta

Baseado na teratologia, quais podem ser os defeitos congênitos decorrentes do mau fechamento da placa neural?

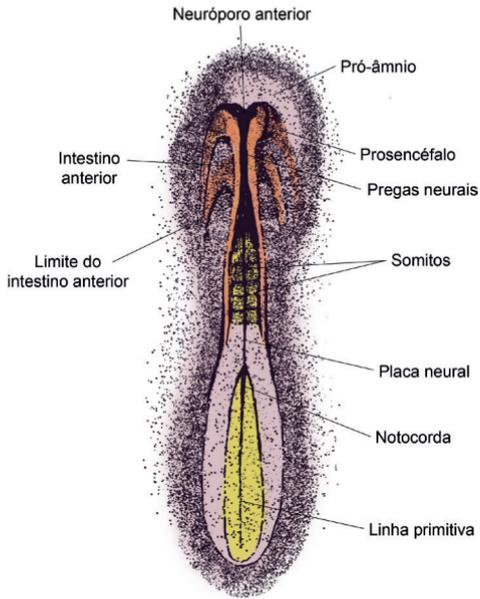


Assimile

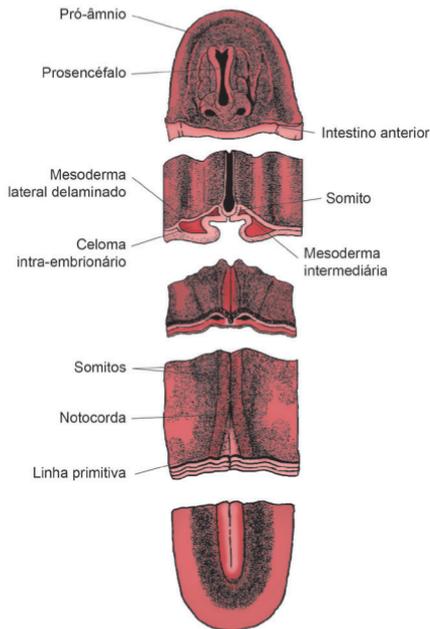
Figura 4.14 | Ilustração de um embrião 24 horas após a fecundação

- Montagem total esquemática de embrião de galinha com 24 horas, evidenciando as principais estruturas embrionárias.
- Diferentes regiões seccionadas, apresentando os diferentes folhetos e início da formação dos órgãos rudimentares.

A



B



Fonte: adaptada de Garcia e Fernandez (2001, p. 240 e 241).

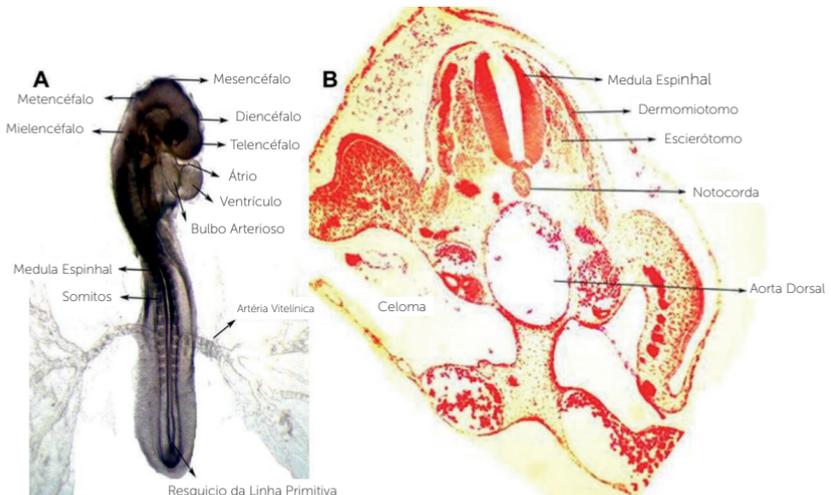
No embrião com 48 horas de incubação, já podemos observar o coração primitivo dividido em átrio, ventrículo e bulbo arterioso. Essa formação ocorre pelo crescimento da cavidade pericárdica, o desaparecimento do mesocárdio ventral e dobramentos e rotações da extremidade cefálica. Essas modificações ocorrem devido ao aumento do volume da região anterior cefálica. Assim, nessa região, mais especificamente na região do mesencéfalo, a projeção do prosencéfalo na direção caudal dará origem aos arcos branquiais. Já na parte cervical, a região final do rombocéfalo aprofundará e aumentará a curvatura do encéfalo.

Com relação ao sistema nervoso central, é nesse momento que sua complexidade aumenta. Assim, o telencéfalo formará o córtex cerebral, o diencefalo originará tálamo, hipotálamo, epitálamo e pálido. O mesencéfalo formará os pedúnculos cerebrais, o metencéfalo dará origem ao cerebelo e a ponte e o miencéfalo originarão o bulbo.

Figura 4.15 | Embrião de galinha com 48 horas de incubação corado com hematoxilina

a) Montagem total mostrando as estruturas dessa etapa de desenvolvimento com destaque para o coração rudimentar, as vesículas encefálicas, a medula espinhal e os somitos.

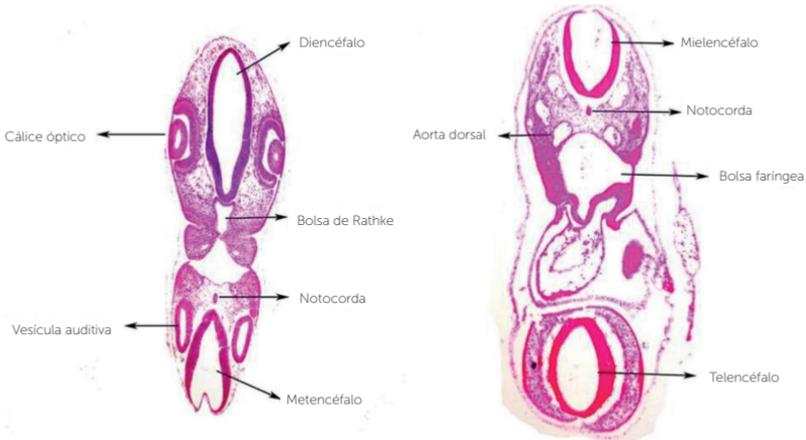
b) Corte transversal apresentando a medula espinhal, a notocorda já formada e a aorta dorsal, pela primeira vez.



Fonte: adaptada de <<http://www.famema.br/ensino/embriologia/sistemaneurologicolaminas.php>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

Uma das principais características do embrião com essa idade é o aumento na complexidade cefálica. Assim, nos cortes transversais, é possível ver diferentes cavidades como o diencéfalo, mielencéfalo, telencéfalo e o metencéfalo. Também podemos observar o cálice óptico e a vesícula auditiva que dão origem aos olhos e aos ouvidos, respectivamente.

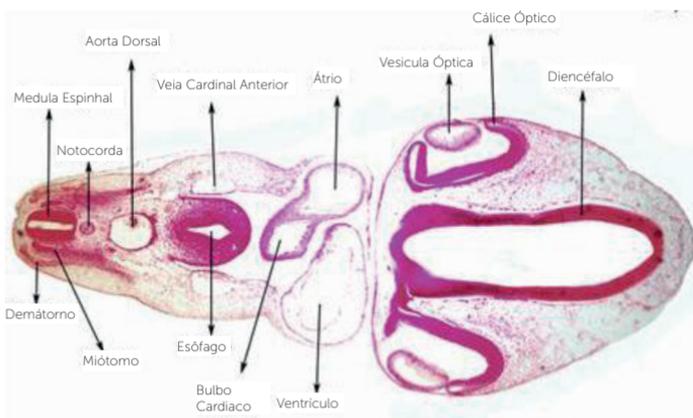
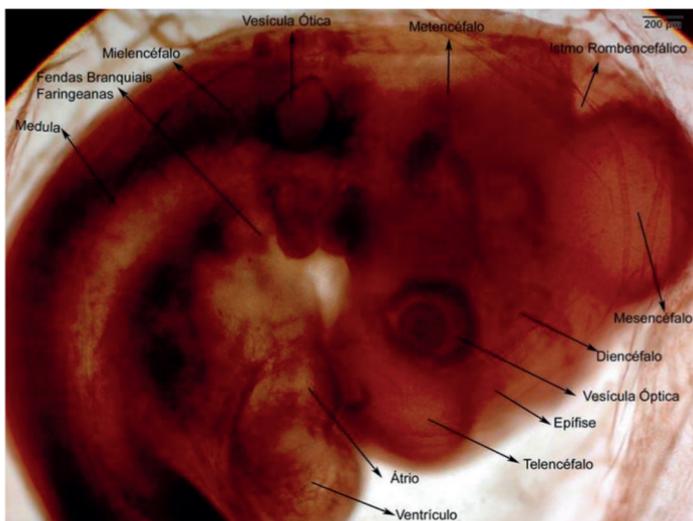
Figura 4.16 | Cortes transversais de embrião de galinha corado com hematoxilina, as principais modificações cefálicas



Fonte: adaptada de <<http://www.famema.br/ensino/embriologia/sistemaneurologicolaminas.php>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

Com 72 horas, a morfologia dos somitos já foi muito modificada de forma que essas estruturas se apresentam alongadas, a fim de que haja o fechamento do corpo embrionário. Também com o contínuo crescimento cefálico e torção do tubo cardíaco, a posição fetal se acentua com a aproximação das duas extremidades. O embrião começa a ter o amadurecimento das estruturas iniciais e os órgãos vão tomando sua forma funcional aos poucos.

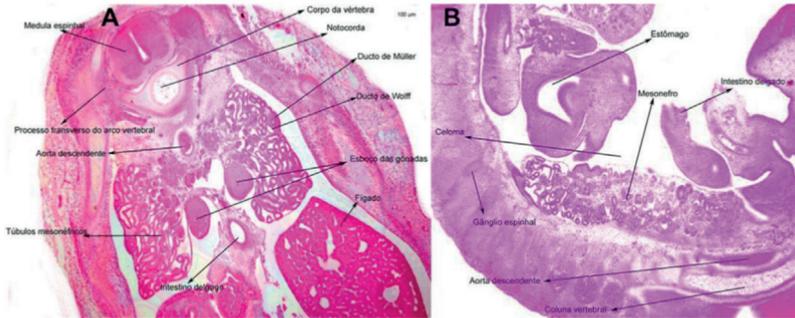
Figura 4.17 | Montagem total de embrião de galinha com 72 horas de incubação e corte transversal corado com hematoxilina, as principais estruturas características



Fonte: adaptada de: <<http://www.famema.br/ensino/embriologia/sistemaneurologicolaminas.php>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

O corte do embrião de galinha com seis dias de incubação ao nível da medula espinhal já nos permite observar as estruturas orgânicas como os mesonefros que, inicialmente formados por enovelados tubulares, originará o sistema excretor. Na mesma região, podemos observar as gônadas indiferenciadas. Também é possível ver estruturas já bem definidas, como o estômago, o fígado e o intestino delgado.

Figura 4.18 | Corte transversal (A) e sagital (B) de embrião de galinha corado com hematoxilina, as principais estruturas características



Fonte: adaptada de <<http://www.famema.br/ensino/embriologia/roteiourogenital4.php>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

Adam já é um expert em embriologia e pôde tranquilizar sua amiga Luísa explicando que tanto na primeira, quanto na segunda semana de gestação, o zigoto – pois ainda não é denominado embrião ou feto – não é suscetível à teratogênese. Por isso, Luísa não precisa se preocupar com o fato de ter ingerido álcool quando não sabia que estava grávida. No entanto, se Luísa continuasse consumindo álcool, poderia haver o desenvolvimento da síndrome alcoólica fetal que leva ao retardo do crescimento uterino, deficiência mental, microcefalia, anomalias oculares, anomalias das articulações, entre outras. Obviamente, Luísa já está tomando todas as precauções e adotando hábitos saudáveis para que seu bebê se desenvolva da melhor maneira possível.

Utilizando o esquema abaixo, Adam aproveitou para explicar à futura mamãe quais são os períodos mais susceptíveis aos problemas congênitos.

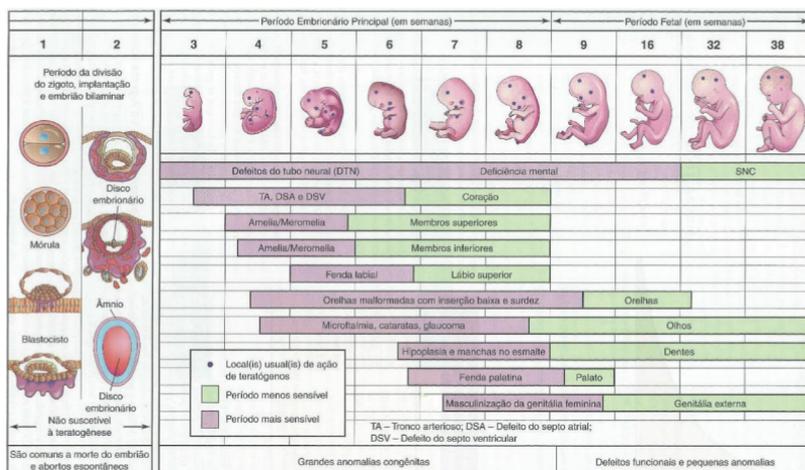
Sem medo de errar

Adam já é um expert em Embriologia e pôde tranquilizar sua amiga Luísa explicando que tanto na primeira, quanto na segunda semana de gestação, o zigoto – pois ainda não é denominado embrião ou feto – não é suscetível à teratogênese. Por isso, Luísa não precisa se preocupar com o fato de ter ingerido álcool quando não sabia que estava grávida. No entanto, se Luísa continuasse consumindo álcool, poderia haver o desenvolvimento da síndrome alcoólica

fetal que leva ao retardo do crescimento uterino, deficiência mental, microcefalia, anomalias oculares, anomalias das articulações entre outras. Obviamente, Luísa já está tomando todas as precauções e adotando hábitos saudáveis para que seu bebê se desenvolva da melhor maneira possível.

Utilizando o esquema abaixo, Adam aproveitou para explicar à futura mamãe quais são os períodos mais susceptíveis aos problemas congênicos.

Figura 4.19 | Ilustração dos períodos críticos do desenvolvimento pré-natal humano



Fonte: Moore (2012, p. 489).

Avançando na prática

Parecido com a vó

Descrição da situação-problema

Uma amiga de Luísa, a jovem grávida colega de Adam, tem um bebê de duas semanas. Assim que soube que estava grávida, Luísa logo apressou-se em conhecer o bebê de sua amiga Manu e aproveitou para tirar algumas dúvidas de mãe de primeira viagem. Ao conhecer o bebê, Luísa meio sem jeito, notou que os pés do bebê eram um pouco tortos. Ao perceber que Luísa havia reparado no defeito, Manu

comentou que a bebê herdou o problema da avó paterna que também nascera assim. Embasado em seus conhecimentos de embriologia e teratologia, esse tipo de problema teria, necessariamente, uma relação com a herança genética? Quais são os fatores que levam à ocorrência de alterações congênitas?

Resolução da situação-problema

Sabe-se que os defeitos congênitos geram problemas estruturais, comportamentais, funcionais e/ou metabólicos. São desencadeados tanto por fatores ambientais, quanto genéticos ou ainda a combinação dos dois fatores. Podem ser malformações, rupturas, deformações ou síndromes. No caso específico do bebê da amiga de Luísa, o problema observado é caracterizado como pé torto congênito. Apesar desse tipo de condição poder ser causada por alguma alteração genética, na maioria das vezes trata-se de uma deformação que resulta de forças mecânicas que foram exercidas durante a formação desses membros. Assim, o pé cresce e é moldado de forma inadequada e o bebê nasce com os pés tortos. Apesar de ser um caso que exige tratamento dedicado, geralmente a intervenção cirúrgica, exercícios específicos e fisioterapia levam ao reestabelecimento da posição normal dos pés.

Faça valer a pena

1. Os defeitos, as malformações ou anomalias congênitas são objetos de estudo da teratologia. Essas alterações podem ser decorrentes de fatores específicos.

Selecione a alternativa que melhor descreve esses fatores:

- a) Fatores genéticos, fatores ambientais e/ou combinação de ambos.
- b) Convivência com crianças que apresentam esses problemas.
- c) Ingestão de bebida alcoólica durante a ovulação.
- d) Ingestão de bebida alcoólica durante a fecundação.
- e) Falta de acompanhamento pré-natal.

2. No embrião com ___ horas de incubação, a _____ em sua maior parte já deu lugar ao _____. É possível observar também os _____ e a _____ bem definidos. Por isso, o processo de _____ é característico dessa fase embrionária.

Selecione a alternativa que contém os termos que completam

corretamente as lacunas do enunciado acima:

- a) 24; linha primitiva; sulco neural; somitos; dobra cefálica; neurulação.
- b) 18; notocorda; sulco neural; somitos; dobra cefálica; neurulação.
- c) 18; notocorda; sulco neural; somitos; linha primitiva; gastrulação.
- d) 48; linha primitiva; notocorda; túbulos mesonéfricos; dobra cefálica; neurulação.
- e) 24; linha primitiva; sulco neural; túbulos mesonéfricos; gônada primitiva; neurulação.

3. O coração primitivo é inicialmente formado por átrio, ventrículo e bulbo arterioso. Sabendo disso, após quanto tempo de incubação é possível observar o coração primitivo no embrião de galinha?

Selecione a alternativa correta:

- a) 48 horas.
- b) 18 horas.
- c) 24 horas.
- d) 72 horas.
- e) 6 dias.

Referências

EYNARD, A. R.; VALENTICH, M. A.; ROVASIO, R. A. **Histologia e embriologia humanas: bases celulares e moleculares**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

FAMEMA. **Atlas embriologia**. Disponível em: <<http://www.famema.br/ensino/embriologia/>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

GARCIA, S. M. L.; FERNANDEZ, C. G. **Embriologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

SADLER, T. W. **Langman embriologia médica**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

ISBN 978-85-522-0024-6



9 788552 200246 >