



KLS

Morfofisiologia Animal Comparativa I

Morfofisiologia Animal Comparativa I

Márcia Miyuki Hoshina

© 2019 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

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

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Rafael Bento da Silva Soares

Editorial

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Hoshina, Márcia Miyuki

H825m Morfofisiologia animal comparativa I / Márcia Miyuki
Hoshina. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional
S.A., 2019.
152 p.

ISBN 978-85-522-1421-2

1. Tecido. 2. Tegumento. 3. Embrionário. 4. Reprodutor.
I. Hoshina, Márcia Miyuki. II. Título.

CDD 590

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019

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	
Embriologia comparada	7
Seção 1.1	
Introdução à embriogênese	9
Seção 1.2	
Fases da embriogênese.....	19
Seção 1.3	
Embriologia comparada	30
Unidade 2	
Introdução à Histologia: tecido epitelial e conjuntivo.....	43
Seção 2.1	
Métodos histológicos e tecido epitelial.....	45
Seção 2.2	
Tecido conjuntivo	56
Seção 2.3	
Tecido conjuntivo especializado e de suporte.....	65
Unidade 3	
Tecidos muscular, nervoso e sistema circulatório.....	77
Seção 3.1	
Tecido muscular.....	78
Seção 3.2	
Tecido nervoso.....	88
Seção 3.3	
Sistema circulatório.....	98
Unidade 4	
Morfofisiologia do sistema reprodutor.....	109
Seção 4.1	
Sistema reprodutor feminino.....	111
Seção 4.2	
Sistema reprodutor masculino.....	122
Seção 4.3	
Estratégias sexuais	134

Palavras do autor

Caro aluno, nesta disciplina iremos abordar os principais tópicos da embriologia e, com isso, entender a sua importância no desenvolvimento de diversos grupos de animais. Também estudaremos a histologia para que possamos entender a diferença dos tipos de tecido e a sua importância no funcionamento dos organismos. Além disso, iremos aprender as diferentes estruturas que compõem o sistema reprodutor e sua importância para o processo reprodutivo.

Iniciaremos os nossos estudos com os conceitos iniciais de embriologia, as fases da embriogênese e embriologia comparada de diversos grupos animais. Em um segundo momento abordaremos o estudo dos tecidos – a histologia –, no qual serão abordadas as técnicas e métodos de estudo dessa área. Posteriormente iremos conhecer os diferentes tecidos que compõem os organismos e finalmente conheceremos a morfofisiologia do sistema reprodutor masculino e feminino.

Para que esta disciplina seja aproveitada em sua plenitude é necessário que você se empenhe nas atividades de autoestudo e utilize a sua curiosidade sobre os temas para auxiliar no aprofundamento dos assuntos. Dessa forma, ao final da disciplina você deverá conhecer as diferenças no desenvolvimento embrionário nos grupos animais, conhecer os tecidos e as principais técnicas utilizadas na histologia e saber as diferenças dos sistemas reprodutivos e quais as principais estratégias sexuais utilizadas no processo reprodutivo.

O aprimoramento do aprendizado ocorre com disciplina e busca constante do saber, e a curiosidade e o autoestudo impulsionam o conhecimento.

Bons estudos!

Unidade 1

Embriologia comparada

Convite ao estudo

Estudaremos nesta unidade os principais conceitos da embriologia, o seu objeto de estudo e as principais fases da embriogênese. Além disso, serão estudados de forma comparativa o desenvolvimento embrionário de alguns grupos de animais e algumas anomalias e malformações derivadas de problemas durante o desenvolvimento embrionário.

A competência desta unidade é conhecer as principais diferenças entre o desenvolvimento embrionário nos grupos de animais por meio do estudo das fases do desenvolvimento, dos mecanismos envolvidos no desenvolvimento embrionário, das fases da embriogênese e do estudo comparativo do desenvolvimento embrionário de alguns grupos animais.

Dentro da embriologia, uma das técnicas mais utilizadas é a de fertilização *in vitro*, que é muito utilizada atualmente principalmente na reprodução humana. Nos dias de hoje no Brasil há um crescente aumento do número de fertilizações *in vitro* em humanos. Inúmeras são as causas e razões que levam um casal a decidir adotar esse tipo de fertilização. Segundo o Conselho Federal de Biologia (CFBio), o biólogo pode atuar no campo da reprodução humana assistida.

Imagine que você trabalha em uma clínica de reprodução humana assistida e que é o responsável pelo treinamento de novos estagiários. Diante desse cenário, quais sinais característicos podem ser utilizados para definir se houve fecundação? Como você explicaria para o estagiário?

Ainda no treinamento do estagiário, como você explicaria as transformações que ocorrem no óvulo fecundado até o período de transferência do embrião para o corpo da mãe?

Durante o desenvolvimento do embrião, algumas malformações e anomalias podem ocorrer. Como você explicaria a ocorrência dessas anomalias?

Introdução à embriogênese

Diálogo aberto

Olá, caro aluno. Você já imaginou como é possível a formação de um organismo inteiro com diferentes células, tecidos, órgãos e sistemas a partir de duas células (um óvulo e um espermatozoide)? Nesta seção iremos aprender os eventos iniciais da formação do embrião e os mecanismos envolvidos nesses eventos.

Você se lembra de que uma das áreas de atuação do biólogo é em clínicas de reprodução assistida? Pois então, imagine que você está trabalhando em uma dessas clínicas, em um dia normal de seu trabalho, e um casal foi encaminhado para conversar a respeito do processo de fertilização in vitro (FIV), pois está com dificuldades para engravidar. Em situações como essa é normal o casal estar repleto de ansiedade, receios e dúvidas. Além disso, como é uma técnica que ainda tem um custo relativamente alto é necessário esclarecer ao casal todo o procedimento e tentar sanar todas as dúvidas para que ele ocorra da maneira mais tranquila possível. O casal chegou à clínica com muitas dúvidas e sabia muito pouco a respeito do processo de FIV. Você, como um ótimo conhecedor da embriologia, dispôs-se a esclarecer como ocorre o procedimento, além de responder os questionamentos do casal. Inicialmente ele gostaria de saber quais seriam as possíveis causas da dificuldade em engravidar, se a infertilidade poderia ocorrer só no homem ou se ela poderia ocorrer na mulher também. Gostariam de saber também quais as etapas que ocorreriam após a obtenção do espermatozoide e do óvulo, ou seja, como a fertilização ocorreria fora do corpo da mãe. Além disso, o casal gostaria de saber se haveria algum sinal que indicasse que houve sucesso no processo FIV e que realmente houve fecundação. Diante do cenário exposto, diga como você procederia no esclarecimento das dúvidas desse caso hipotético.

Para podermos responder esses e outros questionamentos, devemos estudar e entender os processos de formação dos gametas, tanto masculino e feminino, como ocorrem o processo de fecundação e o início do desenvolvimento embrionário e quais os mecanismos envolvidos nesse processo.

Vamos começar?

Não pode faltar

Antes de tudo precisamos entender o que é a embriologia. A embriologia nada mais é do que o estudo do desenvolvimento embrionário dos diversos seres vivos e não envolve apenas o período embrionário, mas trata também

das etapas que precedem a formação do embrião, ou seja, também aborda a formação dos gametas sexuais e a fecundação. O estudo da embriologia é extremamente importante para podermos entender a origem dos diversos tecidos, órgãos e sistemas que compõem os organismos vivos, além de ser fundamental para entender processos evolutivos e a filogenia.

Agora que já sabemos a definição de embriologia, vamos dar continuidade abordando a gametogênese.

Gametogênese

O processo de formação de gametas é chamado de gametogênese, sendo a espermatogênese a formação dos gametas masculinos (espermatozoides) e ovogênese ou ovulogênese a formação do gameta feminino (o óvulo). Durante a gametogênese ocorrem a mitose e a meiose. A mitose garante o aumento do número de células-mães com a mesma quantidade de material genético (células diploides, $2n$) e a meiose faz com que haja redução do material genético (as células se tornam haploides, n) e o número diploide da espécie é restabelecido após a fusão dos gametas masculino e feminino ao formar o zigoto.

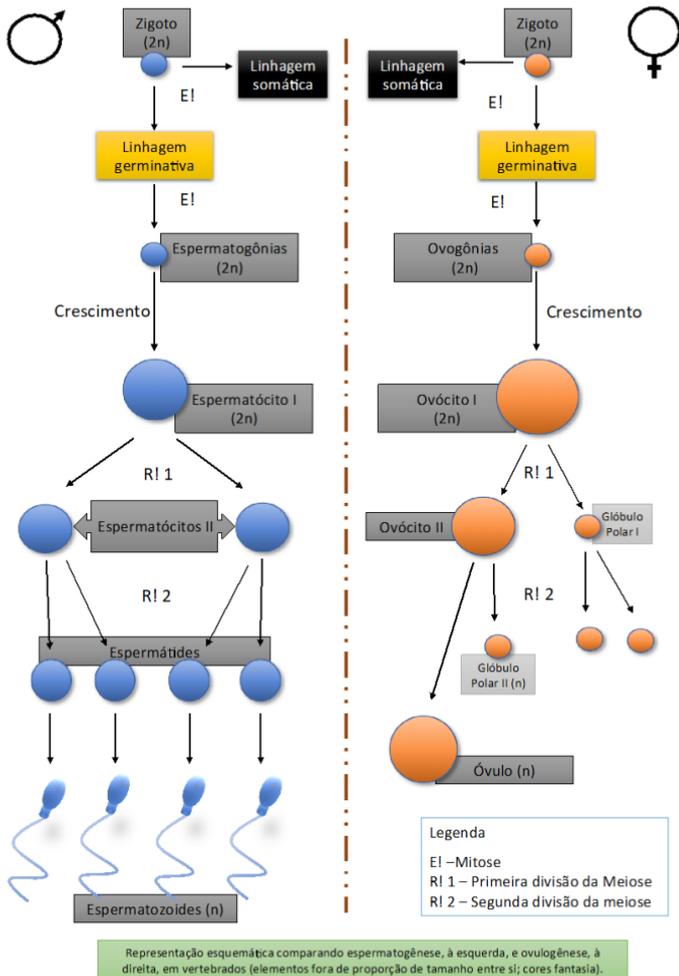
De maneira geral, podemos dividir o processo de espermatogênese em quatro estágios: germinativo, crescimento, maturação e espermiogênese. Durante o período germinativo, as células germinativas masculinas (espermatogônias) se dividem por mitose, gerando diversas células-filhas. Nesse período as células são diploides. No período de crescimento, as espermatogônias param de se dividir e passam a crescer. Esse estágio ocorre antes da meiose; as células ainda são diploides e passam a ser denominadas de espermatócitos I. No período subsequente – o de maturação –, o espermatócito I passa por meiose. Durante a primeira divisão da meiose, um espermatócito I dá origem a dois espermatócitos II e, na segunda divisão da meiose, há a formação de quatro células denominadas espermátides, que são haploides. O período final da espermatogênese é o período da espermiogênese, no qual as espermátides passam por processo de diferenciação e se transformam nos espermatozoides.

A ovogênese ou ovulogênese é dividida em três estágios: período germinativo, período de crescimento e período de maturação. No período germinativo, as células germinativas femininas (ovogônias) passam por sucessivas mitoses para se multiplicar, essas células são diploides. No período de crescimento as mitoses já não ocorrem mais, as ovogônias passam por um período de crescimento (há aumento da quantidade de citoplasma no interior da célula) e passam a ser chamadas de ovócitos I ou ovócitos primários, sendo

elas ainda diploides. No período de maturação ocorre a divisão meiótica, gerando o ovócito II, que são células haploides. Em mamíferos, a meiose leva à formação de células com tamanhos desiguais, o ovócito II, que recebe a maior parte do citoplasma, e os glóbulos polares, que recebem muito pouco citoplasma. O ovócito II inicia a segunda divisão da meiose, mas para na metáfase II. Outros grupos animais apresentam óvulos em diferentes estágios de maturação no momento da entrada dos gametas masculinos.

A Figura 1.1 representa esquematicamente como ocorre a gametogênese masculina e feminina na espécie humana.

Figura 1.1 | Esquema do processo de gametogênese de mamíferos



Fonte: elaborada pela autora.



Assimile

Os óvulos podem ser classificados em diferentes tipos de acordo com a quantidade de vitelo (reserva de nutrientes para o desenvolvimento do embrião) existente em seu interior. Desse modo, eles podem ser:

- Óvulo oligolécito, isolécito ou homolécito: há pouca quantidade de vitelo e a sua distribuição é homogênea ou quase homogênea, ocorrendo em equinodermes e cordados inferiores. Óvulos de mamíferos placentários também são considerados oligolécitos, mas alguns autores preferem classificá-los como alécitos (pouquíssimo vitelo, quase inexistente).
- Óvulo heterolécito: apresenta quantidade moderada de vitelo e pode se diferenciar o polo animal (o polo que contém o núcleo) e vegetal (o polo que possui o vitelo). Ocorre em anfíbios e em alguns grupos de peixes.
- Óvulo telolécito: grande quantidade de vitelo no polo vegetativo. Isso faz com que se observe uma separação entre o citoplasma e o vitelo, que aparece como uma massa no interior do óvulo. Ocorre em peixes ósseos, répteis, aves, alguns moluscos, ornitorrinco e a equidna.
- Óvulo centrolécito: o vitelo está no interior do óvulo, ocupando-o quase que inteiramente. E o citoplasma fica localizado na região periférica da célula. Ocorre em artrópodes, especialmente em insetos.

A quantidade de vitelo é importante porque determinará como a clivagem ocorre.



Saiba mais

Para saber mais sobre como ocorre a gametogênese em diferentes grupos de animais, consulte o capítulo 3, *espermatogênese*, e o capítulo 4, *ovogênese*, do livro:

GARCIA, S. M. L.; GARCÍA FERNÁNDEZ, C. **Embriologia**. 3. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2012.



Refleta

A gametogênese nos mamíferos é altamente influenciada pelo sistema hormonal. Será que em outros grupos animais esse sistema teria influência sobre a gametogênese?

Alguns problemas podem ocorrer durante a gametogênese masculina e feminina, acarretando a produção de gametas defeituosos a humanos, ocasionando na infertilidade. Entre esses problemas podemos citar, no homem, a baixa produção de espermatozoides, problemas na motilidade

do espermatozoide, formação de espermatozoides com forma alterada. Em mulheres, o número de óvulos é finito e a sua qualidade e quantidade começa a decair a partir dos 30 anos (ou até mesmo antes, dependendo da mulher), afetando assim a fertilidade; além disso, pode haver problemas durante a ovulação, fazendo com que nem todo mês ocorra a liberação de um óvulo.

Fecundação

A fecundação ou fertilização é a fusão dos gametas (masculino e feminino), resultando na formação do zigoto. As etapas da fecundação variam de espécie para espécie, mas de um modo geral ela pode ser dividida nas seguintes etapas: contato e reconhecimento dos gametas, regulação da entrada do espermatozoide para dentro do óvulo, fusão do material genético dos gametas e ativação do ovo para iniciar o desenvolvimento.

A fecundação pode ocorrer no ambiente externo (como acontece em ouriços) ou ocorrer no interior do corpo da fêmea.

O processo de fecundação é um fenômeno intraespecífico de um modo geral, já que ocorre entre indivíduos pertencentes à mesma espécie.



Exemplificando

Pode ocorrer fecundação interespecífica entre indivíduos pertencentes a espécies evolutivamente muito próximas. É o que acontece, por exemplo, no cruzamento de cavalos com asnos que gera mulas (fêmeas) e burros (machos). Outro exemplo é o javaporco, cruzamento entre javali e porco.

Os gametas femininos exercem atração química sobre os gametas masculinos que, ao chegarem próximo ao gameta feminino, encaminham-se em sua direção.



Exemplificando

Diversos animais aquáticos possuem fertilização externa e nesse caso o processo de atração, contato e reconhecimento dos gametas é de suma importância para que a fertilização ocorra de maneira eficiente.

Após a atração química, ocorre a fusão dos gametas e logo após esse evento é formada uma membrana de fecundação que impede a entrada de outros espermatozoides (poliespermia). Esse evento acontece para impedir que haja a fusão de mais de um núcleo haploide (n) com o núcleo do óvulo, formando uma célula com ploidia maior que $2n$.



Refleta

A ploidia dos organismos é reestabelecida com a fusão dos gametas masculino e feminino, fazendo com que haja a formação de um indivíduo $2n$. E a prevenção da poliespermia evita que essa ploidia seja alterada. Qual seria a vantagem evolutiva desse processo de poliespermia? Será que poderia haver a fecundação de um óvulo por mais de um espermatozoide? Qual seria o efeito disso no organismo formado e qual seria a sua viabilidade?

Em mamíferos, a entrada do espermatozoide induz o ovócito II a terminar a segunda divisão da meiose, formando o segundo glóbulo polar e o núcleo do ovócito passa a ser denominado pronúcleo feminino. O núcleo do espermatozoide, dentro do ovócito, aumenta de volume e passa a ser chamado de pronúcleo masculino. As membranas nucleares dos pronúcleos (masculino e feminino) se desintegram, liberando o material genético do pai e da mãe no interior do zigoto. O processo de união dos pronúcleos masculino e feminino é chamado de cariogamia ou singamia.

Em humanos, o processo de fertilização pode ocorrer fora do corpo da mãe por meio do processo conhecido como fertilização *in vitro*. Nesse processo, são selecionados por volta de 50 a 100 mil espermatozoides com mobilidade e morfologia adequadas que são posicionados ao redor do óvulo para que ocorra a união dos gametas masculino e feminino. Caso o indivíduo não produza uma quantidade suficiente de espermatozoides, pode-se utilizar a técnica de injeção intracitoplasmática, ou seja, o espermatozoide é inserido mecanicamente dentro do óvulo.

A partir da formação do zigoto inicia-se uma série de divisões celulares que originarão um novo organismo. Dependendo da sua capacidade de formar diferentes tecidos, as células são classificadas em totipotentes, pluripotentes ou multipotentes.



Assimile

Células totipotentes são aquelas que possuem capacidade de se dividir e se diferenciar em todos os tecidos existentes em um organismo, logo possuem a maior capacidade de diferenciação. Exemplo: esporos e zigotos. Células pluripotentes possuem capacidade de se diferenciar em quase todos os tecidos, não conseguem se diferenciar em alguns tecidos embrionários. Exemplo: célula-tronco embrionária.

Células multipotentes são células que possuem uma capacidade limitada de diferenciação celular, só são capazes de formar células do mesmo tecido de sua origem. Exemplo: células-tronco adultas.

Os eventos que ocorrem após a fecundação do óvulo pelo espermatozoide são denominados de embriogênese ou desenvolvimento embrionário. A embriogênese pode ser dividida nas seguintes etapas: clivagem, gastrulação e organogênese. Alguns autores consideram as etapas de gametogênese e fecundação como parte da embriogênese, no entanto, consideraremos somente as etapas de clivagem, gastrulação e organogênese, que serão discutidas na próxima unidade.

Você saberia dizer quais os mecanismos biológicos que estão envolvidos no desenvolvimento embrionário?

Bom, os mecanismos envolvidos são a diferenciação, migração e adesão celular, proliferação e apoptose.

O desenvolvimento dos diferentes tipos de células a partir de uma única célula (o zigoto) ocorre devido ao processo de diferenciação celular, no qual uma série de mudanças (bioquímicas, fisiológicas e morfológicas) fará com que as células embrionárias se transformem de indiferenciadas para diferenciadas e se especializem para desempenhar uma determinada função. Para que ocorra o processo de diferenciação, alguns mecanismos acabam determinando qual será o destino de uma dada célula, e estes mecanismos são geralmente denominados como *determinação*, no entanto este “destino” celular também pode ser chamado de especificação. O destino celular pode ocorrer por três vias: especificação autônoma (a célula adquire especificidade de acordo com o seu componente citoplasmático interno, não há interferência das células vizinhas, ocorre na maioria dos invertebrados), especificação condicional (ocorre indução embrionária, ou seja, a interação de células ou tecidos pode influenciar o desenvolvimento ou diferenciação de outros grupos, ocorre em alguns invertebrados e em todos os vertebrados) e especificação sincicial (o destino das células é definido antes mesmo de as células serem formadas, ocorre em muitas classes de insetos).

O processo de migração celular consiste no deslocamento de células de uma região para outra, geralmente mediado por um sinal químico e, durante esse processo, as células devem reconhecer o seu local de destino e as células com as quais haverá interação, isso por meio dos processos de reconhecimento celular e adesão celular. No processo de reconhecimento celular, as células semelhantes se reconhecem e, por meio da adesão celular, permanecem unidas. A adesão celular acontece graças à ação de moléculas de adesão celular (caderinas, selectinas, superfamília das imunoglobulinas, integrinas) e junções celulares (junções de oclusão, junções de ancoragem, junção comunicante), além de interações celulares.

A proliferação celular consiste no aumento do número de células por meio de diversas divisões celulares, as mitoses. Já a apoptose, que é um tipo de morte celular, ocorre para eliminar os tecidos provisórios que são formados durante a embriogênese.

Você é o responsável pelo acompanhamento de um casal que busca informações a respeito da fertilização in vitro e precisa responder uma série de questionamentos a respeito da gametogênese, infertilidade e processo de fecundação. Para responder essas dúvidas temos que ter em mente os seguintes conteúdos: processo de gametogênese e possíveis problemas que podem causar infertilidade, processo de fertilização e indicativos da ocorrência da fertilização.

Na primeira pergunta é preciso esclarecer que as possíveis causas da infertilidade podem ter diversas origens e são influenciadas por fatores internos (como hormônios, gametogênese e idade dos pais) e externos (meio ambiente). Na gametogênese masculina podemos ter problemas durante a formação dos espermatozoides que podem ser formados em número reduzido, o que diminui as chances de fertilização; podem ocorrer, também, problemas na cauda que dificultam a sua mobilidade e conseqüentemente na chegada ao óvulo; além disso, também podem ser formados espermatozoides com morfologia alterada, o que dificultará a fecundação. Na gametogênese feminina podem ocorrer distúrbios na ovulação fazendo com que a mulher não ovule todo mês, diminuindo as chances de engravidar. Além disso, o número de óvulos, bem como a sua qualidade, vai decaindo com a progressão da idade da mãe, ou seja, quanto mais velha a mulher, menos óvulos serão liberados e a qualidade não será tão boa.

O problema de infertilidade pode acontecer, então, tanto no homem como na mulher, e caso ocorra problemas para o casal engravidar é necessário que se faça uma série de exames tanto no homem como na mulher para identificar o(s) problema(s).

Após identificado o problema e constatado que a melhor alternativa para a gravidez é a fertilização in vitro, os espermatozoides são selecionados em um número suficiente para que se tenha sucesso na fertilização (por volta de 50 a 100 mil) e são colocados próximo ao óvulo (selecionado e retirado da mãe). Caso haja problemas com o número ou a mobilidade dos espermatozoides, pode-se fazer uma injeção intracitoplasmática do espermatozoide dentro do óvulo (o espermatozoide é introduzido mecanicamente dentro do óvulo).

No processo de fecundação ou fertilização, o gameta masculino se une a gameta feminino e no início do processo pode-se observar a presença de dois núcleos dentro do óvulo, demonstrando que houve a penetração do espermatozoide no interior do óvulo. Outro evento importante que ocorre durante a fecundação é a finalização da divisão II da meiose do ovócito II (gameta feminino), fazendo com que ocorra a formação do pronúcleo feminino e

o surgimento do segundo glóbulo polar. Além disso, ocorre a formação do pronúcleo masculino pela descondensação do núcleo do gameta masculino. Finalmente, a membrana nuclear dos pronúcleos se desintegra e o material genético materno e paterno são liberados no interior do zigoto, e não mais se observa dois núcleos. Esse evento restaura o número diploide da espécie e inicia as divisões que ocorrem durante o desenvolvimento embrionário.

Faça valer a pena

1. A embriologia é definida como a área de estudo que compreende a formação dos seres vivos, sendo que ela não avalia apenas o embrião, mas também as etapas que antecedem a sua formação, englobando então os processos de gametogênese e a fertilização.

As fases que ocorrem após a fecundação são denominadas embriogênese.

Quais as fases da embriogênese?

- a) Clivagem, gástrula e organogênese.
- b) Fecundação e maturação.
- c) Zigoto, ovócito primário e espermatozoide.
- d) Telolécito, telolécito e centrolécito.
- e) Diferenciação e morte celular.

2. O desenvolvimento embrionário a partir de uma única célula, o zigoto, não ocorre ao acaso, ele é controlado por uma série de mecanismos biológicos que ocorrem de maneira ordenada. Cada um desses mecanismos possui um papel importante na formação e desenvolvimento de um novo organismo vivo.

Qual das alternativas abaixo representa um mecanismo de regulação do desenvolvimento embrionário?

- a) Fecundação.
- b) Diferenciação.
- c) Espermatogênese.
- d) Ovogênese.
- e) Gametogênese.

3. A embriologia compreende a formação do embrião e também as etapas que antecedem essa formação, sendo a fecundação uma etapa importantíssima para que ocorra a formação de um novo indivíduo a partir dos gametas sexuais (masculino e feminino).

Qual alternativa apresenta a informação correta com relação ao processo de fecundação?

- a) A fecundação ocorre ao acaso.
- b) Ocorre fusão dos pronúcleos assim que o gameta masculino entra em contato com o gameta feminino.
- c) O gameta masculino é atraído pelo gameta feminino por sinais químicos.
- d) Após a fecundação o zigoto é haploide.
- e) A fecundação é um exemplo de reprodução assexuada.

Fases da embriogênese

Diálogo aberto

Você se lembra da situação-problema apresentada anteriormente? Vamos relebrá-la? Imagine que você trabalhe em uma clínica de reprodução humana e ficou responsável pela explicação, orientação e acompanhamento de um casal que possui problemas de infertilidade e que por isso decidiram realizar o procedimento de reprodução humana assistida. Em uma primeira conversa, você explicou ao casal como alguns problemas na gametogênese poderiam interferir na fertilidade dos indivíduos, como a fertilização *in vitro* é realizada e quais são os indicativos de que ocorreu a fecundação. Após a conversa inicial, o casal optou por realizar a fertilização *in vitro* (FIV). Diversos espermatozoides e óvulos foram coletados e fertilizados; na primeira tentativa os embriões não se desenvolveram e, por isso, não se pôde dar continuidade ao processo, o que deixou o casal frustrado, decepcionado e triste. Em uma segunda tentativa, alguns embriões continuaram seu desenvolvimento e o casal foi avisado do sucesso do desenvolvimento destes embriões. Foi pedido que eles decidissem se a implantação destes embriões deveria ocorrer três ou cinco dias após a fecundação; os pais optaram por fazer a implantação após três dias, mas, infelizmente, os embriões não conseguiram se desenvolver no corpo da mãe, inviabilizando novamente a gravidez. Na terceira tentativa, alguns embriões conseguiram se desenvolver após a fecundação e os pais decidiram fazer a implantação após cinco dias da fecundação. Nessa tentativa o casal obteve sucesso e um dos embriões conseguiu se implantar e continuar seu desenvolvimento.

Baseado nessas informações da situação-problema, você saberia dizer porque a transferência do embrião não ocorre logo após a fecundação e em qual estágio de desenvolvimento os embriões se encontram no terceiro dia e no quinto dia após a fecundação?

Para responder aos questionamentos da situação-problema, você deverá entender quais as fases da embriogênese e os processos que ocorrem em cada fase.

Vamos lá?

Não pode faltar

Na seção anterior discutimos o processo de fecundação, em que há a formação do zigoto. Continuaremos agora nossos estudos com as fases da embriogênese que se iniciam após a fecundação, que são as fases de clivagem,

gastrulação e organogênese. Após vermos as fases da embriogênese, finalizaremos esta seção com os anexos embrionários.

Após o processo de fecundação, ocorre a formação do zigoto, que faz com que a célula formada recupere a sua ploidia ($2n$) e inicie uma série de eventos que permitem a organização de um novo organismo pluricelular. A embriogênese é dividida em três etapas principais: clivagens, gastrulação e organogênese.

Essa série de eventos se inicia com as clivagens, que nada mais são do que divisões mitóticas que geram novas células nucleadas (os blastômeros) a partir da ovo inicial. Estas divisões são, para a maioria dos animais, muito rápidas e geram células cada vez menores; esta rapidez acontece porque durante as clivagens os ciclos celulares são abreviados. Durante este estágio o embrião não muda de tamanho, o que ocorre é uma contínua diminuição do tamanho das novas células formadas.

No início das clivagens as células geradas tendem a permanecer unidas e, conforme as clivagens vão ocorrendo, o número de blastômeros vai aumentando. Em alguns grupos de animais como mamíferos e anfíbios, nas clivagens iniciais, os blastômeros são grandes e em pequeno número e se aderem e formam um maciço de células chamado de mórula. Esta denominação foi dada devido à semelhança do maciço celular com uma amora.

Os tipos de clivagem variam entre os grupos de animais e são influenciados pelo tipo de ovo do grupo animal e da orientação do fuso mitótico.

Os tipos de ovo influenciam o padrão de clivagem, uma vez que a quantidade de vitelo presente no ovo desloca o fuso mitótico (estrutura celular temporária que auxilia na separação dos cromossomos durante a divisão mitótica) e, assim, pode inibir o sulco de clivagem, estreitamento da superfície celular que é realizada por um anel contrátil constituído de filamentos de actina e miosina. O sulco de clivagem vai estrangulando o citoplasma e a divide nas duas células derivadas da divisão.

Em ovos oligolécitos (que ocorrem em mamíferos placentários, anfíxios e equinodermes) o fuso mitótico está localizado no centro, e o sulco de clivagem divide o zigoto em dois blastômeros iguais, sendo esta clivagem chamada de clivagem total ou holoblástica e igual.

Em ovos heterolécitos (anfíbios), o vitelo se localiza no polo vegetal e desloca o fuso mitótico para o polo animal (local onde se localiza o núcleo). O zigoto se divide totalmente, mas as células localizadas no polo animal se dividem mais rápido, têm tamanho menor e em número maior do que as do polo vegetal. A clivagem para este tipo de ovo é total e desigual, conforme a Figura 1.2.

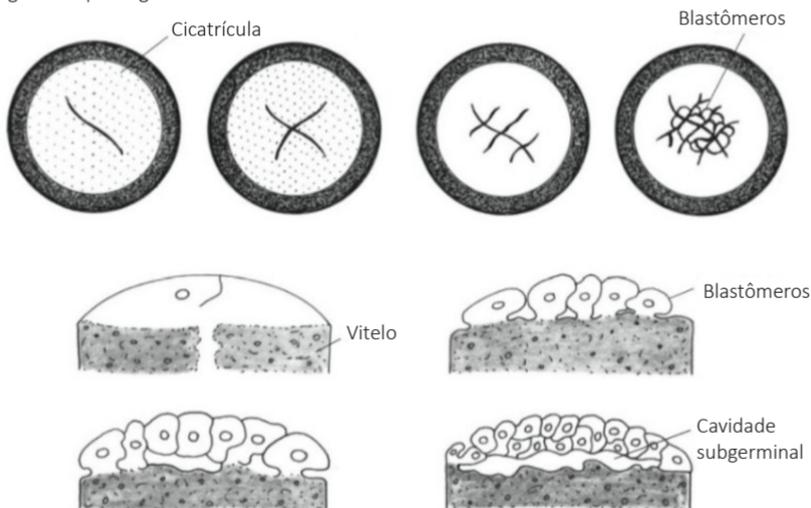
Em ovos telolécitos (que ocorrem em peixes teleósteos, répteis e aves), o fuso mitótico está deslocado para um pequeno disco de citoplasma no polo animal devido à grande quantidade de vitelo existente no ovo. As clivagens então ocorrem somente na região que não possui vitelo. A clivagem é parcial (meroblástica) e discoidal (Figura 1.3).

Figura 1.2 | Clivagem total desigual



Fonte: García e García Fernández, 2012, p. 108.

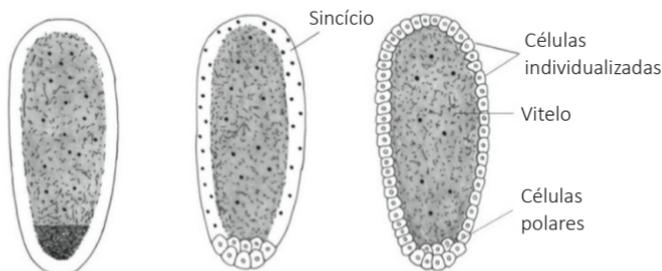
Figura 1.3 | Clivagem meroblástica discoidal



Fonte: García e García Fernández, 2012, p. 114.

Ovos centrolécitos (de insetos, por exemplo) possuem clivagem parcial. O núcleo passa por diversas divisões e a célula se torna multinucleada; posteriormente, os núcleos migram para a periferia da célula e ocorre a citocinese (fase final da divisão celular em que ocorre a divisão do citoplasma). A clivagem é superficial (Figura 1.4).

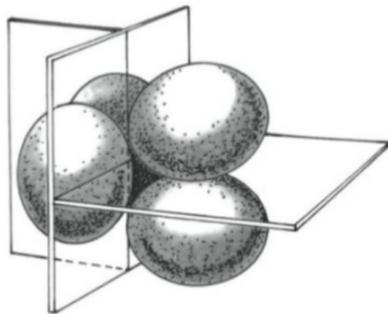
Figura 1.4 | Clivagem meroblástica superficial



Fonte: García e García Fernández (2012, p. 115).

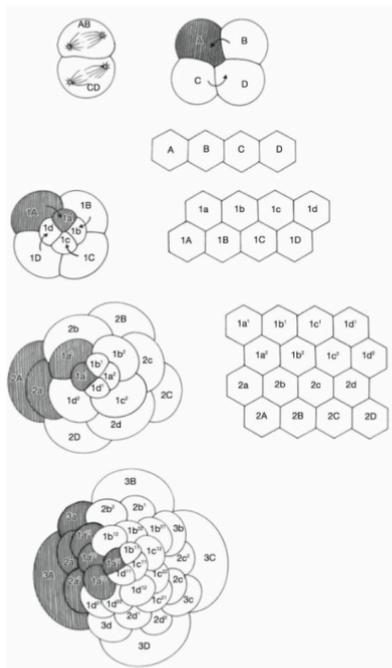
O padrão de clivagem também depende da orientação do fuso mitótico: se o fuso se localiza perpendicularmente ou paralelamente ao eixo polo animal-vegetal, a clivagem é dita regular e pode ser de três tipos: radial (qualquer plano que passe pelo eixo animal-vegetal divide o embrião em partes iguais, ocorre em equinodermes); bilateral (somente um plano divide o embrião em metades simétricas, ocorre na maioria dos animais) e rotacional (a primeira clivagem é meridional normal, ou seja, ao longo do eixo vertical, e durante a segunda clivagem, um dos blastômeros se divide meridionalmente e o outro blastômero equatorialmente, ou seja, no eixo horizontal), como mostra a Figura 1.5. Se o fuso está inclinado com relação ao eixo do polo animal-vegetal, a clivagem é oblíqua ou espiral, sendo que para traçarmos um plano imaginário entre o polo animal e vegetal sem cortar nenhum blastômero é necessário

Figura 1.5 | Clivagem rotacional



Fonte: Garcia e García Fernández (2012, p. 113).

Figura 1.6 | Clivagem espiral



Fonte: Garcia e García Fernández (2012, p. 109).

descrever uma espiral. Ocorre em anelídeos, alguns platelmintos e moluscos não cefalópodes (Figura 1.6).

Vimos que o padrão de clivagem é determinado pelo tipo de ovo que, por sua vez, é classificado com relação à quantidade e localização de vitelo presente em seu interior. Além disso, o padrão de clivagem também é determinado pela localização do fuso mitótico (simetria da clivagem). Desta forma, podemos separar alguns grupos de animais a partir da observação do tipo de ovo e, conseqüentemente, do padrão de clivagem que ocorre no embrião.

Após essas clivagens iniciais, o embrião passa para o estágio de blástula, no qual os blastômeros se localizam ao redor de uma cavidade (a blastocele). Este processo de formação de blástula é chamado de blastulação e

as posições das células são estabelecidas durante as clivagens. Em mamíferos, aproximadamente 30 horas após a fecundação, há a formação do embrião com duas células; no quarto dia as clivagens começam a acelerar e o embrião apresenta aproximadamente 16 células e já está no estágio da mórula, e após cinco dias um embrião está com mais de 100 células (blástula ou blastocisto). Em processos de fertilização in vitro, a transferência do embrião para o corpo da mãe ocorre entre o período da mórula (a partir do 3º dia) e da blástula (5º dia). Diversos estudos têm demonstrado que alguns embriões podem parar seu desenvolvimento e não chegar ao estágio de blastocisto, normalmente são embriões que não conseguiriam se implantar no útero ou que apresentam algum defeito e, por isso, não completam o desenvolvimento. As chances de sucesso de implantação e de gravidez são maiores com embriões no estágio de blastocisto (5º dia). Além disso, em fecundações que ocorrem naturalmente, a implantação do embrião no útero da mãe ocorre no quinto dia após a fecundação e, por isso, uma transferência do embrião cultivado in vitro neste período seria mais favorável por reproduzir o que ocorre naturalmente.



Refleta

Em processos de fertilização in vitro há a possibilidade de se realizar testes no embrião. Para isso, um blastômero é retirado deste embrião durante o estágio de blastocisto e vários exames podem ser realizados, por exemplo: a investigação de alguma doença genética, e até mesmo a verificação do sexo do bebê, permitindo, assim, optar pela continuidade do desenvolvimento embrionário ou descarte do embrião, caso não possua as características desejadas. Qual a sua opinião sobre estes testes? Você acredita que eles valem os possíveis riscos e dilemas éticos?



Refleta

Durante o desenvolvimento embrionário, as células embrionárias são pluripotentes e denominadas, então, de células-tronco embrionárias. Devido ao seu alto potencial para se transformar em diversas células de diferentes tecidos, elas têm sido alvo de debate a respeito do seu uso como terapia para o tratamento de diversas doenças. O que você acha do uso dessas células em pesquisas e para o tratamento de doenças?

Após o estágio de blástula, as células passam pela gastrulação, ou seja, passam de blástula para gástrula. Durante a gastrulação, uma única camada de células (o blastoderme) se divide e originará todos os diferentes órgãos e tecidos do organismo. As células da gástrula são rearranjadas de forma a estabelecer os folhetos embrionários.

Os poríferos não apresentam folhetos embrionários, uma vez que o seu desenvolvimento embrionário só vai até a fase de blástula. Alguns animais, como os cnidários, apresentam dois folhetos embrionários (a ectoderme, que é externa, e a endoderme, que é interna) e são chamados de diblásticos. Outros animais, acelomados, pseudocelomados e celomados, como o grupo dos cordados, apresentam três folhetos embrionários (endoderme, mesoderme e ectoderme) e são chamados de triblásticos.



Exemplificando

Durante a gastrulação, as células que formarão os órgãos internos migram para o interior do embrião, enquanto as células que irão dar origem à pele e ao sistema nervoso migram para a superfície externa do embrião.

O padrão de gastrulação varia de grupo animal para grupo animal, mas de maneira geral envolve alguns movimentos denominados de movimentos morfogénéticos.

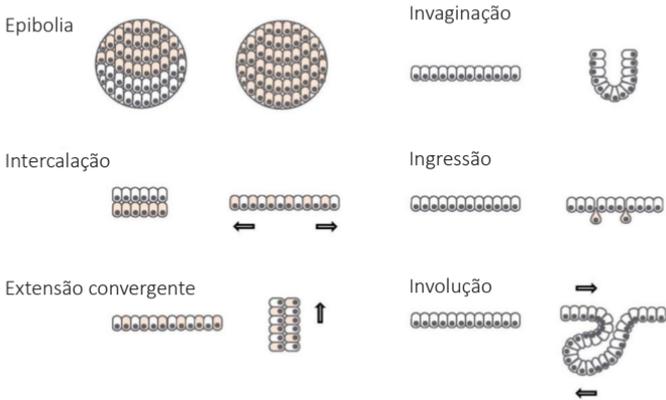


Assimile

Movimentos morfogénéticos:

- **Epibolia:** neste movimento as células proliferam, achatam-se e acabam se expandindo sobre outras camadas celulares, fazendo com que a camada recoberta fique no interior do embrião.
- **Extensão:** uma camada de células se torna mais fina e se estende ao longo de um eixo, as células perdem contato com as novas células, ocorrendo intercalação celular.
- **Intercalação:** no movimento de intercalação ocorre expansão de tecido, no qual a camada celular se expande e pode ocorrer intercalação entre as células ou de camadas formadas por mais de um estrato.
- **Invaginação:** também chamado de embolia, neste movimento uma região da blástula se dobra para o interior do embrião.
- **Ingressão:** nesse movimento as células perdem a sua forma, desprendem-se das células vizinhas e ocorre a migração individual destas células para a região interna do embrião.
- **Involução:** nesse movimento a camada de células proliferativas dobra-se sobre si mesma e forma uma segunda camada que continua o movimento de espalhamento na direção oposta da primeira camada.

Figura 1.7 | Movimentos morfogênicos



Fonte: Montanari (2013, p. 59).

Em diversos grupos de animais, durante a gastrulação há a formação do arquêntero (cavidade interna do embrião) devido ao movimento de invaginação, que pode ser considerado um intestino primitivo. O arquêntero se comunica com o meio externo por meio de um orifício chamado de blastóporo –estrutura que pode dar origem à boca ou ao ânus do animal. Pelos movimentos morfogênicos a gástrula passa a ter dois folhetos embrionários: externamente a ectoderme e, internamente, a endoderme. Em animais triblásticos, o terceiro folheto embrionário, a mesoderme, se originará a partir da endoderme.



Saiba mais

Pesquise sobre animais celomados, acelomados e pseudocelomados e também sobre animais protostômios e deuterostômios. Para isso, consulte o capítulo 6, *Noções Básicas para o Entendimento da Clivagem e da Gastrulação* do livro:

GARCIA, S. M. L.; GARCÍA FERNÁNDEZ, C. **Embriologia**. 3. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2012.



Exemplificando

Para entender a formação do arquêntero, podemos fazer uma analogia com uma bola murcha. A invaginação seria comparada ao movimento de empurrar uma superfície da bola para dentro da outra, formando duas camadas e uma cavidade.

Com o surgimento dos folhetos embrionários temos a ocorrência da organogênese rudimentar, ou seja, os folhetos embrionários começam a se diferenciar e se reorganizar para dar origem aos esboços primários dos diversos órgãos e tecidos do organismo.

Em animais vertebrados, a organogênese se inicia com a formação do tubo neural (a neurulação), que dará origem ao cérebro e coluna vertebral.

O Quadro 1.1 apresenta alguns exemplos do que será originado a partir dos folhetos embrionários em vertebrados.

Quadro 1.1 | Tecidos e órgãos derivados dos folhetos embrionários

Ectoderme	Mesoderme	Endoderme
epiderme e anexos	derme e músculos	fígado e pâncreas
estruturas do sistema nervoso	cartilagem, ossos e outros tecidos cartilagosos	epitélio de revestimento do sistema digestório
epitélio de revestimento das cavidades nasais, bucal e anal	sistema circulatório e reprodutor	sistema respiratório

Fonte: adaptado de Garcia e García Fernández (2012).

Durante o desenvolvimento do embrião dos vertebrados, observamos a existência de algumas estruturas denominadas anexos embrionários. Estes anexos são órgãos ou membranas que surgem a partir dos folhetos embrionários, mas que não fazem parte do embrião. Eles têm como principal função ajudar no desenvolvimento do embrião, fornecendo nutrientes e realizando as trocas gasosas e proteção, e desaparecem durante o desenvolvimento, não estando presentes nos organismos adultos. Existem quatro tipos principais de anexos embrionários: saco vitelínico, âmnio, córion e alantoide. A placenta e cordão umbilical são anexos embrionários exclusivos de mamíferos.



Assimile

Anexos embrionários:

- **Saco vitelínico:** presente em peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos ovíparos. Esta estrutura tem como principal função o armazenamento de substâncias nutritivas para o embrião (o vitelo).
- **Âmnio:** presente em répteis, aves e mamíferos, é uma estrutura membranosa que envolve o embrião e delimita a cavidade amniótica que é preenchida pelo líquido amniótico. Sua principal função é proteger o embrião contra choques mecânicos e contra o ressecamento.
- **Córion:** presente em répteis, aves e mamíferos. Também é uma estrutura membranosa e tem como funções a proteção térmica, além de

auxiliar nas trocas gasosas e proteger o embrião contra patógenos.

- **Alantóide:** presente em répteis, aves e mamíferos. É uma estrutura em forma de saco ou vesícula. Tem como função auxiliar nas trocas gasosas, e em répteis e aves tem como outras funções a de remover e armazenar as excretas produzidas pelo embrião e retirar cálcio da casca do ovo para a formação dos ossos do embrião.
- **Placenta:** é uma estrutura presente somente em mamíferos placentários e é formado pela associação do córion, do alantoide e do endométrio materno. Tem como principais funções a fixação do embrião na parede do útero, trocas gasosas, fornecimento de nutrientes, imunização fetal, proteção contra patógenos e remoção de excretas.
- **Cordão umbilical:** estrutura presente somente em mamíferos placentários. É por esse anexo que ocorre a ligação do feto à placenta e, conseqüentemente, as trocas gasosas e o fornecimento de nutrientes.

Após a organogênese rudimentar, o processo de organogênese continua até a completa formação de todos os órgãos. Juntamente com o processo de organogênese ocorre a histogênese, ou seja, a formação dos tecidos do corpo e, ao final dos dois processos, há a formação de órgãos e tecidos funcionais no organismo.

Sem medo de errar

Você se lembra da situação-problema do início desta seção? Você ficou responsável pelo acompanhamento de um casal que buscou a clínica para realizar o procedimento de fertilização in vitro (FIV). Após muito pensarem, decidiram realizar a FIV. em uma primeira tentativa, os embriões não se desenvolveram após a fecundação. Em uma segunda tentativa, alguns embriões chegaram a se desenvolver e foram implantados após três dias do início da fecundação, mas não conseguiram sobreviver. Em uma terceira tentativa, alguns embriões se desenvolveram e foram transferidos após cinco dias da fecundação e, nesta tentativa, houve sucesso na implantação, o embrião sobreviveu e continuou o seu desenvolvimento.

Baseado nas informações acima, qual o motivo do embrião não ser transferido logo após a fecundação? E em qual estágio de desenvolvimento o embrião se encontra no terceiro dia (caso da primeira tentativa de implantação) e no quinto dia (segunda tentativa de implantação)?

Para responder a essas questões devemos ter em mente que a divisão do zigoto começa, aproximadamente, 30 horas após a fecundação, e por esse motivo não há como realizar a transferência do zigoto para o corpo da mãe pois não há como ter certeza, nesta fase, que o zigoto continuará as clivagens e, conseqüentemente, seu desenvolvimento. A transferência do embrião do meio de cultivo em laboratório para o corpo da mãe pode ocorrer entre o dia 3 (estágio de mórula) e o dia 5 (blastocisto), sendo que a transferência no dia 5 é mais recomendada, já que nesse estágio as chances de o embrião se implantar no útero e continuar o seu desenvolvimento são maiores, pois muitos embriões param seu desenvolvimento no estágio de mórula caso apresentem problemas para se implantarem no útero ou até mesmo caso apresentem alguma anomalia do desenvolvimento ou defeito genético. Estas “paradas” no desenvolvimento, tanto após a fecundação quanto no estágio de mórula, funcionam como uma forma de tentar evitar a formação de organismos com desenvolvimento anormal. Além disso, vale ressaltar que em uma gravidez normal o embrião se implanta no útero após cinco dias e, deste modo, uma implantação do embrião cultivado in vitro neste período simularia o que ocorre naturalmente, aumentando as chances de sucesso.

Faça valer a pena

1. Após a fecundação ocorre a formação do zigoto. Após esta etapa começam a ocorrer as _____, que formam a blástula e, posteriormente, a _____, que irá dar origem aos folhetos embrionários. A partir dos folhetos embrionários há a formação de todos os tecidos do novo organismo.

Qual a alternativa preenche corretamente as lacunas?

- a) clivagens, gástrula.
- b) Blastocèle, mitose.
- c) clivagens, célula-mãe.
- d) mitose, citocinese.
- e) gametogênese, organogênese rudimentar.

2. Os anexos embrionários são estruturas que surgem durante o desenvolvimento embrionário de animais vertebrados e têm como função auxiliar no desenvolvimento do embrião, fornecendo nutrientes, realizando trocas gasosas e oferecendo proteção.

Dentre as alternativas abaixo, qual apresenta anexos embrionários exclusivos de mamíferos?

- a) Saco vitelínico e córion.
- b) Placenta e cordão umbilical.
- c) Placenta e alantoide.

- d) Alantoide e córion.
- e) Âmnio e córion.

3. A embriogênese em organismos pluricelulares é caracterizada como uma série de eventos que levam à formação de um embrião a partir do zigoto, sendo iniciado pelo processo de fecundação. A embriogênese animal é dividida em três etapas principais.

Qual das alternativas abaixo representa a informação correta?

- a) Os órgãos e tecidos de um organismo são derivados do mesmo folheto embrionário.
- b) Animais vertebrados são considerados diblásticos.
- c) A organogênese é determinada em todos os grupos animais pela formação do tubo neural.
- d) A terceira fase da embriogênese é denominada de organogênese.
- e) As clivagens em todos os animais segue o mesmo padrão e origina blastômeros sempre de tamanhos iguais.

Embriologia comparada

Diálogo aberto

Olá, caro aluno!

Vimos até agora o processo de formação de gametas, a fecundação e as fases da embriogênese que resultarão em um novo indivíduo. Nesta seção veremos com mais detalhes o desenvolvimento de animais invertebrados, como o ouriço-do-mar, e vários grupos de vertebrados. Além disso, serão vistos os conteúdos de derivados dos folhetos embrionários e a teratogênese.

Vamos relembrar da situação-problema?

Em seu trabalho na clínica de reprodução assistida, você ficou responsável pelo acompanhamento e esclarecimento de dúvidas de um casal que pretendia realizar o processo de fertilização in vitro (FIV). O casal realizou o procedimento, houve a fertilização e o embrião foi transferido para o corpo da mãe. Após algum tempo de acompanhamento foi constatada a gravidez. Durante uma consulta de pré-natal, o obstetra observou que o feto tinha uma malformação: apresentava microcefalia, condição em que o tamanho da cabeça e, conseqüentemente, do cérebro é menor do que o normal. Sabendo da condição do feto, os pais foram buscar informações a respeito das possíveis causas desta anomalia, e se ela teria sido causada por fatores genéticos ou por outros fatores.

Sabendo desta situação, como você faria para explicar aos pais de que maneira ocorreu esta anomalia? Você sabe dizer se as malformações podem ser causadas apenas por fatores genéticos ou se existem outros fatores capazes de induzir estas alterações? No caso em questão, você seria capaz de determinar em que fase embrionária a malformação teve início?

Mãos à obra!

Não pode faltar

Como vimos anteriormente, o desenvolvimento embrionário é dividido em diversas fases, denominadas de fases da embriogênese. Você se lembra de quais são? As fases da embriogênese são: clivagens, gastrulação e organogênese.

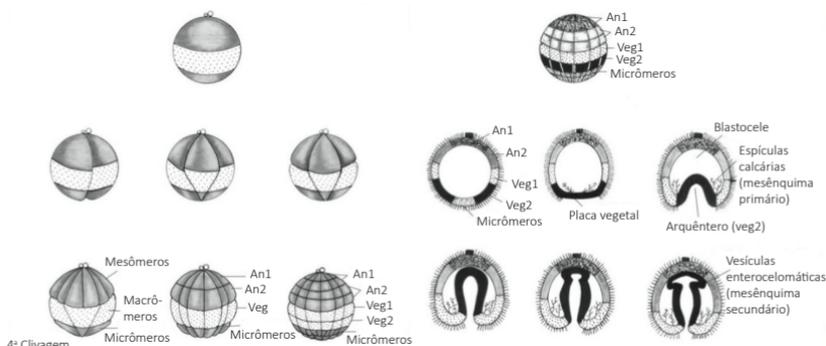
Veremos a seguir o desenvolvimento de alguns grupos de animais, começando pelos ouriços-do-mar.

Desenvolvimento do ouriço-do-mar

Os ouriços fazem parte do grupo de invertebrados denominado de equinodermos e são marinhos. A fertilização ocorre no meio externo, e como os ovos são oligolécitos, a clivagem é total (holoblástica) e radial, sendo que as duas primeiras clivagens são meridionais (paralela ao eixo animal-vegetal) e a terceira é equatorial (transversal), originando um embrião com oito células (blastômeros), quatro derivadas do polo animal e as outro quatro, do polo vegetal. Na quarta clivagem, as células do polo animal originam outras células com tamanhos iguais, e as do polo vegetal sofrem clivagens que originam células de tamanhos diferentes.

A figura a seguir mostra um esquema do desenvolvimento do ouriço-do-mar, apresentando o surgimento de blastômeros de tamanhos diferentes até a formação do arquêntero (intestino primitivo que é a cavidade da gástrula).

Figura 1.8 | Desenvolvimento do ouriço-do-mar



Fonte: Garcia e García Fernández (2012, p. 315 e 316).

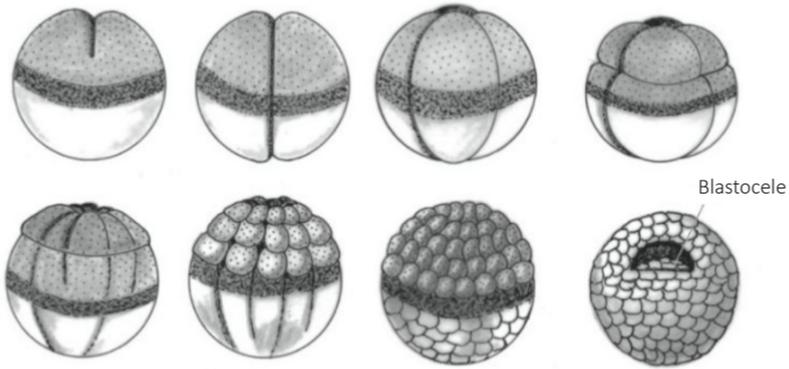
O arquêntero dará origem ao epitélio do tubo digestório (este constituído por faringe, estômago e intestino), o blastóporo dará origem ao ânus, e no local de contato entre o fundo do arquêntero e a parede da gástrula se originará a boca. O desenvolvimento embrionário dos ouriços termina com a formação da larva, denominada de pluteus.

Desenvolvimento de anfíbios

A maioria dos anfíbios possui fertilização externa. Os ovos de anfíbios são do tipo heterolécito (apresenta um polo animal, no qual estão situados o núcleo e o polo vegetal que possui vitelo) e por isso têm clivagem total e desigual.

A Figura 1.9 apresenta um esquema de como ocorrem as clivagens nos anfíbios até a formação da blastocele (cavidade interna da blástula).

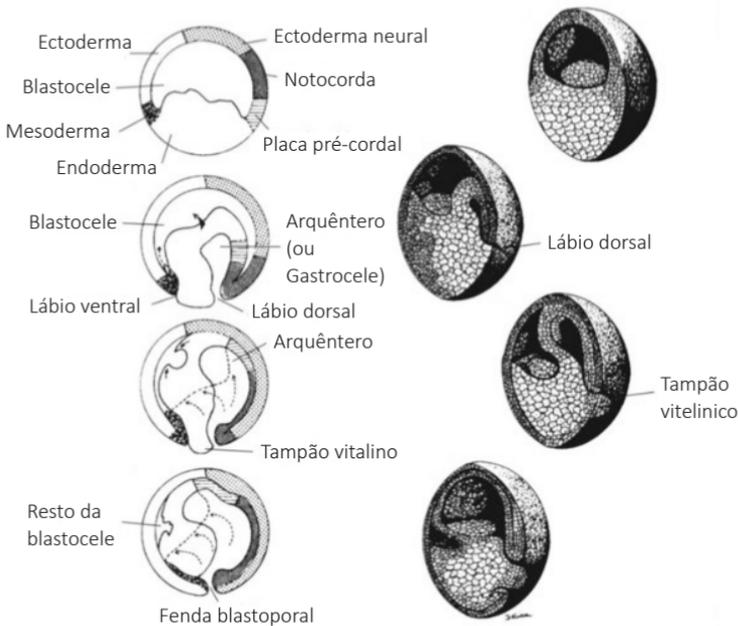
Figura 1.9 | Padrão de clivagem em anfíbios



Fonte: Garcia e García Fernández (2012, p.108).

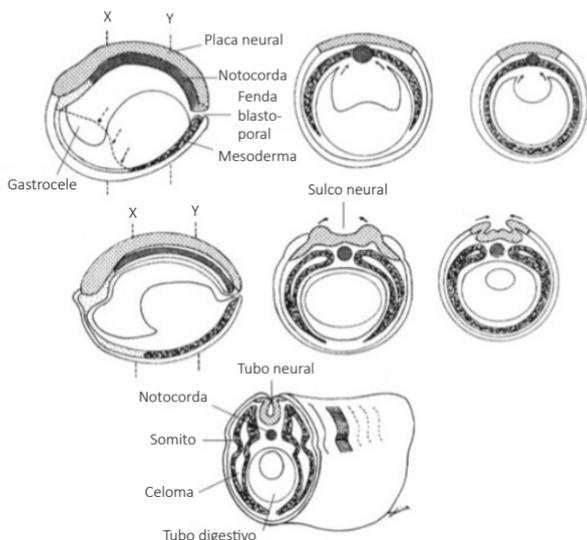
Durante a gastrulação ocorre uma reestruturação do embrião, há a formação do arquêntero e a blastocele vai diminuindo. As Figuras 1.10 e 1.11 mostram como ocorre a gastrulação em anfíbios com a formação da notocorda, sendo que a Figura 1.10 apresenta o final da blástula até o final da gastrulação e a Figura 1.11 apresenta o final da gastrulação até o estágio de formação do tubo neural.

Figura 1.10 | Gastrulação em anfíbios



Fonte: Garcia e García Fernández (2012, p. 372).

Figura 1.11 | Gastrulação do anfíbio na fase final até a fase de neurulação



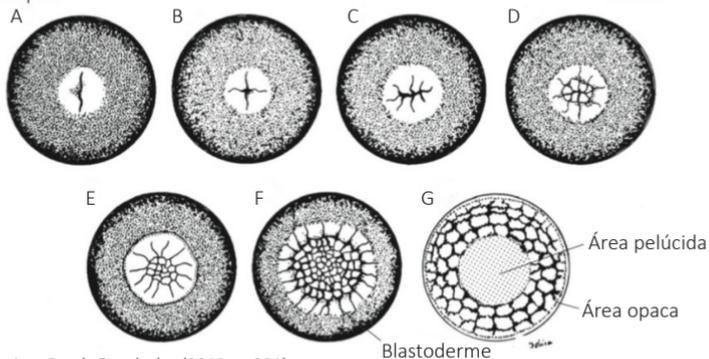
Fonte: Garcia e García Fernández (2012, p. 373).

Desenvolvimento de répteis e aves

Aves e répteis apresentam desenvolvimento embrionário muito semelhantes, e que apresentam fertilização interna e ovos telolécitos, ou seja, têm grande quantidade de vitelo. O embrião se desenvolve fora do corpo da mãe dentro de um ovo envolto por uma casca rígida que o protege de choques mecânicos e de dessecação.

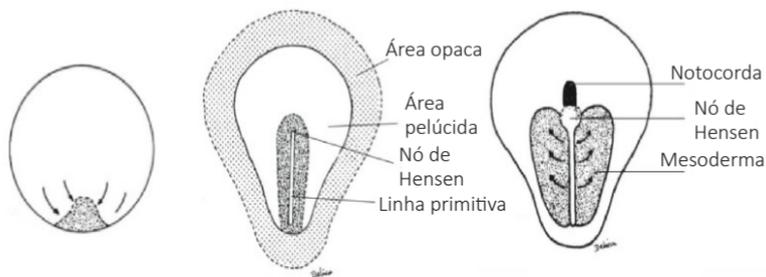
Devido à quantidade de vitelo, a clivagem é meroblástica (ou seja, parcial) e só ocorre na região sem vitelo no polo animal (disco germinativo), por isso é chamada de discoidal. A Figura 1.12 apresenta as clivagens que ocorrem no desenvolvimento do embrião e a Figura 1.13 apresenta o esquema de formação da notocorda.

Figura 1.12 | Embrião com 2 a 32 blastômeros



Fonte: Garcia e García Fernández (2012, p. 381).

Figura 1.13 | Processo de formação da notocorda



Fonte: Garcia e García Fernández (2012, p. 385 e 386).

O nó primitivo, ou nó de Hensen, dará origem à notocorda, que por sua vez induzirá a formação da placa neural, e posteriormente se fechará e formará o tubo neural. Enquanto o embrião se forma também ocorre o surgimento dos anexos embrionários.

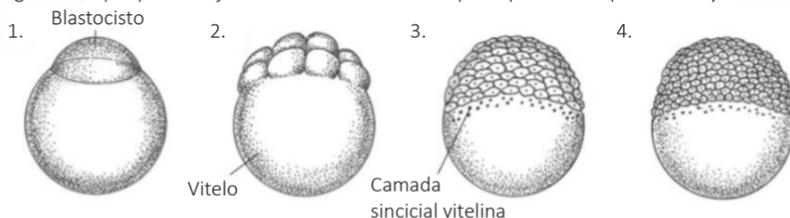
Desenvolvimento de peixes

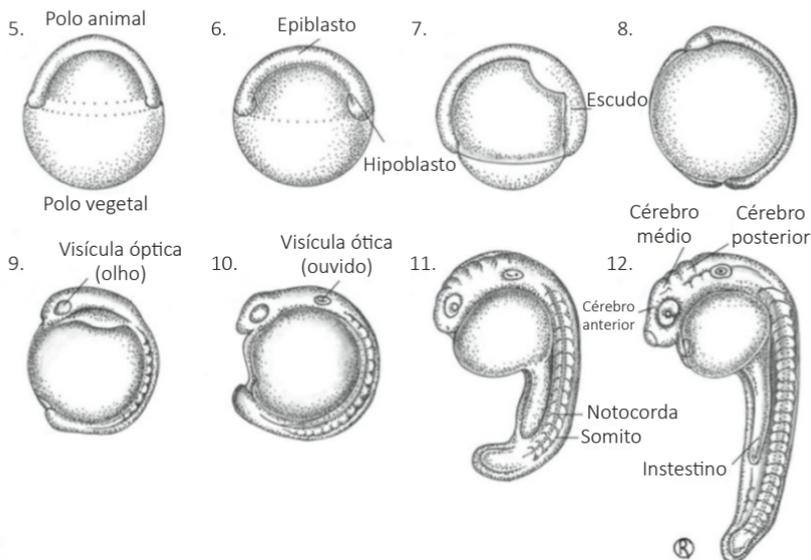
O desenvolvimento embrionário de peixes tem características em comum com o desenvolvimento de anfíbios e de aves, pois este grupo apresenta representantes com ovos do tipo heterolécito (por exemplo, os elasmobrânquios) e ovos telolécitos (peixes ósseos, como o paulistinha).

Caso os peixes apresentem ovo heterolécito, terão desenvolvimento parecido com o dos anfíbios, com clivagem holoblástica ou total. Como o vitelo acaba atrasando o sulco de clivagem, as clivagens no polo animal ocorrem antes do que no polo vegetal, formando blastômeros menores e em maior quantidade no polo animal (micrômeros), e blastômeros maiores e em menor quantidade no polo vegetal (macrômeros).

Caso apresentem ovos telolécitos, o desenvolvimento será similar ao apresentado pelas aves, com clivagem meroblástica discoidal, e só ocorrerá clivagem no blastodisco. A Figura 1.14 representa o desenvolvimento do peixe paulistinha.

Figura 1.14 | Representação do desenvolvimento do peixe paulistinha (*Danio rerio*)





Fonte: Garcia e García Fernández (2012, p. 404).

Desenvolvimento de mamíferos

A classe dos mamíferos apresenta grande diversidade com relação ao seu desenvolvimento, tendo representantes ovíparos, vivíparos e ovovivíparos.



Assimile

Animais que possuem reprodução sexuada, ou seja, em que há o encontro dos gametas, podem ser classificados em ovulíparos, ovíparos, ovovivíparos e vivíparos.

Animais ovulíparos liberam seus gametas na água e a fecundação é externa. Exemplos desses animais são alguns peixes e anfíbios.

Animais ovíparos apresentam fecundação interna ou externa e as fêmeas liberam ovos de seus corpos; o desenvolvimento do embrião ocorre no meio externo, sendo que o interior do ovo apresenta todas as condições para o seu desenvolvimento. Como exemplo, há as aves e alguns répteis. Animais ovovivíparos apresentam desenvolvimento embrionário dentro de um ovo que se desenvolve dentro do corpo da mãe, e no final do desenvolvimento são liberados os filhotes já formados. Assim como nos animais ovíparos, o ovo de animais ovovivíparos fornece os nutrientes para o embrião. Como exemplo temos alguns répteis e alguns peixes.

Animais vivíparos apresentam todo o desenvolvimento embrionário dentro do corpo da mãe, que fornece proteção, nutrientes e trocas gasosas. Um exemplo são os mamíferos de modo geral.

Mamíferos ovíparos (por exemplo, o ornitorrinco), apresentam ovo telolécito e ausência de placenta.

Mamíferos ovovivíparos (por exemplo, os marsupiais) apresentam ovo oligolécito e placenta rudimentar; o filhote não nasce completamente formado, permanecendo em contato com a mãe até o seu completo desenvolvimento.

Mamíferos vivíparos apresentam ovo oligolécito com todo o desenvolvimento dentro do organismo materno e há a presença de placenta (por exemplo, os seres humanos).

Como padrão de desenvolvimento de mamíferos descreveremos o padrão que ocorre nos seres humanos. As clivagens são totais e rotacionais e as clivagens iniciais ocorrem de maneira relativamente demorada, acontecendo a cada 24 horas aproximadamente. O embrião com 16 a 32 células está no estágio de mórula e o de 32 células está no estágio de blástula (ou blastocisto, no caso dos mamíferos placentários). Nesse período, chega ao útero.

O blastocisto é constituído pelo trofoblasto (a camada superficial) e por um grupo interno de células (embrioblasto ou massa celular interna), além do blastocele (cavidade interna cheia de líquido). O trofoblasto dará origem à parte da placenta e o embrioblasto dará origem ao embrião, ao saco vitelínico, ao âmnio, ao alantoide e a alguns anexos embrionários. Após um tempo se dá a implantação do embrião no útero e o blastocisto sofre mudanças. Ocorre a formação de um disco embrionário composto por duas camadas (epiblasto e hipoblasto), e esse disco embrionário dará origem aos folhetos embrionários, que por sua vez originarão todos os tecidos e órgãos do embrião.

Após a formação do disco embrionário tem início a fase de gastrulação. Depois do estabelecimento dos folhetos embrionários forma-se a notocorda, e em seguida temos a fase da neurulação, que consiste na formação da placa neural e do tubo neural.



Saiba mais

No livro *Embriologia*, você poderá ter mais informação sobre o desenvolvimento embrionário de diversas espécies. Confira:

GARCIA, S. M. L. de; GARCÍA FERNÁNDEZ, C. **Embriologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

- Para mais informações sobre o desenvolvimento embrionário de ouriço-do-mar, consulte o capítulo 18, *Desenvolvimento dos Equinodermas: Ouriço-do-mar*.
- Para mais informações sobre o desenvolvimento embrionário de anfíbios, consulte o capítulo 22, *Desenvolvimento dos Anfíbios*.

- Para mais informações sobre o desenvolvimento embrionário de aves, consulte o capítulo 23, *Desenvolvimento das Aves*.
- Para mais informações sobre o desenvolvimento embrionário de peixes, consulte o capítulo 24, *Desenvolvimento dos Peixes*.
- Para mais informações sobre o desenvolvimento embrionário de mamíferos, mais especificamente dos seres humanos, consulte o capítulo 25, *Desenvolvimento Humano*.

Derivados dos folhetos embrionários

Em vertebrados, os folhetos embrionários originarão diferentes tecidos. A ectoderme e a endoderme são formadas durante a fase de gástrula, e a mesoderme, durante a neurulação (estágio em que a placa neural e as pregas neurais são formadas). A mesoderme posteriormente se organizará em três regiões: epímero, ou região dorsal; mesômero, ou região mediana; e hipômero, ou região ventral.

Teratogênese

Durante o desenvolvimento embrionário podem ocorrer alguns distúrbios que acabam levando a malformações, defeitos ou anomalias do embrião. A teratologia (do grego *teras*, monstro e *logos*, estudo) é uma área que estuda as causas, mecanismos e os padrões do desenvolvimento anormal. Estes “defeitos” podem ser causados por fatores genéticos (como anormalidades cromossômicas) ou ser causada por fatores ambientais (substâncias químicas e poluição, por exemplo) ou mesmo pela ação conjunta destes dois fatores. No caso de influência ambiental, temos a ação de teratógenos ou agentes teratogênicos.



Assimile

Teratógenos ou agentes teratogênicos são definidos como qualquer coisa (substância, agente químico, físico ou biológico ou até mesmo deficiência de algo) que causa alteração no desenvolvimento normal do embrião ou do feto. Estes danos podem causar diversos efeitos, como a morte do embrião, malformações, alterações de crescimento e alterações funcionais dos órgãos e tecidos. Os agentes teratogênicos ambientais são: agentes infecciosos (como rubéola, citomegalovírus e zika vírus), infecções parasitárias (como a toxoplasmose e sífilis), radiações, medicamentos (como antibióticos, corticoides, anticoagulantes), drogas (como álcool e cocaína), hormônios, poluentes ambientais (como agrotóxicos e substâncias derivadas do refino do petróleo).



Saiba mais

Para mais informações sobre os fatores genéticos e ambientais que podem induzir à teratogênese, consulte o capítulo 27, *Malformações Congênitas*, do livro *Embriologia*.

GARCIA, S. M. L. de; GARCIA FERNÁNDEZ, C. **Embriologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

A ação do agente teratogênico sobre o embrião depende de alguns fatores, como:

- **Estágio de desenvolvimento do embrião:** certos estágios do desenvolvimento embrionário são mais vulneráveis à ação de fatores que causam anomalias no desenvolvimento. Em seres humanos, se a exposição ocorre nas duas primeiras semanas após a fecundação podem ocorrer duas situações: ou o embrião não sofre alterações e segue o desenvolvimento, ou acaba morrendo por causa das anomalias causadas. Caso a exposição aconteça durante a terceira até a oitava semana, período em que ocorre a organogênese e por isso considerado o período mais crítico, o embrião pode ter sérios problemas congênitos. Após este período, os efeitos são causados principalmente no sistema nervoso e sobre o crescimento do embrião, pois os outros órgãos já estão diferenciados.

- **Relação entre dose e efeito:** o efeito do agente teratogênico está relacionado com a quantidade a que o embrião se expôs, sendo que, normalmente, quanto maior a dose, maiores os efeitos teratogênicos.

- **Constituição genética do embrião:** o genótipo do embrião pode conferir maior ou menor resistência ou sensibilidade à exposição e ao efeito dos agentes teratogênicos.

Um dos marcos no estudo da teratologia foi o uso da substância teratogênica talidomida. Ela foi criada nos anos 1950 e era recomendada para combater os enjoos matinais de mulheres grávidas, por se achar que era uma droga com poucos efeitos colaterais. Posteriormente, se verificou que muitas das mães que tomaram talidomida tiveram bebês com focomelia (anomalia que impede a formação normal dos braços e pernas) ou amelia (ausência dos membros). Esses bebês ficaram conhecidos como “bebês da talidomida” ou “geração talidomida”. Após alguns anos de pesquisa, relacionou-se o uso da droga com a malformação, e hoje não se recomenda seu uso em mulheres grávidas devido ao seu potencial teratogênico.



Exemplificando

A microcefalia é uma alteração no desenvolvimento normal da cabeça e do cérebro do indivíduo, que acabam apresentando tamanho inferior ao normal,

e isso pode fazer com que as crianças apresentem diversas dificuldades. Pode ser causada por diversos fatores, como malformações do sistema nervoso; exposição a agentes teratogênicos, como drogas e álcool; rubéola; toxoplasmose; citomegalovírus; zika vírus; desnutrição da mãe durante a gravidez; síndromes genéticas. No Brasil, houve um aumento do número de microcefalia nos últimos anos, e diversos estudos relacionaram estes casos com exposição da mãe ao zika vírus, transmitido pelo mosquito *Aedes aegypti*.



Refleta

Diversas substâncias são tidas como substâncias teratogênicas, e dentre essas substâncias podemos destacar os agrotóxicos. Em diversos países, o uso deste grupo de substâncias é amplamente controlado e alguns têm seu uso proibido devido ao comprovado efeito danoso aos organismos. O Brasil é o país que mais utiliza agrotóxicos apesar dos estudos teratogênicos. Você acha que deveríamos desconsiderar o potencial teratogênicos dos agrotóxicos em detrimento da produtividade agrícola? Você acha que as leis brasileiras deveriam ser mais rigorosas a respeito do uso dos agrotóxicos? Deveria haver mais incentivo a pesquisas e divulgação científica relacionadas a este assunto?

Existem maneiras de se prevenir a ocorrência da teratogênese, como evitar o consumo de álcool e drogas durante a gravidez, nutrição adequada da mãe, uso de suplementação de vitaminas (como o ácido fólico, que é uma vitamina do complexo B e que auxilia na formação do sistema nervoso do feto), uso apenas de medicamentos seguros e indicados pelo obstetra, vacinação contra agentes infecciosos potencialmente teratogênicos e proteção contra agentes que podem causar alterações no desenvolvimento embrionário.

Sem medo de errar

Você se lembra da situação-problema?

Em seu trabalho na clínica de reprodução assistida você ficou responsável pelo acompanhamento e esclarecimento de dúvidas de um casal que pretendia realizar o processo de fertilização in vitro (FIV). O casal realizou o procedimento, houve a fertilização e o embrião foi transferido para o corpo da mãe. Após algum tempo de acompanhamento foi constatada a gravidez. Durante uma consulta de pré-natal, o obstetra observou que o feto tinha uma malformação: apresentava microcefalia (condição em que o tamanho da cabeça e, conseqüentemente, do cérebro, é menor do que o normal). Sabendo da condição do feto, os pais foram buscar informações a respeito

das possíveis causas dessa anomalia, e se ela teria sido causada por fatores genéticos ou por outros fatores.

Como você responderia a essa questão?

Para resolver essa situação-problema, temos que lembrar dos estágios do desenvolvimento embrionário de mamíferos e da teratogênese. Vimos que a teratogênese é o estudo das causas, mecanismos e dos padrões do desenvolvimento anormal. A teratogênese pode ser causada por fatores genéticos ou por fatores ambientais, sendo possível ainda a interação destes dois fatores na indução da teratogênese. No estudo da teratogênese temos que nos atentar ao fato de que, dependendo do estágio em que o embrião é exposto ao teratogêno, os efeitos causados no desenvolvimento embrionário são diferentes. Caso a exposição ocorra no início do desenvolvimento (até duas semanas após a fecundação), o embrião pode morrer ou não sofrer nenhuma alteração; caso ocorra durante o período de organogênese (período mais crítico), os efeitos observados no embrião são mais severos e dependerão de qual tipo celular foi afetado (determinado tipo celular formará um tecido ou órgão; então, por exemplo, se a exposição afeta as células que darão origem ao sistema digestório, o embrião terá anomalias nesse sistema); caso a exposição ocorra após o período da organogênese, os efeitos serão no sistema nervoso (pois, mesmo após o período da organogênese, ele continua a se desenvolver) ou no crescimento do embrião.

A microcefalia é uma condição rara em que há alteração no padrão de desenvolvimento da caixa craniana e do cérebro, e os indivíduos que apresentam microcefalia têm o tamanho da cabeça e do cérebro menores que o normal, podendo passar por diversas dificuldades na sobrevivência e desenvolvimento. A microcefalia é uma alteração que pode ser causada por diversos fatores, deste modo, para identificar o possível agente causador, temos que investigar a quais agentes ou substâncias a mãe foi exposta. Os fatores que podem causar a microcefalia congênita (que ocorre no período gestacional) são: problemas na formação do sistema nervoso central; presença de síndromes genéticas; consumo abusivo, pela mãe, de álcool ou outras drogas durante a gestação; exposição à radiação; exposição a metais pesados; doenças adquiridas pela mãe (citomegalovírus, rubéola, toxoplasmose, zika vírus).

No caso em questão, a microcefalia do feto pode ter sido causada por fatores genéticos, fatores ambientais ou até mesmo interação desses dois fatores, e provavelmente deve ter ocorrido após o período da organogênese embrionária.

Faça valer a pena

1. A embriogênese consiste de diferentes fases, que são: clivagens, gastrulação e organogênese. Durante o período da gastrulação, o embrião sofre diversas alterações e há a formação dos três folhetos embrionários que darão origem a todos os tecidos e órgãos.

Quais são os três folhetos embrionários?

- a) Endoderme, ectoderme e mesoderme.
- b) Epitélio, ectoderme e hipoderme.
- c) Trofoblasto, sincício e blastocisto.
- d) Blastoderme, mesoderme e epiblasto.
- e) Notocorda, linha primitiva e endoderme.

2. Agentes teratogênicos são definidos como qualquer substância, organismo, agente físico ou estado de deficiência que, se presente durante o desenvolvimento embrionário, causa alterações no desenvolvimento normal do embrião. Diversos são os agentes teratogênicos.

Das alternativas a seguir, qual das alternativas não apresenta um agente teratogênico?

- a) Rubéola.
- b) Álcool.
- c) Talidomida.
- d) Herbicidas.
- e) Ácido fólico.

3. A notocorda é uma estrutura que surge durante o desenvolvimento embrionário, mais especificamente durante o período de gastrulação. Essa estrutura em formato de bastão é bastante flexível e tem como função auxiliar no suporte do embrião, sendo presente em pelo menos uma fase da vida dos cordados.

Qual dos animais seguir não apresenta notocorda?

- a) Aves.
- b) Ouriço-do-mar.
- c) Anfíbios.
- d) Répteis.
- e) Mamíferos.

Referências

GARCIA, S. M. L. de; GARCÍA FERNÁNDEZ, C. **Embriologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

GILBERT, S. F. **Biologia do Desenvolvimento**. 5. ed. Ribeirão Preto: Editora FUNPEC, 2003.

MONTANARI, T. **Embriologia**: texto, atlas e roteiro de aulas práticas. 1. ed. Porto Alegre: Editora do autor, 2013.

MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N.; TORCHIA, M. K. **Embriologia Básica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

Unidade 2

Introdução à Histologia: tecido epitelial e conjuntivo

Convite ao estudo

Vimos na unidade anterior a formação dos folhetos embrionários e a partir deles os diferentes tecidos que fazem parte do organismo. Nesta unidade iniciaremos o estudo dos diferentes tecidos que compõem os organismos, analisando a sua estrutura, composição e função.

Nesta unidade iremos aprender alguns métodos de histologia (preparação dos tecidos, algumas colorações, entre outros) e os tecidos epitelial e conjuntivo.

Para esta unidade imagine a seguinte situação: após se formar no curso de Ciências Biológicas você conseguiu um emprego em um laboratório de anatomia patológica, onde são realizados diversos exames, dentre eles os exames histopatológicos. Nos exames histopatológicos ocorre a análise, em microscópio, de fragmentos de tecidos para se verificar a existência de alguma anomalia. Para os exames é necessário realizar cortes muito finos do tecido a ser analisado, que, após o corte, são colocados em uma lâmina de microscopia e posteriormente são corados com diferentes técnicas e corantes específicos para cada tipo de tecido. Após a coloração, estas lâminas são analisadas em microscópio e são observadas a existência de alguma alteração na estrutura e composição do tecido.

No dia a dia do laboratório de anatomia patológica você recebe várias amostras de tecidos derivados de biópsias (procedimento cirúrgico no qual se retira uma amostra de tecido ou órgão para análise) para que seja realizada uma análise de tal amostra e posteriormente seja feito um laudo, dizendo se o tecido está sadio ou se apresenta alguma alteração. Para estes exames histopatológicos é necessário que você saiba qual a estrutura e composição do tecido saudável para então saber se há alguma anomalia presente no tecido que está sendo analisado.

Os exames podem ser feitos com diversos tecidos, como o tecido epitelial, por exemplo, em que se pode identificar se o tecido apresenta células tumorais ou qualquer outro tipo de alteração estrutural ou morfológica. Podem ser feitas biópsias em todos os tecidos presentes no organismo e, para isso, deve-se ter conhecimento de como cada tecido é composto, qual a sua arquitetura, e saber diferenciar um tecido de outro.

Ao final desta unidade você será capaz de saber como se dá o preparo de lâminas histológicas, além de caracterizar o tecido epitelial e o tecido conjuntivo.

Métodos histológicos e tecido epitelial

Diálogo aberto

Prezado aluno,

Agora que já sabemos que os folhetos embrionários se diferenciam e dão origem aos diferentes tecidos de um organismo, veremos com mais detalhes estes tecidos, iniciando com o tecido epitelial.

Imaginem a seguinte situação, durante o curso de Ciências Biológicas você se interessou muito pela área de Histologia e, ao concluir o curso decidiu trabalhar nesta área. Após muito pesquisar optou por trabalhar em um Laboratório de Anatomia Patológica, onde são realizados diversos exames, dentre eles os exames histopatológicos.

Você recebe diariamente diversas amostras de tecidos e necessita trabalhar nelas de forma que sejam obtidas lâminas histológicas, coradas especificamente para cada tipo de tecido, que deverão ser analisadas para realizar o diagnóstico da presença ou ausência de doenças.

Durante um dia de trabalho, o laboratório recebeu uma amostra de tecido epitelial de um paciente com suspeita de esôfago de Barrett. Esta doença tem maior incidência em homens brancos alcoólatras e/ou tabagistas. Nesta doença, o esôfago sofre agressões por muito tempo devido ao refluxo gastroesofágico (conteúdo estomacal ácido que volta para o esôfago) e em decorrência desta agressão o organismo apresenta uma reação de defesa que consiste na transformação do tipo de tecido epitelial para outro, este processo se chama metaplasia epitelial. Após o processamento da amostra e análise do material, constatou-se que o paciente possui a doença. Sabendo que o diagnóstico dessa doença pelos exames histopatológicos ocorre pela metaplasia epitelial pavimentoso-colunar, que é quando o epitélio do esôfago passa a apresentar epitélio simples colunar devido ao refluxo gastroesofágico, como seria a histologia de um epitélio de esôfago normal?

Não pode faltar

Iniciaremos nossos estudos em Histologia, mas afinal, o que significa Histologia?

Histologia ou Biologia Tecidual nada mais é que o estudo dos tecidos biológicos. E o que são tecidos? Tecidos são definidos como conjunto de

células especializadas (que podem ser iguais ou não entre si) e que realizam uma determinada função no organismo.

Agora que já sabemos do que se trata a histologia, veremos de um modo geral, os métodos utilizados para obtenção dos cortes histológicos.

Como os tecidos são constituídos por células e elas possuem um tamanho diminuto, a análise dos tecidos deve ser feita em microscópio e para isso é necessário que se faça cortes histológicos, ou seja, cortes muito finos do tecido. Para isso é necessário que o tecido seja fixado para evitar a sua deterioração, preservar sua estrutura e composição, além de auxiliar no endurecimento do fragmento. Diversos fixadores podem ser utilizados, sendo o mais comum o formaldeído.

Após a fixação, a amostra deve ser endurecida ainda mais para poder ser cortada e para isso o material é desidratado em uma série de soluções de álcool e posteriormente passa por uma etapa chamada de inclusão, onde o material é colocado em uma substância que preenche o espaço anteriormente ocupado pela água e assim endurece a amostra, sendo a parafina uma das substâncias mais utilizadas. Após a inclusão, o bloco formado é cortado em um aparelho chamado de micrótomo, que possibilita o corte em espessuras muito finas, os cortes obtidos são colocados em lâminas de microscopia e posteriormente são corados para permitir a visualização das estruturas.

Diferentes corantes podem ser utilizados para evidenciar componentes específicos da célula ou do tecido. Os corantes podem ter maior seletividade por um componente do tecido e eles se comportam como substâncias com caráter ácido ou básico, as regiões ou os componentes que têm afinidade por corantes ácidos se coram com esses corantes e se chamam de acidófilos, já os que têm afinidade por corantes básicos se chamam basófilos. A coloração mais utilizada é a combinação de hematoxilina e eosina (HE), na qual a hematoxilina (corante básico) cora de azul ou violeta as estruturas básicas e a eosina cora em rosa as estruturas ácidas.



Assimile

Histoquímica e citoquímica: são termos usados para indicar metodologias utilizadas para identificar e localizar diferentes substâncias em células e na matrix extracelular em cortes histológicos ou células em cultura. Estas metodologias se baseiam, principalmente, em reações químicas específicas ou em interações de alta afinidade entre as moléculas. Por meio destas metodologias é possível detectar íons (como ferro e cálcio), ácidos nucleicos, proteínas, polissacarídeos e lipídeos.



Exemplificando

O estudo e conhecimento da Histologia é extremamente importante pois podemos utilizá-los na Histopatologia, que nada mais é que o estudo de um tecido para se detectar alguma anomalia e assim determinar se o indivíduo possui uma doença.

Os tecidos são constituídos por células e pela matriz extracelular, que é um conjunto de moléculas produzidas pelas células e que servem como suporte para as células e como meio de transporte dos nutrientes e produtos da secreção.

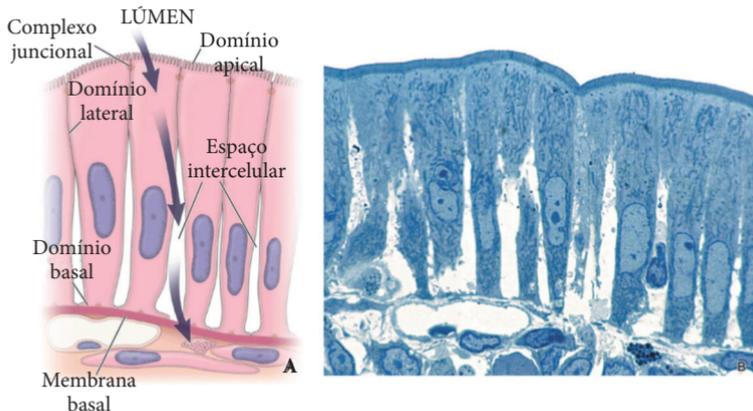
Agora que já tivemos uma visão geral do que é tecido e das metodologias utilizadas para se obter os cortes histológicos, vamos dar uma olhada nos diferentes tecidos que formam o organismo, iniciando pelo tecido epitelial.

Visão geral do tecido epitelial e principais características das células epiteliais

O tecido epitelial é um tecido que não possui irrigação sanguínea própria, ou seja, é avascular. Recobre superfícies corporais externas e reveste as cavidades corporais e forma as glândulas, além disso possui pouca matriz extracelular.

As células do tecido epitelial são poliédricas (possuem muitas faces) e são justapostas (estão posicionadas lado a lado), unidas umas às outras por junções celulares (regiões especializadas que permitem a adesão e comunicação entre as células), possuem polaridade funcional e morfológica devido à presença de três domínios ou superfícies (domínio de superfície livre ou apical, domínio lateral e domínio basal). A forma das células epiteliais varia bastante e o núcleo tem forma característica (variam de esféricas até elípticas), geralmente acompanhando a forma da célula e quase todos os epitélios estão apoiados sobre tecido conjuntivo (veremos este tecido na próxima seção).

Figura 2.1 | Células epiteliais do intestino delgado



Legenda: A. Desenho esquemático com os domínios da célula, o complexo juncional e o espaço intercelular por onde passam líquidos. B. Fotomicrografia de epitélio intestinal colorido com azul de toluidina

Fonte: Ross (2016)

Principais funções do tecido epitelial

As principais funções do tecido epitelial são revestimento (superfícies internas ou externas de órgãos ou do corpo como um todo), esta função está associada à proteção dos órgãos ou do corpo, absorção de íons e moléculas, percepção de estímulos. Outra importante função desempenhada pelo tecido epitelial é o de secreção.

Tipos de epitélios

O tecido epitelial é dividido nos seguintes tipos: epitélio de revestimento e epitélios glandulares.

Para os epitélios de revestimento, as células se localizam na superfície externa do corpo ou nas superfícies que revestem as cavidades internas do corpo e podem ser classificadas de acordo com o número de camadas celulares: epitélio simples (formado apenas por uma camada de células) ou epitélio estratificado (possui duas ou mais camadas).

Além disso, pode ser classificada de acordo com a forma das células: pavimentoso (a largura da célula é maior do que a altura); cúbico (largura, profundidade e altura tem aproximadamente o mesmo tamanho) ou colunar, cilíndrico ou prismático (a altura da célula é maior que a largura).

Além dessas classificações temos o epitélio estratificado em que o formato e a altura das células variam entre as camadas e por isso somente o formato das células que estão na camada superficial é usado para classificá-lo, sendo então classificados em cúbico, prismático, pavimentoso ou de transição.

Quadro 2.1 | Classificação dos epitélios de revestimento

Número de camadas	Forma das células epiteliais	Funções	Exemplos de ocorrência
Simples (uma camada)	Pavimentoso	Proteção dos órgãos internos, transporte ativo por pinocitose (englobamento de fluidos com substâncias diluídas através de prolongamentos e invaginações da membrana plasmática), secreção de moléculas biologicamente ativas.	Revestimento de vasos, revestimento das cavidades pericárdica, pleural e peritoneal
Simples (uma camada)	Cúbico	Revestimento e secreção.	Revestimento externo do ovário, ductos excretores de glândulas, folículos tireoidianos
Simples (uma camada)	Prismático ou colunar	Proteção, lubrificação, absorção e secreção.	Revestimento do lúmen do intestino e da vesícula biliar
Pseudoestratificado	Prismático ou colunar	Proteção, secreção, transporte por cílios de particular aderidas ao muco das vias respiratórias.	Revestimento da cavidade nasal, traqueia e brônquios
Estratificado (duas ou mais camadas)	Pavimentoso queratinizado	Proteção, evita a perda de água.	Epiderme
Estratificado (duas ou mais camadas)	Pavimentoso não queratinizado	Proteção, evita a perda de água.	Boca, esôfago, vagina, canal anal
Estratificado (duas ou mais camadas)	Cúbico	Proteção, secreção	Glândulas sudoríparas, folículos ovarianos em crescimento
Estratificado (duas ou mais camadas)	Transição	Proteção e distensibilidade	Bexiga, ureteres e cálices renais
Estratificado (duas ou mais camadas)	Prismático ou colunar	Proteção	Membrana conjuntiva do olho

Fonte: adaptado de Junqueira e Carneiro (2013).

Em algumas situações pode haver uma mudança reversível de um tipo epitelial para outro, este processo se chama metaplasia epitelial, que normalmente ocorre em resposta a algum agente agressor (estresse, inflamação crônica) ou até mesmo a outros estímulos hormonais. Neste processo as células epiteliais originais são substituídas por células que apresentam formato mais adequado ao novo estímulo, de forma a tentar proteger o epitélio e o organismo contra a agressão e, em geral, quando o estímulo é retirado ou cessa, o tecido volta a sua configuração normal.



Exemplificando

Uma metaplasia epitelial muito comum ocorre em indivíduos fumantes, em que devido à exposição prolongada à fumaça do cigarro, as células que revestem os brônquios passam de epitélio pseudoestratificado cilado para epitélio estratificado pavimentoso.

Outro exemplo de metaplasia epitelial ocorre no esôfago de Barrett, onde as células estratificadas pavimentosas do esôfago são substituídas por células colunares (estrutura típica de estômago e intestino). Como esta doença está relacionada com o refluxo gastroesofágico, as células do esôfago (que não possuem revestimento de mucosa para aguentar a ação do ácido estomacal) se transformam de modo a ficar parecidas com as células do estômago para poder resistir ao agente agressor.

Especialização das células epiteliais

Como já foi visto anteriormente, as células epiteliais apresentam um domínio apical, domínio lateral e domínio basal. O domínio apical fica sempre direcionado para a parte exterior ou para o lúmen (espaço interno) de uma cavidade ou tubo fechado, o domínio lateral comunica uma célula com a sua vizinha e o domínio basal fica sobre a lâmina basal (fina lâmina de moléculas que fica entre o tecido epitelial e o conjuntivo) e fixa a célula ao tecido conjuntivo. Cada um desses domínios apresenta diferentes especializações.

O domínio apical pode apresentar as seguintes especializações:

- **Microvilosidades:** prolongamentos citoplasmáticos e servem para aumentar a superfície de contato das células.
- **Estereocílios ou estereovilosidades:** são microvilosidades longas e imóveis e servem para aumentar a superfície da célula.
- **Cílios:** são extensões da membrana plasmática e apresentam motilidade.

O domínio lateral apresenta os complexos juncionais, que são responsáveis pela união entre as células e eles são de três tipos:

- **Junção de oclusão ou junção estreita:** veda as células vizinhas, controla a passagem de substâncias entre elas, define onde fica o domínio apical da membrana plasmática.
- **Junções de adesão:** fornece a adesão e firmeza entre as células vizinhas.
- **Junções comunicantes ou junções gap:** formam um canal entre as células vizinhas e possibilitam a troca de diversas moléculas entre as células.

Além disso o domínio lateral possui as interdigitações que são dobras das membranas que se encaixam nas dobras das membranas das células vizinhas.

O domínio basal apresenta as seguintes especializações:

- Adesões focais: são junções de adesão.
- Hemidesmossomos: também são junções de adesão.

Epitélio glandular

O epitélio glandular é constituído por células especializadas na função secretora. As glândulas se originam no epitélio de revestimento através da proliferação das suas células que, posteriormente, invadem o tecido conjuntivo e se diferenciam. Caso as células mantenham conexão com o epitélio que as deu origem, há a formação de um ducto na glândula, a secreção produzida será liberada no ducto e a glândula se chama exócrina, caso as células percam o contato com o epitélio que as originou, não ocorre a formação do ducto, a secreção é liberada na corrente sanguínea e a glândula é denominada endócrina.

As glândulas exócrinas podem ser classificadas de diversas maneiras e o Quadro 2.2 apresenta as principais classificações.

Quadro 2.2 | Classificação das glândulas exócrinas

Critério	Classificação		
Quantidade de células	Uma célula (Glândula unicelular)	Mais de uma célula (Glândula multicelular)	
Forma da porção secretora	Tubular	Alveolar ou acinosa	Tubuloacinosa
Ramificação da porção secretora	Simple	Ramificada	
Ramificação do ducto	Simple	Composta	
Tipo de secreção	Serosa (secreta fluido aquoso que é rico em enzimas)	Mucosa (secreta muco)	Mista
Mecanismo de liberação da secreção	Merócrina ou écrina (a secreção é transportada através de vesículas envoltas por membrana até a superfície da célula, não ocorre dano à célula, ocorre na maioria das glândulas).	Apócrina (a secreção é liberada junto com uma parte do citoplasma apical da célula. Exemplo: glândulas sudoríparas axilares e glândulas mamárias).	Holócrina (é liberada junto com toda a célula, neste caso há destruição das células cheias de secreção. Exemplo: glândula sebácea).

Fonte: elaborado pela autora.

As glândulas endócrinas são classificadas de acordo com o arranjo das células epiteliais, podendo ser: vesicular (as células se arranjam em vesículas onde a secreção é acumulada, é o que ocorre com a tireoide) ou cordonal (células se enfileiram e formam cordões, é o que ocorre na paratireoide).



Saiba mais

Para mais informações a respeito das especializações das células epiteliais e do epitélio glandular consulte o Capítulo 5 *Tecido Epitelial* do seguinte livro:

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabra Koogan, 2016.

Pele e seus anexos

A pele e os seus anexos constituem o sistema tegumentar. A pele, é o órgão que forma a cobertura externa do corpo e é composto por duas camadas: a epiderme e a derme (tecido conjuntivo). Abaixo da derme situa-se uma região chamada de hipoderme.

A pele possui diversas funções como proteção do organismo, atuando como barreira contra diversos agentes externos, transmite informação sensorial do ambiente externo para o sistema nervoso, regula a temperatura do corpo e a perda de água, apresenta algumas funções endócrinas e participa da excreção.

A epiderme é composta por tecido epitelial estratificado pavimentoso queratinizado, onde se reconhecem diferentes regiões: estrato basal ou germinativo (apresenta intensa atividade mitótica e é uma das responsáveis pela renovação da pele), estrato espinhoso, estrato granuloso (responsável pela formação da barreira hídrica da epiderme) e estrato córneo (camada mais superficial da epiderme).

A epiderme possui quatro tipos distintos de células: queratinócitos (células mais abundantes da epiderme e produzem queratina, têm como função separar o organismos do meio externo, além disso participam na barreira hídrica da epiderme); melanócitos (são as células responsáveis pela produção de pigmento); células de Langerhans (estão relacionadas com a sinalização para o sistema imune) e células de Merkel (células mecanorreceptoras que estão relacionadas com as terminações nervosas responsáveis pela percepção sensorial).

A pele possui diversos anexos que são: folículos pilosos e pelos, glândulas sudoríparas (produção de suor que atua na regulação da temperatura corporal), glândulas sebáceas (responsáveis pela produção de sebo) e unhas (placas de células queratinizadas).



Saiba mais

Para mais informações a respeito da pele e seus anexos lei o Capítulo 15 do *Sistema Tegumentar do livro*:

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabra Koogan, 2016.



Refleta

O teste Draize é um teste que foi criado na década de 1940 e é utilizado em testes cosméticos, com o intuito de avaliar se uma determinada substância é capaz ou não de causar danos aos seres humanos e para isso se utiliza de animais. No teste de irritação dérmica as substâncias são aplicadas diretamente na pele, que é previamente raspada, de modo a deixar a pele extremamente sensível, e as substâncias podem causar dor intensa, irritação e queimaduras. Diversos países têm proibido o uso de animais para testes cosméticos. Qual a sua opinião sobre o uso destes testes? Eles seriam necessários?

Sem medo de errar

Na situação apresentada anteriormente, você já está formado (a) no curso de Ciências Biológicas e trabalha na área de Histologia, em um Laboratório de Anatomia Patológica, no qual você ficou responsável pelas análises dos exames histopatológicos.

Em sua rotina de trabalho você recebe as amostras de tecido e as prepara para que sejam obtidas lâminas histológicas que serão analisadas. Destas análises sairão os laudos do tecido amostrado. Uma das amostras recebidas era de um paciente do sexo masculino, fumante e com 50 anos de idade. O paciente apresentava queixa de azia, queimação e refluxo. Há suspeita de que o paciente tenha esôfago de Barrett. Pacientes que possuem esta doença apresentam uma mudança do tipo de tecido epitelial, como forma de proteger o órgão do efeito do ácido estomacal por períodos prolongados. No diagnóstico desta doença a análise histopatológica mostra que ocorre metaplasia epitelial pavimentoso-colunar, ou seja, o epitélio do esôfago passa a apresentar epitélio simples colunar devido ao refluxo gastroesofágico.

Como foi dito antes, para saber se a amostra de tecido apresenta ou não alguma alteração, é necessário que se conheça a histologia do tecido normal/saudável para que se tenha parâmetros de comparação.

Pessoas que possuem esôfago de Barrett sofrem metaplasia epitelial, que nada mais é do que uma mudança de um tipo epitelial para outro. No tecido

epitelial normalmente as células são estratificadas pavimentosas não queratinizadas, sendo então formado por epitélio com mais de uma camada celular e células com formato pavimentoso, que significa que a largura da célula é maior do que a altura. Este tipo de epitélio tem como função proteção do tecido e evitar a perda de água.

No esôfago de Barrett ocorre mudança das células epiteliais para células colunares, esta mudança ocorre em decorrência do refluxo gastroesofágico, já que as células do esôfago não são preparadas para aguentar a ação do ácido estomacal e por isso se transformam para poder resistir ao agente agressor.

Os tratamentos desta doença visam o controle e alívio dos sintomas causados pelo refluxo, além de uma mudança nos hábitos de vida. Esta doença não possui cura e deve ser constantemente acompanhada para evitar a sua evolução pois, caso não seja tratada adequadamente, pode se transformar em um câncer de esôfago.

Faça valer a pena

1. O tecido epitelial é constituído por células poliédricas, ou seja, que possuem muitas faces e que estão justapostas. As células epiteliais são unidas umas às outras por junções celulares, possuem polaridade, e formas variadas e este tecido pode ser dividido em dois tipos.

O tecido epitelial é dividido em quais tipos?

- a) Epitélio de revestimento e epitélio glandular.
- b) Derme e hipoderme.
- c) Queratinócitos e melanócitos.
- d) Epitélio de revestimento e conjuntivo.
- e) Epitélio estratificado e epiderme.

2. O tecido epitelial é um tecido que não possui irrigação sanguínea própria, ou seja, é avascular. Recobre superfícies corporais externas, reveste as cavidades corporais, forma as glândulas e possui pouca matriz extracelular.

Dentre as alternativas a seguir, qual não apresenta uma função do tecido epitelial.

- a) Revestimento.
- b) Percepção de estímulos.
- c) Secreção.
- d) Absorção de íons e moléculas.
- e) Nutrição.

3. A pele é o maior órgão do corpo e forma a sua cobertura externa. Ela é composta por duas camadas: a epiderme e a derme. Abaixo da derme situa-se uma região chamada de hipoderme.

A pele possui diversas funções como proteção do organismo atuando como barreira contra diversos agentes externos, transmite informação sensorial do ambiente externo para o sistema nervoso, regula a temperatura do corpo e a perda de água, apresenta algumas funções endócrinas e participa da excreção.

A epiderme é composta por tecido epitelial estratificado pavimentoso queratinizado, onde se reconhecem diferentes regiões: estrato basal ou germinativo (apresenta intensa atividade mitótica e é uma das responsáveis pela renovação da pele), estrato espinhoso, estrato granuloso (responsável pela formação da barreira hídrica da epiderme) e estrato córneo (camada mais superficial da epiderme).

Das regiões que compõe a pele podemos afirmar que:

- a) A epiderme e a derme são constituídas de tecido epitelial.
- b) A epiderme é constituída de tecido epitelial e a derme de tecido conjuntivo.
- c) A derme e hipoderme são formadas por epitélio glandular.
- d) A derme é formada por tecido mucoso e a hipoderme de tecido epitelial.
- e) A epiderme e a derme são especializações do tecido epitelial.

Tecido conjuntivo

Diálogo aberto

Na unidade anterior nós iniciamos nossos estudos em Histologia e vimos o tecido epitelial. Nesta unidade continuaremos nossos estudos dos tecidos, sendo que o objeto de estudo será o tecido conjuntivo. Veremos como este tecido é formado, suas funções e as suas classificações.

Imagine que você se formou em Biologia e agora está trabalhando em um laboratório de anatomia patológica. Em seu dia a dia você recebe amostras de diversos tecidos para realizar as técnicas de histologia, sendo que a análise destes tecidos apresenta diferentes objetivos. Nos exames histopatológicos você deve analisar os cortes histológicos, que são da amostra de tecido que é objeto da análise, para então comparar com o padrão que ocorre em tecidos saudáveis e aí poder dizer se o tecido estudado apresenta alterações ou não. A partir do resultado da análise é possível, então, fornecer um diagnóstico para o médico e o paciente.

Em um dos dias de trabalho você recebeu uma amostra de um paciente para ser analisada. O paciente tem suspeita de possuir a Síndrome de Ehlers-Danlos ou cutis elástica. Os portadores desta síndrome, que é rara, apresentam um distúrbio do tecido conjuntivo, o que faz com que apresentem uma grande flexibilidade das articulações (mais que o normal), pele fina e elástica com maior chance de formação de hematomas e cicatrização dificultada. Nesta síndrome ocorre um problema na produção de colágeno.

Para se avaliar a existência ou não desta síndrome, pode-se realizar uma biópsia (retirada de um fragmento de tecido) da pele e observar o padrão da derme, uma vez que ela é constituída por tecido conjuntivo. No exame histopatológico observa-se que as fibras colágenas estão desorganizadas e as fibras elásticas apresentam irregularidades no tamanho e na orientação.

Após a análise histopatológica observou-se que o paciente apresentava alterações no tecido conjuntivo e, juntamente com os outros sintomas, concluiu-se que a pessoa realmente possuía a Síndrome de Ehlers-Danlos.

Para se definir se há alteração no padrão do tecido conjuntivo, é necessário então conhecer qual o comportamento do tecido conjuntivo em uma pele considerada normal. Usando seus conhecimentos, você conseguiria descrever como o tecido conjuntivo estaria organizado em uma pele normal?

Para responder a este questionamento você deverá saber como é a organização e a constituição do tecido conjuntivo.

Vamos lá?

Não pode faltar

Vimos na seção anterior o estudo dos tecidos, a histologia, e iniciamos nossos estudos com o tecido epitelial. Continuaremos com o estudo da histologia e focaremos, agora, no tecido conjuntivo, que é um tecido formado por células muito diversificadas que estão imersas na matriz extracelular.

O tecido conjuntivo apresenta diversas funções, sendo as principais: suporte estrutural; amortecimento de impactos; preenchimento, resistência à tração; elasticidade; isolante térmico e produção de calor; armazenamento de gordura; defesa do organismo; coagulação sanguínea; cicatrização e transporte de nutrientes, gases, metabólitos e hormônios.

Pode ser classificado de acordo com a sua composição e organização dos componentes extracelulares e com a sua função, podendo ser classificados em: tecido conjuntivo embrionário, tecido conjuntivo propriamente dito e tecido conjuntivo especializado.

A matriz extracelular varia de composição de acordo com as células presentes no tecido conjuntivo, mas de maneira geral é formado por uma parte fibrilar, composta por fibras colágenas, fibras reticulares e/ou fibras elásticas e por uma parte não fibrilar, chamada de substância fundamental amorfa e por líquido extracelular.



Assimile

Fibras colágenas: são as principais constituintes do tecido conjuntivo, são flexíveis, mas inelásticas, apresentam grande força de tensão e são formadas por colágeno.

Fibras reticulares: são finas, ramificadas, revestidas de carboidratos, formadas por colágeno e fornecem suporte para as células em vários tecidos e órgãos.

Fibras elásticas: possuem alta elasticidade e são constituídas por elastina.

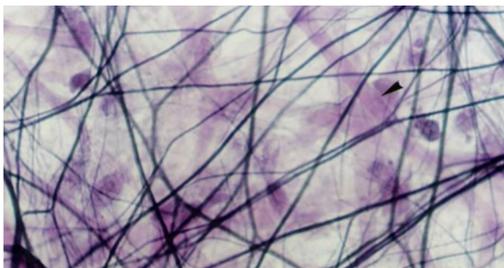


Exemplificando

Você já ouviu falar de escorbuto? O escorbuto é uma doença que tem como sintomas hemorragia na gengiva com inchaço e pus, dores nas articulações e problemas de cicatrização. Esta doença está relacionada com a falta de

vitamina C na alimentação, vitamina importante na síntese de colágeno, que é a proteína que faz parte do tecido conjuntivo. A falta do colágeno desencadeia uma série de eventos, por exemplo os sintomas do escorbuto.

Figura 2.2 | Lâmina do mesentério que apresenta as fibras colágenas (seta) e as fibras elásticas. Coloração fucsina-resorcina



Fonte: Montanari (2013, p. 42).

A substância fundamental amorfa é viscosa e clara, e é nela que as fibras e células estão imersas e é aí também que o líquido extracelular se difunde. É composta por diversas substâncias como água, íons, moléculas orgânicas (glicosaminoglicanos, proteoglicanos e glicoproteínas) e moléculas inorgânicas.

O líquido extracelular é o componente fluido que se difunde pela substância fundamental amorfa e transporta nutrientes, gases, metabólitos e moléculas sinalizadoras.

A matriz extracelular possui como funções: preencher o espaço entre as células do tecido conjuntivo; fornecer rigidez, resistência à pressão e tensão; fornecer elasticidade nos locais onde esta característica é necessária; meio para a difusão de gases e nutrientes; lubrificante; barreira contra a entrada de microorganismos e meio para o trânsito de algumas células.



Exemplificando

O colágeno, que faz parte da composição do tecido conjuntivo, é muito importante, tanto que a falta ou as anormalidades na produção desta proteína causam as collagenopatias. Um dos exemplos é a osteogênese imperfeita que faz com que o portador tenha ossos quebradiços e conseqüentemente fraturas frequentes, entre outros efeitos.

Outro exemplo é a Síndrome de Ehlers-Danlos que faz com que as pessoas portadoras desta síndrome apresentem hiper mobilidade de todas as articulações, hiperelasticidade da pele, fragilidade da pele, cicatrização demorada, entre outros efeitos.

A síndrome de Ehlers-Danlos pode ser detectada por análise histopatológica, sendo que se faz biópsia da pele e se observa o comportamento do tecido conjuntivo presente na derme. Em portadores da síndrome as fibras colágenas ficam desorganizadas e de tamanhos diferentes, já em indivíduos normais a derme possui tecido conjuntivo frouxo (que possui fibras colágenas, formando uma delicada rede e fibras elásticas filiformes, formando uma rede irregular) e tecido conjuntivo denso não modelado (feixes espessos e irregulares de colágeno e fibras elásticas mais espessas que as do tecido conjuntivo frouxo e, tanto o colágeno como as fibras elásticas, estão orientadas de modo a formar linhas regulares de tensão na pele).



Refleta

O colágeno é a proteína mais abundante do corpo humano e tem como uma de suas funções manter a resistência e elasticidade da pele, com o passar do tempo, a quantidade de colágeno em nosso corpo diminui e apresentamos os sinais de envelhecimento (diminuição da elasticidade da pele e rugas, por exemplo). Para tentar minimizar estes efeitos diversos profissionais da saúde recomendam o consumo de colágeno hidrolisado. A explicação mais usual para o consumo do colágeno é que ao consumi-lo nós aumentamos a sua produção. Qual a sua opinião sobre o consumo de colágeno? Ao consumir esta proteína estamos aumentando a sua produção realmente?

Como vimos anteriormente, o tecido conjuntivo pode ser classificado em três tipos, e nesta seção focaremos no tecido conjuntivo propriamente dito.

As células do tecido conjuntivo propriamente dito são as células mesenquimais, fibroblastos, macrófagos, mastócitos e células adiposas. Estas células são denominadas de população de células residentes, pois são relativamente estáveis e têm pouca mobilidade. Além destas células temos a população de células transitórias, que são, principalmente, células do sangue que acabam migrando para o tecido conjuntivo devido a diferentes estímulos.



Assimile

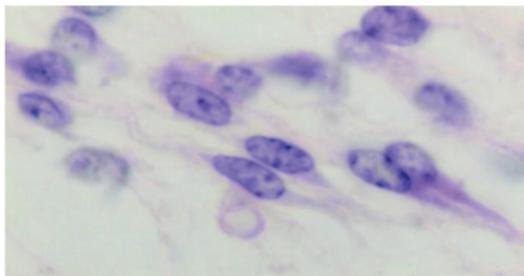
População de células residentes:

- Célula mesenquimal: o tecido que dá origem ao tecido conjuntivo é o mesênquima (tecido derivado da mesoderme), e após a diferenciação as células do mesênquima ficam restritas a alguns locais e são células multipotentes. Têm grande importância no processo de cicatrização.

- Fibroblastos são as células responsáveis pela produção do colágeno, fibras elásticas reticulares e pelos carboidratos da substância fundamental. São as células que estão presentes em maior quantidade no tecido conjuntivo e, normalmente, estão localizadas próximas às fibras colágenas.
- Macrófagos, também chamados de histiócitos teciduais, são derivados dos monócitos (células do sangue). Os macrófagos são responsáveis pela atividade fagocítica (defesa e limpeza do tecido) e pelas reações das respostas imunes.
- Mastócitos: são células que estão dispersas pelo corpo e estão próximas de capilares sanguíneos. São derivadas de células da medula óssea. Participam da defesa do organismo.
- Adipócitos são derivadas das células mesenquimais, altamente diferenciadas e que não sofrem mitose celular, armazenam gordura e são responsáveis pela produção de um grande número de hormônios.

A figura a seguir apresenta os fibroblastos. Note que estas células são alongadas e com um núcleo grande.

Figura 2.3 | Fibroblasto corado com hematoxilina e eosina



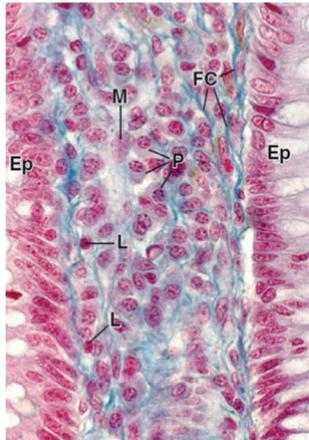
Fonte: Montanari (2013. p. 38).

O tecido conjuntivo propriamente dito pode ser dividido em tecido conjuntivo frouxo e tecido conjuntivo denso, e este último ainda pode ser classificado em tecido conjuntivo denso modelado e tecido conjuntivo denso não modelado.

O tecido conjuntivo frouxo está localizado principalmente abaixo dos tecidos epiteliais e se caracteriza por um grande número de células que estão inseridas na substância fundamental amorfa, presente em grande quantidade, com aparência gelatinosa e as fibras estão dispostas de maneira frouxa. Suporta estruturas normalmente sujeitas à pressão e a atritos pequenos.

A figura apresenta uma micrografia com o tecido conjuntivo frouxo presente no cólon de um macaco. A coloração utilizada foi a tricrômico de Mallory.

Figura 2.4 | Tecido conjuntivo frouxo



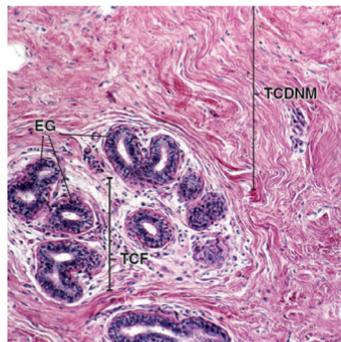
Legenda: EP= células epiteliais, FC=fibras colágenas, L=linfócitos, P=plasmócitos. M=macrófagos. O tecido conjuntivo frouxo está localizado no centro da figura.

Fonte: Ross (2016, p. 320).

O tecido conjuntivo denso não modelado possui poucas células, sendo a principal o fibroblasto. Possui principalmente fibras colágenas, que não estão dispostas de forma ordenada, possuem pouca substância fundamental e acaba conferindo ao tecido uma certa resistência.

A Figura 2.5 mostra o tecido conjuntivo denso não modelado de glândula mamária humana, com coloração de hematoxilina e eosina. Na figura também está presente o tecido conjuntivo frouxo que está em volta do epitélio glandular.

Figura 2.5 | Micrografia de glândula mamária



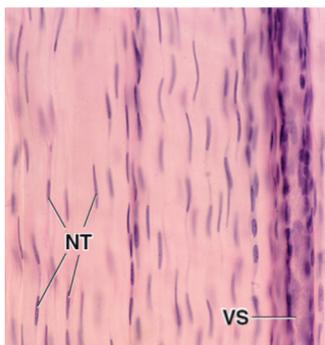
Legenda. TCDNM= tecido conjuntivo denso não modelado, EP= epitélio glandular, TCF=tecido conjuntivo frouxo.

Fonte: Ross (2016, p. 320).

O tecido conjuntivo denso modelado possui pouca matriz extracelular não fibrilar (substância fundamental), possui fibras colágenas que estão dispostas em séries paralelas de forma ordenada e acabam fornecendo grande capacidade de resistir a tensões. Este tipo de tecido conjuntivo está presente nos tendões e ligamentos.

A Figura 2.6 mostra uma micrografia de corte longitudinal de um tendão humano, com coloração de hematoxilina e eosina.

Figura 2.6 | Micrografia de tendão humano



Legenda: VS= vaso sanguíneo, NT=núcleo do tendinócito (fibroblasto especializado localizado nos tendões)
Fonte: Ross (2016, p. 322).



Saiba mais

Para mais informações a respeito das especializações das células epiteliais e do epitélio glandular consulte o Capítulo 6 *Tecido Conjuntivo*, do livro:

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Vamos relembrar a situação inicial da nossa aula?

Durante um dia normal de trabalho no laboratório em que você trabalha, chegou uma amostra de um paciente com suspeita de possuir a Síndrome de Ehlers-Danlos ou cútis elástica, que é uma doença genética rara que afeta o tecido conjuntivo. Nesta síndrome há um defeito na produção de colágeno, que é responsável por fazer com que os tecidos resistem a deformações e, uma deficiência desta proteína faz com que os portadores desta síndrome apresentem uma grande flexibilidade das articulações (mais que o normal), pele fina e elástica com maior chance de formação de hematomas

e cicatrização dificultada. Esta doença não tem cura e o tratamento é feito para se minimizar o risco de complicações, pois a pessoa pode ter articulações instáveis que pode levar a entorses e luxações, maior facilidade de se contundir, problemas de cicatrização, fraqueza, fadiga e doenças cardíacas.

O diagnóstico desta doença é feito pela observação clínica (observação dos principais sintomas), análise do DNA, e também pode-se realizar uma biópsia (retirada de um fragmento de tecido) da pele e observar o padrão da derme (que é formada por tecido conjuntivo).

Após a análise histopatológica, confirmou-se o diagnóstico da síndrome.

Para se definir se há alteração no padrão do tecido conjuntivo, é necessário então conhecer qual o comportamento do tecido conjuntivo em uma pele considerada normal. Usando seus conhecimentos, você conseguiria descrever como o tecido conjuntivo estaria organizado em uma pele normal?

A pele é formada por duas camadas, a epiderme (que é constituída por células epiteliais) e a derme que possui em sua composição tecido conjuntivo frouxo e tecido conjuntivo denso não modelado.

Pessoas portadoras da Síndrome de Ehlers-Danlos apresentam a derme com fibras colágenas desorganizadas e as fibras elásticas têm tamanho e orientação irregular, fazendo com que o tecido conjuntivo tenha arranjo. Em indivíduos normais, a produção de colágeno não possui alterações e o tecido conjuntivo frouxo apresenta fibras colágenas formando uma delicada rede. Além das fibras colágenas, as fibras elásticas têm formato filiforme e formam uma rede irregular. No tecido conjuntivo denso não modelado, há a formação de feixes espessos e irregulares de colágeno e fibras elásticas mais espessas que as do tecido conjuntivo frouxo e, tanto o colágeno como as fibras elásticas estão orientadas de modo a formar linhas regulares de tensão na pele.

Faça valer a pena

1. O tecido conjuntivo é um tecido que apresenta diversas funções, sendo algumas destas funções a de preenchimento, amortecimento de impactos, cicatrização, transporte de gases e nutrientes, sustentação, reserva energética e defesa do organismo.

O tecido conjuntivo é formado por diferentes células e qual outra substância?

- a) Matriz extracelular.
- b) Conjuntiva.
- c) Líquido amniótico.
- d) Fibroblasto.
- e) Linfa.

2. O tecido conjuntivo abrange uma grande variedade de tecidos que possuem funções diferentes, no entanto, possuem algumas características em comum que permitem agrupar estes tecidos em alguns subtipos, sendo que um destes subtipos é o tecido conjuntivo propriamente dito.

O tecido conjuntivo propriamente dito pode ser dividido em:

- a) Tecido conjuntivo especializado e tecido conjuntivo mole.
- b) Tecido conjuntivo cartilaginoso e tecido conjuntivo firme.
- c) Tecido conjuntivo frouxo e tecido conjuntivo denso.
- d) Tecido conjuntivo embrionário e tecido conjuntivo denso.
- e) Tecido conjuntivo extracelular e tecido conjuntivo frouxo.

3. O tecido conjuntivo propriamente dito é composto pela matriz extracelular e por diferentes tipos celulares, sendo que as células podem ser classificadas em população de células residentes (são relativamente estáveis e têm pouca mobilidade) e população de células transitórias (migram de acordo com estímulos variados).

Dentre as células da população residente, qual é considerada a principal do tecido conjuntivo?

- a) Adipócito.
- b) Fibroblasto.
- c) Macrófago.
- d) Linfócito.
- e) Eosinófilo.

Tecido conjuntivo especializado e de suporte

Diálogo aberto

Olá, aluno!

Na seção anterior nós aprendemos sobre o tecido conjuntivo e suas classificações. Vimos com mais detalhes o tecido conjuntivo propriamente dito que se divide em tecido conjuntivo frouxo e tecido conjuntivo denso. Continuaremos nossos estudos com o tecido conjuntivo especializado e de suporte.

Imagine que o laboratório em que você trabalha foi convidado para ministrar um curso teórico-prático sobre Histologia para alunos de graduação do curso de Ciências Biológicas durante uma semana de estudos. Você ficou encarregado de apresentar a parte prática onde serão mostradas diversas lâminas histológicas dos diferentes tecidos. Você pediu para um estagiário separar lâminas de diversos tecidos e, próximo à data do curso você foi checar o material que seria levado para a semana de estudos. Todos os materiais estavam separados corretamente, no entanto, ao checar o laminário você notou que as lâminas que correspondiam ao tecido conjuntivo especializado e de suporte, mais especificamente o tecido adiposo, tecido cartilaginoso e tecido ósseo, estavam sem identificação, e deste modo você deveria observar cada uma das lâminas para poder separar e identificar cada uma delas através das características de cada tecido. Com base nos seus conhecimentos, como cada tipo de tecido conjuntivo especializado e de suporte estaria organizado?

Para resolver esta situação você deverá saber as características e organização dos diferentes tipos de tecido conjuntivo especializado e de suporte. Ao final desta aula você deverá ter todo o conhecimento necessário para responder com facilidade a situação-problema desta seção.

Vamos começar então?

Não pode faltar

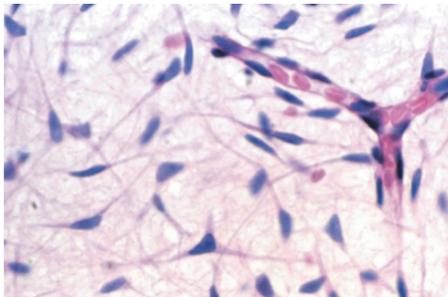
Vimos na seção anterior que o tecido conjuntivo pode ser classificado em: tecido conjuntivo embrionário, tecido conjuntivo propriamente dito e tecido conjuntivo especializado. Vimos também na seção anterior o tecido conjuntivo propriamente dito.

Nesta seção continuaremos nossos estudos do tecido conjuntivo, abordando o tecido conjuntivo embrionário e o tecido conjuntivo especializado.

Tecido conjuntivo embrionário

O tecido conjuntivo embrionário é dividido em mesênquima (encontrado no embrião) e tecido conjuntivo mucoso (que é característico do cordão umbilical). O tecido conjuntivo mucoso (Figura 2.7) apresenta matriz especializada semelhante a uma gelatina, existem poucas fibras colágenas reticulares e elásticas.

Figura 2.7 | Tecido conjuntivo mucoso corado com hematoxilina e eosina (HE)



Fonte: Ross (2016, p. 271).

Tecido conjuntivo especializado

O tecido conjuntivo especializado é dividido em tecido adiposo, tecido elástico, tecido reticular, tecido cartilaginoso, tecido ósseo e tecido hematopoiético.

Tecido adiposo

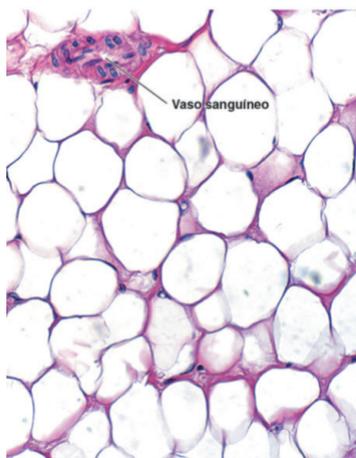
O tecido adiposo é composto por células adiposas (adipócitos) e pela matriz extracelular. As células adiposas se originam das células mesenquimais durante o período fetal e depois que se diferenciam não se dividem mais (em indivíduos adultos, em situações excepcionais, as células adiposas podem se originar dos fibroblastos).

É considerado o maior depósito de energia do corpo, além disso tem outras funções como isolamento térmico, absorção de choque em alguns locais, tem atividade secretora, preenche espaços entre outros tecidos e ajuda a manter os órgãos nos locais apropriados. Em animais que hibernam, como os ursos, serve para manter o corpo do animal aquecido durante o período de hibernação, além disso animais que vivem em ambientes muito frios usam o tecido adiposo como uma forma de se manter aquecidos em temperaturas baixas.

Você sabia que o tecido adiposo pode ser dividido em dois tipos, o tecido adiposo unilocular (ou branco ou amarelo) e o tecido adiposo multilocular (ou marrom ou pardo)?

O tecido adiposo branco possui células grandes, que, quando isoladas são esféricas, mas quando estão em conjunto se tornam poliédricas por causa da compressão entre as células. As suas células possuem uma única gotícula de lipídeo no seu interior (por isso o nome unilocular), uma borda fina de citoplasma e núcleo achatado na periferia da célula. Está presente em todos os mamíferos e em alguns outros grupos animais. A localização deste tecido varia entre as espécies e, de maneira geral, para invertebrados, anfíbios e a maioria dos répteis o tecido adiposo se localiza na região intra-abdominal. Aves e mamíferos concentram o tecido adiposo na região intra-abdominal e na região abaixo da pele (subcutânea), em mamíferos que vivem em regiões frias, como baleias e focas o tecido adiposo se concentra principalmente na região subcutânea formando uma camada espessa, que funciona como isolante térmico. Em humanos são encontrados em maior concentração sob a pele do abdome, nádegas, axilas e coxas, omento maior, mesentério, espaço retroperitoneal, pericárdio visceral, órbitas, cavidade da medula óssea. Possui poucas mitocôndrias, pouca inervação e vascularização. Possui como função evitar a perda de calor excessivo (isolante térmico), absorção de impactos e preenchimento dos espaços entre os tecidos e órgãos, auxiliando, desta forma, na manutenção destas estruturas em suas posições adequadas.

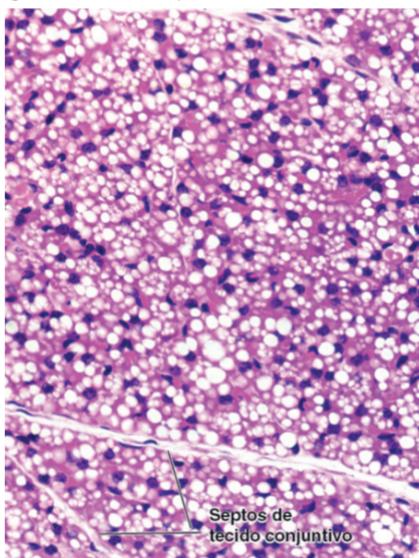
Figura 2.8 | Fotomicrografia de tecido adiposo branco corado com hematoxilina e eosina



Fonte: Ross (2016, p. 424).

O tecido adiposo marrom possui células menores, o citoplasma possui várias gotículas de lipídeos (por isso o nome multilocular), o núcleo está localizado na periferia, mas não é achatado. Ele está presente em grandes quantidades em animais que hibernam, fetos e recém-nascidos e em adultos fica restrito a algumas partes. Possui muitas mitocôndrias, é altamente innervado e vascularizado e tem como função a produção de calor.

Figura 2.9 | Fotomicrografia do tecido adiposo marrom corado com hematoxilina e eosina



Fonte: Ross (2016, p. 431).



Exemplificando

A obesidade ocorre quando, por diversos fatores, há um acúmulo de lipídeos nas células adiposas ou então uma alta proliferação das células adiposas no início da vida do indivíduo ou no início da puberdade.

Tecido elástico

O tecido elástico é formado por feixes espessos e paralelos de fibras elásticas (que são secretadas pelos fibroblastos), tem como função fornecer elasticidade aos ligamentos (ligamentos da coluna vertebral, da nuca na região posterior do pescoço, ligamento superior do pênis) e artérias de grande calibre, como a aorta.

Tecido reticular

Tecido reticular ou tecido linfoide é um tecido delicado que forma uma rede tridimensional. É formado por uma grande quantidade de fibras reticulares associadas com fibroblastos especializados (chamados de células reticulares) e por células de defesa, como os macrófagos e linfócitos. O tecido reticular forma uma estrutura semelhante a uma esponja, que faz com que o movimento das células seja livre.

Tecido cartilaginoso

Tecido cartilaginoso é formado por células (condroblastos e condrócitos) e matriz celular abundante. Os condrócitos ficam dentro de lacunas que são circundadas pela matriz. A matriz é sólida e firme, mas é, ao mesmo tempo, ligeiramente flexível. Serve de suporte para os tecidos moles, reveste superfícies articulares, absorvendo choques, e facilita o deslizamento dos ossos nas articulações. Este tecido não é vascularizado, innervado e tampouco possui vasos linfáticos.



Assimile

Condroblastos: células alongadas com pequenas projeções, núcleo grande, retículo endoplasmático rugoso desenvolvido (esta organela está envolvida na produção de proteínas), contém vacúolos e são responsáveis pela produção das fibras colágenas da matriz.

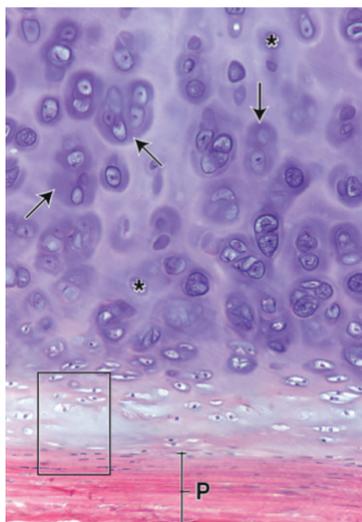
Condrócitos: são células já diferenciadas, são mais arredondadas e com atividade de produção das fibras colágenas bem reduzida.

Existem três tipos distintos de cartilagem, de acordo com a sua aparência e as suas propriedades mecânicas: a cartilagem hialina, cartilagem elástica e cartilagem fibrosa.

A cartilagem hialina é o tipo mais frequente e possui colágeno, glicoproteínas adesivas e proteoglicanas. É geralmente envolvida por uma estrutura denominada pericôndrio (camada de tecido conjuntivo que nutre e oxigena os condroblastos e condrócitos e envolve a cartilagem), somente as cartilagens articulares não apresentam pericôndrio, é firme e flexível. Além disso tem grande resistência ao desgaste. Está presente no tecido esquelético fetal, nos discos epifisários, parede das fossas nasais, traqueia e brônquios, extremidade ventral das costelas e articulações com grande mobilidade.

A cartilagem hialina é capaz de suportar níveis altos e repetitivos de estresse, mas caso ocorra uma lesão, o processo de cicatrização é extremamente difícil, já que a cartilagem não possui vasos sanguíneos, os condrócitos são imóveis e com capacidade limitada de proliferação.

Figura 2.10 | Cartilagem hialina de traqueia humana corada com hematoxilina e eosina

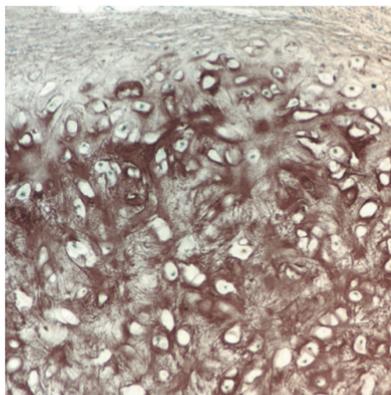


Legenda: P=pericôndrio, setas=cápsulas com condrócitos, *=matriz com coloração mais intensa, retângulo apresenta o local em que a matriz ainda não está madura e onde ficam os condroblastos.

Fonte: Ross (2016, p. 349).

A cartilagem elástica possui, além das fibras de colágeno, fibras elásticas. Possui mais condrócitos que a cartilagem hialina e também possui pericôndrio. Encontrada na orelha externa, paredes do meato acústico externo, tuba auditiva, epiglote da laringe. A Figura 2.11 apresenta uma fotomicrografia de epiglote corada com orceína para destacar as fibras elásticas, coradas em marrom. O pericôndrio está localizado na parte de cima da fotomicrografia.

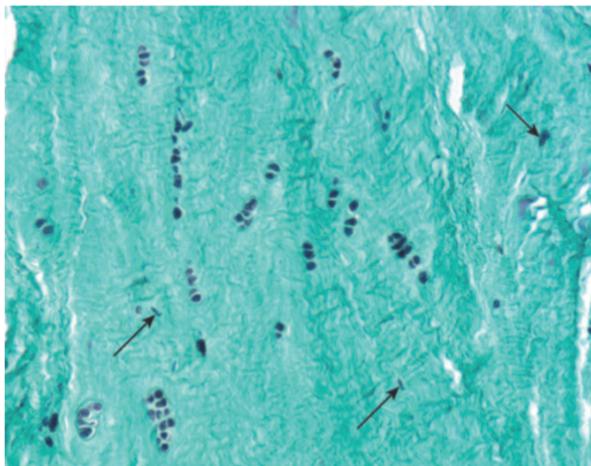
Figura 2.11 | Cartilagem elástica da epiglote



Fonte: Ross (2016, p. 339).

A cartilagem fibrosa ou fibrocartilagem é um tecido com características intermediárias entre o tecido conjuntivo denso modelado e a cartilagem hialina. Os condrócitos são encontrados, frequentemente, em fileiras alongadas, e possuem morfologia semelhante aos da cartilagem hialina mas possuem uma quantidade menor de matriz extracelular. Fibroblastos também estão presentes neste tipo de cartilagem e não há pericôndrio. Encontrada nos discos intervertebrais, sínfise púbica, discos articulares, meniscos, articulação do punho e inserção de tendões.

Figura 2.12| Fibrocartilagem de disco intervertebral com coloração tricrômica de Gomori



Legenda: fibras colágenas coradas em verde. Setas=fibroblastos.
Fonte: Ross (2016, p. 340).

Tecido ósseo

O tecido ósseo é formado por diversas células (osteoprogenitoras, osteócitos, osteoclastos e osteoblastos) e por uma matriz óssea calcificada (a matriz óssea). Tem como funções dar suporte aos tecidos moles, proteger os órgãos, alojar e proteger a medula óssea, servir de apoio para os músculos, além disso funciona como depósito de cálcio, fosfato e outros íons e ainda absorve toxinas e metais pesados.



Assimile

- Células osteoprogenitoras: são as células que darão origem às outras células ósseas, são derivadas das células mesenquimais (do tecido conjuntivo embrionário), se encontram nas superfícies externa e interna dos ossos, têm formato fusiforme e são capazes de se dividir.

- Osteoblastos: produzem colágeno e outras proteínas da matriz óssea, retém a capacidade de se dividir, responsável pela calcificação da matriz óssea. Quando ativos possuem formato cuboide, quando em repouso têm formato alongado e se agregam em uma camada única de células localizadas sobre o osso em formação.
- Osteócito: é a célula óssea madura que está envolta na matriz óssea. Quando esta matriz se mineraliza, os osteócitos ficam ocupando um espaço ou uma lacuna que se adapta ao formato da célula. São eles que mantêm a matriz óssea, são capazes de perceber o estresse mecânico e são responsáveis pela homeostase de cálcio e fosfato.
- Osteoclastos: células móveis, grandes e multinucleadas, estão localizados nos locais de reabsorção óssea.
- Matriz óssea: possui uma parte orgânica, o osteoide (que é formado por fibras colágenas e elásticas e outras proteínas) e por uma parte inorgânica (formada por diversos íons como o fosfato e o cálcio).

As superfícies interna e externa dos ossos são recobertas por células do tecido ósseo e do tecido conjuntivo, formando o endóstio (interno) e perióstio (externo).

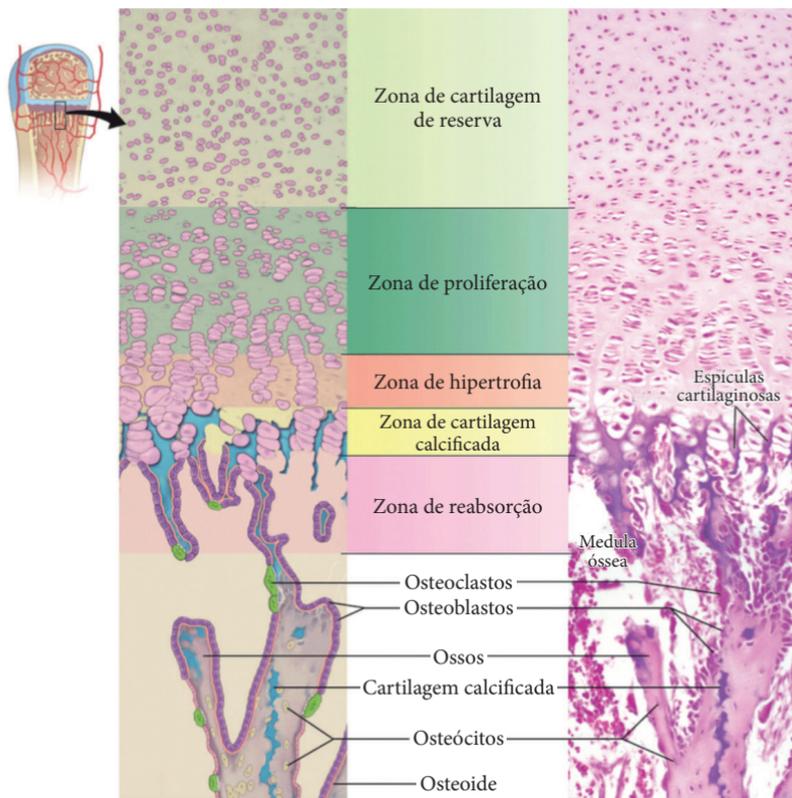
O tecido ósseo pode ser classificado de acordo com a sua constituição em primário, ou imaturo, e secundário, ou maduro.

Em cada osso, o primeiro tecido a aparecer é o tecido ósseo primário, que pouco a pouco é substituído pelo tecido ósseo secundário. O tecido ósseo primário apresenta fibras colágenas dispostas sem organização definida e ainda não está muito mineralizada e tem maior quantidade de osteócitos que o tecido secundário. O tecido ósseo secundário é o tipo ósseo encontrado nos adultos, é mais calcificado e as fibras colágenas estão dispostas paralelamente em lâminas (as lamelas) que ficam dispostas de maneira concêntrica em torno de canais com vasos sanguíneos e formam o sistema de Havers ou ósteons.

Pode ainda ser classificado segundo o seu aspecto esponjoso (ou trabecular) e denso (ou compacto). O osso compacto ou denso, quando observado a olho nu, tem aparência sólida, sem cavidades visíveis, já o osso esponjoso apresenta muitas cavidades intercomunicantes.

Uma outra classificação leva em conta o formato e a localização do osso esponjoso e denso, sendo então classificados em ossos longos, curtos, planos e irregulares.

Figura 2.13 | Corte longitudinal de osso



Fonte: Ross (2016, p. 389).



Refleta

Alguns fatores contribuem para a manutenção do tecido ósseo, dentre estes fatores temos a vitamina D que é uma substância que auxilia na absorção do cálcio e sua deposição nos ossos. A vitamina D pode ser obtida através dos alimentos e por meio da exposição ao sol, sendo que esta via é responsável pela maior porcentagem de obtenção da vitamina. No entanto, cada vez mais é recomendado o uso de filtro solar para evitar os efeitos nocivos do sol à pele e, alguns estudos afirmam que este uso acaba diminuindo a quantidade de vitamina D em nosso organismo. Diante desta situação, na sua opinião, o que seria melhor: se expor ao sol para manter a saúde dos ossos e assumir os riscos dos efeitos nocivos do sol ou se proteger dos efeitos do sol e ter a quantidade de vitamina D diminuída? Será que haveria uma alternativa mais segura, sem que tenhamos que abrir mão de um benefício em detrimento de outro?



Saiba mais

Para mais informações a respeito do tecido adiposo, consulte o Capítulo 9 *Tecido Adiposo* do livro:

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabra Koogan, 2016.

Para mais informações a respeito do tecido cartilaginoso, consulte o Capítulo 7 *Cartilagem* do livro:

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. Ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabra Koogan, 2016.

Para mais informações a respeito do tecido ósseo, consulte o Capítulo 8 *Osso* do livro:

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabra Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Na situação apresentada anteriormente, você ficou responsável por apresentar a parte prática de um minicurso. O tema do minicurso é Histologia, e para a parte prática, você pediu para que separassem diversas lâminas histológicas de diferentes tecidos para apresentar e mostrar aos alunos como cada tecido é diferente e como estão organizados. Próximo à data do minicurso você foi checar se o material estava separado corretamente e ao olhar as lâminas viu que as lâminas do tecido adiposo, do tecido cartilaginoso e do tecido ósseo não estavam devidamente identificados, e deste modo você deveria identificar estes tecidos somente olhando as lâminas e visualizando as estruturas dos tecidos.

Para diferenciar o tecido adiposo, mais especificamente o tecido adiposo unilocular você deverá observar que as células adiposas, os adipócitos, são células grandes e o local que seria ocupado pela única gotícula de lipídeo aparece vazio na lâmina (uma vez que durante a preparação das lâminas pela rotina histológica acaba retirando todo os lipídeos das células) e o citoplasma das células está espremido e se parece como uma fina camada corada.

Para o tecido cartilaginoso, mais especificamente a cartilagem hialina, você deverá observar a presença do pericôndrio, de uma região com condroblastos (células mais alongadas e com pequenas projeções e com núcleo grande) próximo ao pericôndrio, uma região com condrócitos (células mais arredondadas que os condroblastos) e normalmente aglomeradas em pequenos grupos e localizados dentro das lacunas. Além disso, deve-se observar a presença da matriz extracelular bastante corada.

Para o tecido ósseo, você deverá observar a presença de tecido cartilaginoso em uma das extremidades com bastante condrócitos, seguidos de uma

área com a presença das células do tecido ósseo (osteoblasto, osteoclasto e osteócito), além disso deverá observar a presença da matriz óssea (que é calcificada) e também regiões com presença de osteoide (que é a matriz óssea que ainda não foi mineralizada).

Faça valer a pena

1. O tecido conjuntivo origina-se do folheto germinativo intermediário dos folhetos embrionários, que é denominado mesoderme. Ele é caracterizado por ter diversos tipos celulares que estão dispersos em uma matriz extracelular e pode ser dividido em três tipos

Qual alternativa apresenta os três tipos de tecido conjuntivo?

- a) Tecido conjuntivo propriamente dito, tecido embrionário, tecido muscular.
- b) Tecido conjuntivo denso, tecido adiposo, tecido esquelético.
- c) Tecido cardíaco, tecido conjuntivo especializado, tecido embrionário.
- d) Tecido conjuntivo propriamente dito, tecido embrionário e tecido conjuntivo especializado.
- e) Tecido conjuntivo frouxo, tecido conjuntivo denso modelado e tecido conjuntivo denso não modelado.

2. O tecido conjuntivo especializado é dividido em tecido adiposo, tecido elástico, tecido reticular, tecido cartilaginoso, tecido ósseo e tecido hematopoietico. O tecido adiposo é formado pelas células adiposas (adipócitos) e matriz extracelular.

Qual das alternativas a seguir apresenta uma função do tecido adiposo?

- a) Formação de células de defesa.
- b) Atividade secretora.
- c) Fornecer elasticidade.
- d) Cicatrização.
- e) Apoio do tecido muscular.

3. O tecido ósseo possui como função sustentar o corpo; servir de apoio para os músculos, possibilitando os movimentos corporais; proteção de órgãos; alojar e proteger a medula óssea; armazenar íons como o cálcio e fosfato, além de absorver toxinas e metais pesados.

O tecido ósseo é formado por diversos tipos celulares. Quais os tipos celulares que apresentam capacidade de se dividir?

- a) Células osteoprogenitoras e osteoblastos.
- b) Osteócitos e células progenitoras.
- c) Osteoclastos e células progenitoras.
- d) Osteoclastos e osteócitos.
- e) Osteoblastos e osteócitos.

Referências

- ABRAHAMSOHN, P. **Histologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2016.
- GARTNER, L. P. **Atlas colorido de histologia**. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2016.
- GLEREAN, A. **Fundamentos de histologia para estudantes da área da saúde**. Santos: Livraria Santos Editora LTDA, 2013.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2013.
- MONTANARI, T. **Histologia: texto, atlas e roteiro de aulas práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Editora do autor, 2013.
- ROSS, M.C. **Histologia: texto e atlas**. 7. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2016.

Unidade 3

Tecidos muscular, nervoso e sistema circulatório

Convite ao estudo

Nesta unidade aprenderemos como o tecido muscular, o tecido nervoso e o sistema circulatório estão organizados e quais estruturas os compõem.

Para a situação-problema desta seção, imagine que, após se formar, você conseguiu um emprego em uma empresa especializada na preparação de lâminas didáticas, ou seja, lâminas que são produzidas e vendidas para uso em aulas de cursos de graduação e pós-graduação das áreas Biológicas e de Saúde. As lâminas produzidas são destinadas a diversas disciplinas, como Citologia, Embriologia, Microbiologia e Histologia. Além do preparo das lâminas didáticas, a empresa em que você trabalha também oferece assessoria científica na área de Histologia, e são dadas orientações sobre o modo de preparo, interpretação das lâminas e a melhor forma de fotodocumentar as amostras.

Esta empresa é capaz de preparar lâminas de diferentes tecidos e órgãos, como do tecido muscular, do tecido nervoso e do sistema circulatório. Em relação ao tecido muscular, é possível fazer lâminas dos diferentes tipos de músculo (esquelético, cardíaco e liso) em diferentes cortes (longitudinal e transversal).

Para o tecido nervoso é possível confeccionar lâminas com tecido nervoso saudável e de portadores de alguma doença – como a esclerose múltipla –, para então poder comparar o que ocorre no tecido com alteração.

A comparação de um tecido saudável com o portador de alguma anomalia também pode ser feita para o sistema circulatório em que, sabendo a estrutura do tecido normal, pode-se saber o que está errado no tecido doente.

Ao final desta unidade você deverá ser capaz de saber caracterizar o tecido muscular, o tecido nervoso e o sistema circulatório.

Tecido muscular

Diálogo aberto

Olá, caro aluno.

Na unidade anterior iniciamos nossos estudos de Histologia, e nesta seção daremos continuidade a esta área interessantíssima da Biologia, através do estudo do tecido muscular.

Nesta seção temos o seguinte cenário: você acabou de se formar no curso de Ciências Biológicas e conseguiu um emprego em uma empresa que produz lâminas didáticas para diversas instituições de ensino. Estas lâminas são feitas para serem utilizadas em diversas disciplinas, como Citologia, Embriologia, Microbiologia e Histologia, e para isso utiliza diversos materiais. Para a disciplina de Histologia diversos tecidos são utilizados para se confeccionar as lâminas de acordo com o pedido do cliente.

Além do preparo das lâminas didáticas, a empresa oferece outros serviços, como assessoria científica, e, especificamente na área de Histologia, são oferecidas orientações ao cliente sobre qual o melhor modo de preparo, como fazer a adequada interpretação das lâminas e a melhor forma de fotodocumentar as amostras.

Um cliente solicitou assessoria científica a respeito de um material que foi produzido pelo laboratório do cliente. Nesta lâmina, que é derivada de tecido muscular esquelético, o cliente está dizendo que não consegue observar as fibras musculares, características do tecido muscular esquelético; em vez disso, ele observa na lâmina estruturas de formato poligonal com o núcleo localizado na margem destas mesmas estruturas. O cliente pergunta o que poderia estar ocorrendo e o que havia de errado na lâmina. Você saberia informar ao cliente o que pode estar ocorrendo?

Para poder resolver esta situação você deverá saber como o tecido muscular está organizado.

Vamos começar?

Vimos na unidade anterior a histologia dos tecidos epitelial e conjuntivo, e nesta unidade continuaremos o estudo dos tecidos, iniciando pelo estudo do tecido muscular.

Graças ao tecido muscular podemos nos movimentar, e é graças também a este tecido que os órgãos internos podem mudar de tamanho e de forma. Ele é formado por células alongadas e especializadas – as células musculares, por serem alongadas, também são chamadas de fibras musculares –, que estão dispostas paralelamente e têm como principal função a contração. Além das células musculares, o tecido muscular é formado por matriz extracelular.

Quando pensamos em músculos, evocamos apenas os músculos esqueléticos (como o bíceps e o tríceps), mas, dependendo das suas características funcionais e morfológicas, podemos distinguir três tipos musculares: o músculo estriado esquelético, o músculo estriado cardíaco e o músculo liso.



Assimile

Diversos componentes das células musculares têm nomes especiais:

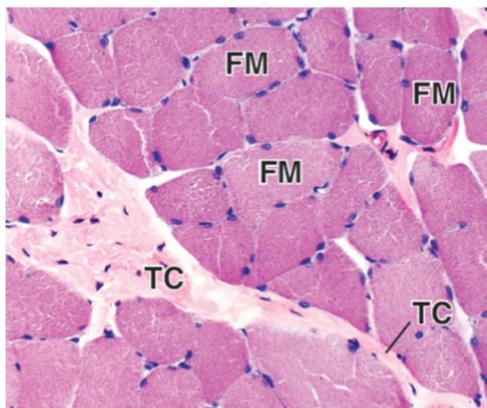
- Sarcolema: membrana celular da célula muscular.
- Sarcoplasma: citossol (líquido que preenche o interior do citoplasma) da célula muscular.
- Retículo sarcoplasmático: retículo endoplasmático (organela celular) da célula muscular, especializado no armazenamento de íons cálcio (este íon está relacionado à contração muscular).

Músculo estriado esquelético

Este tipo de músculo é formado por feixes de células longas, cilíndricas, com vários núcleos e muitos filamentos, chamados de miofibrilas. Estas fibras musculares se originam da união de diversas células alongadas (os mioblastos) e os núcleos estão localizados na periferia das fibras (esta característica ajuda na diferenciação do músculo estriado esquelético e do músculo cardíaco, que têm os núcleos no centro).

Quando observadas em um corte transversal, as fibras são observadas com formato poligonal com os núcleos localizados na periferia do arranjo poligonal (Figura 3.1), quando em corte longitudinal observamos os feixes com as fibras musculares (Figura 3.2).

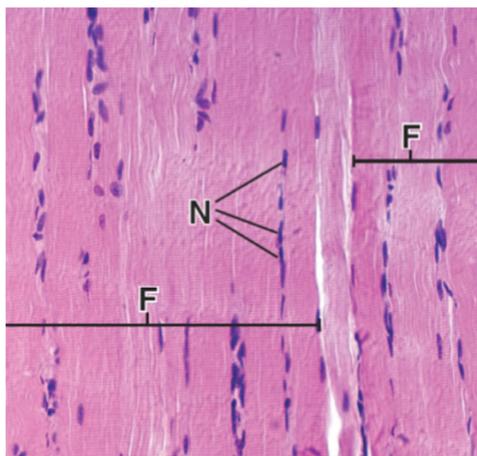
Figura 3.1 | Tecido muscular esquelético em corte transversal



Legenda: FM: fibra muscular; TC: tecido conjuntivo.

Fonte: Ross (2016, p. 550).

Figura 3.2 | Tecido muscular esquelético em corte longitudinal

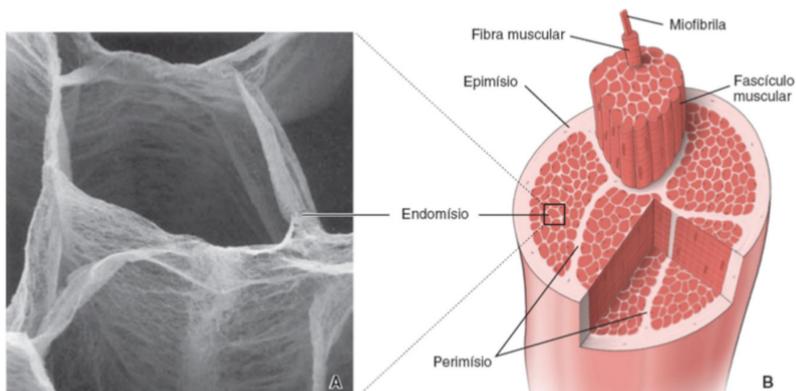


Legenda: F: fascículo muscular (conjunto de fibras musculares); N: núcleo das fibras musculares.

Fonte: Ross (2016, p. 550).

As fibras musculares estão organizadas em feixes, e o conjunto de feixes está envolvido por tecido conjuntivo (que é chamado de epimísio). Do epimísio partem ramificações que envolvem os feixes (perimísio) e cada fibra muscular é envolvida individualmente também por tecido conjuntivo, chamado de endomísio. Além disso, cada fibra muscular é formada por subunidades chamadas de miofibrilas. A Figura 3.3 apresenta como o músculo estriado esquelético está organizado.

Figura 3.3 | Organização geral do músculo estriado esquelético



Legenda: em A temos uma micrografia de tecido conjuntivo intramuscular, do qual só se observa o tecido conjuntivo. Em B, temos uma representação esquemática da organização do músculo e de como o tecido conjuntivo está envolvendo o tecido muscular.

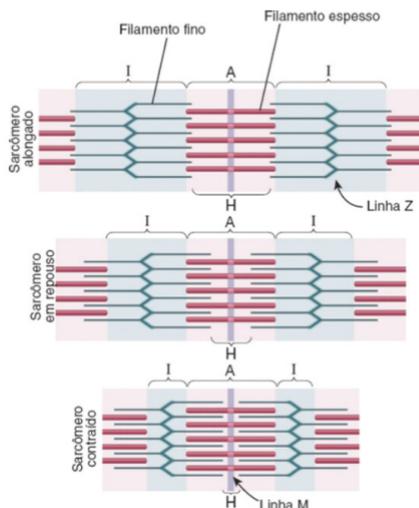
Fonte: Ross (2016, p. 503).

O tecido conjuntivo é extremamente importante para o tecido muscular, pois ele é o responsável por manter as fibras musculares unidas, isso faz com que a contração feita por cada fibra atue sobre o músculo inteiro. É por meio do tecido conjuntivo que os vasos sanguíneos, os vasos linfáticos e os nervos conseguem penetrar no tecido muscular.

Quando você observar as fibras musculares no microscópio notará que elas apresentam estriações transversais. Isso acontece porque há uma alternância de faixas claras (que é chamada de banda I) e de faixas escuras (que é chamada de banda A) e no centro de cada faixa clara (banda I) existe uma linha transversal escura que é chamada de linha Z.

Esta estriação ocorre devido à repetição, nas miofibrilas, de unidades iguais. Estas unidades, que são as unidades contráteis básicas do músculo estriado, são chamadas de sarcômeros, e apresentam filamentos finos constituídos pela proteína actina e por filamentos grossos formados pela proteína miosina. A Figura 3.4 mostra uma representação esquemática de um sarcômero.

Figura 3.4 | Sarcômero em diferentes estágios funcionais (desde alongado até contraído)



Fonte: Ross (2016, p. 508).

Pela observação da figura observa-se que quando ocorre a contração muscular há um deslizamento dos filamentos finos de actina sobre os filamentos grossos de miosina, diminuindo o tamanho do sarcômero.



Refleta

Existe um grupo de doenças relacionadas ao tecido muscular que são reunidas dentro de um grupo denominado distrofia muscular. Este grupo de doenças acontece devido a um defeito genético que acaba causando degeneração muscular. Não há cura, é progressiva e acontece com maior frequência em meninos. Existem alguns exames genéticos que detectam a presença desta doença nos embriões. Você acha que se o teste der positivo para a distrofia muscular, os pais poderiam ter direito ao aborto?

O músculo estriado esquelético tem contração voluntária (ou seja, que ocorre dependendo da vontade da pessoa), e esta contração é rápida.

Os núcleos das células musculares não podem se dividir, mas o músculo esquelético tem um certo potencial de reconstrução devido à existência das células satélites no músculo esquelético. Estas células são capazes de se dividir e, posteriormente, podem se unir e originar as células musculares.



Exemplificando

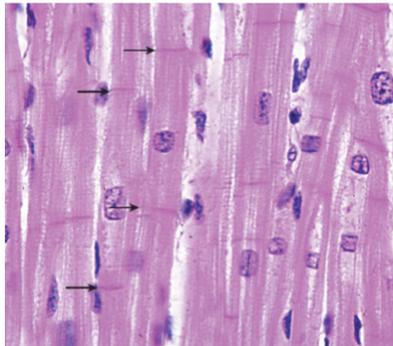
Esta reconstrução das células musculares ocorre, por exemplo, quando se faz exercício físico como a musculação. Nesta atividade há o rompimento de algumas fibras musculares e devido à ação das células satélites há a reconstrução do tecido, com consequente hipertrofia (desenvolvimento ou crescimento excessivo) muscular.

Músculo cardíaco

O músculo cardíaco é formado por células alongadas e ramificadas e, ao contrário das fibras do músculo esquelético, apresentam um ou dois núcleos que estão localizados centralmente. Também apresentam estriações transversais e são envoltas por tecido conjuntivo semelhante ao endomísio do músculo esquelético.

Esse músculo apresenta uma característica exclusiva que é a presença de linhas transversais, coradas intensamente nas preparações histológicas. Chamadas de discos intercalares, nada mais são do que complexos juncionais (pontos de fixação entre células vizinhas). A Figura 3.5 apresenta uma micrografia do músculo cardíaco em corte transversal. Note a posição central do núcleo e os discos intercalares apontados pelas setas.

Figura 3.5 | Músculo cardíaco em corte transversal



Fonte: Ross (2016, p. 530).

O músculo cardíaco apresenta uma grande quantidade de mitocôndrias, uma vez que tem um metabolismo aeróbico bastante elevado. A contração do músculo cardíaco é involuntária (ou seja, independe da vontade do indivíduo).

O músculo cardíaco só é capaz de se regenerar nos primeiros anos de vida do indivíduo, sendo que, com o passar do tempo, as células cardíacas perdem essa capacidade. Caso ocorra uma lesão no músculo cardíaco, elas não poderão ser substituídas, e no lugar das células cardíacas ocorre a proliferação de tecido conjuntivo.



Exemplificando

Quando ocorre infarto agudo do miocárdio, há lesão do músculo cardíaco e várias células cardíacas morrem. No lugar destas células – que não são substituídas por células cardíacas – aparece o tecido conjuntivo fibroso, e é isso que leva a uma alteração no padrão de contração do coração e à insuficiência cardíaca.

Músculo liso

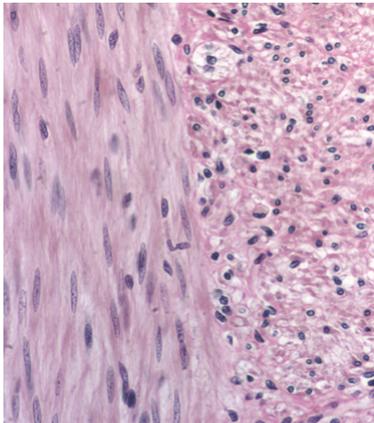
O músculo liso é formado por células alongadas, que têm um único núcleo com formato oval, localizado no centro da célula. Os feixes dos filamentos contráteis estão dispostos de forma irregular, fazendo com que não se observem as estriações típicas do músculo estriado esquelético e cardíaco.

A contração deste tipo muscular é involuntária e acontece de forma lenta, e o músculo pode ficar contraído por períodos longos sem que entre em fadiga. Além disso, a contração pode acontecer como se fosse uma onda, e acaba produzindo os movimentos peristálticos

Este tipo de músculo pode se dividir, e por isso é capaz de regenerar caso seja lesado ou tenha que aumentar de tamanho.

A Figura 3.6 apresenta o músculo liso: o lado esquerdo da figura mostra o músculo liso em corte longitudinal e o lado direito, o músculo em corte transversal.

Figura 3.6 | Músculo liso em corte longitudinal e transversal



Fonte: Ross (2016, p. 536).



Saiba mais

Para mais informações a respeito das especializações das células epiteliais e do epitélio glandular, consulte o capítulo 11, *Tecido Muscular*, do livro que segue.

Ross, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabra Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Você lembra da situação apresentada no início da seção?

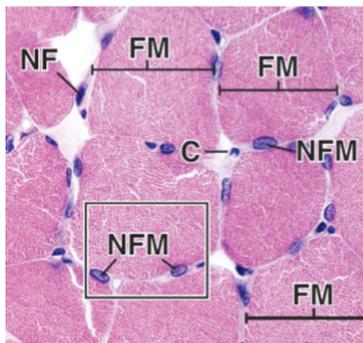
Você trabalha em uma empresa que faz lâminas didáticas para instituições de ensino e, além da fabricação de lâminas com diversos materiais, a empresa também oferece consultoria para os clientes, seja informando a melhor forma de preparar o material e a lâmina, seja tirando dúvidas sobre o que deve ser observado na lâmina.

Um dos clientes da empresa estava com dúvidas em relação ao material que estava sendo observado e então entrou em contato para tentar resolver este problema. A lâmina foi fabricada pelo laboratório do cliente e teria sido feita com amostra de tecido muscular, mais especificamente com músculo estriado esquelético. O cliente informa que está tendo problemas na visualização do material, pois não consegue achar na lâmina as estriações transversais características do músculo estriado esquelético. Você pergunta, então, o que o cliente observa quando analisa a lâmina, e ele diz que está vendo estruturas em formato poligonal com núcleos localizados na margem destas estruturas. Informa, ainda, que a coloração do material corresponde à coloração de um tecido muscular, mas que não consegue observar as estriações e quer saber o que houve de errado na confecção da lâmina, se houve um erro de técnica ou se o material que está na lâmina não é tecido muscular.

Você informa ao cliente que acredita saber o que está acontecendo mas que, para ter certeza, seria necessário que ele enviasse uma fotografia do que estava na lâmina. O cliente mandou as imagens e você confirmou a sua suspeita.

No caso narrado, aconteceu que o tecido muscular foi cortado transversalmente (feito em um plano perpendicular ao músculo) e por isso o cliente estava visualizando as fibras musculares com formato poligonal e núcleos na periferia, como observado na figura que segue.

Figura 3.7 | Tecido muscular cortado transversalmente



Fonte: Ross (2016, p. 553).

Observa-se as fibras musculares (FM) e núcleos das fibras musculares (NF e NFM).

Para visualizar as estriações características é necessário que o músculo seja cortado longitudinalmente (no sentido da fibra muscular), e aí então será possível ver a fibra com as estriações.

Faça valer a pena

1. O tecido muscular é responsável pelo movimento do corpo e por mudanças no formato e tamanho dos órgãos. Ele pode ser classificado em três tipos de músculo, dependendo da sua organização e do tipo de contração que realiza, que pode ser contração voluntária ou involuntária.

Quais os três tipos de músculo existentes?

- a) Músculo estriado mesenquimal, músculo estriado liso, músculo cardíaco.
- b) Músculo estriado esquelético, músculo estriado cardíaco, músculo liso.
- c) Músculo estriado liso, músculo estriado mesenquimal, músculo conjuntivo.
- d) Epimísio, endomísio e perimísio.
- e) Músculo liso visceral, músculo liso esquelético, músculo liso cardíaco.

2. O músculo estriado apresenta uma unidade contrátil básica, que é responsável pela contração muscular. Cada uma destas unidades é constituída de um complexo de proteínas, como a actina e a miosina, que se organizam de tal forma que acabam formando bandas, as responsáveis pelo aspecto estriado do músculo.

Qual o nome desta unidade básica?

- a) Endomísio.
- b) Miofibrila.
- c) Sarcômero.
- d) Sarcoplasma.
- e) Sarcolema.

3. O tecido muscular é formado por células alongadas, que apresentam uma grande quantidade de prolongamentos citoplasmáticos com proteínas contráteis responsáveis pela contração muscular e, de acordo com as suas características funcionais e morfológicas, podem ser classificadas em três tipos de músculo.

Assinale a alternativa que apresenta a informação correta a respeito do tecido muscular.

- a) O músculo estriado esquelético apresenta contração involuntária e rápida.
- b) O músculo liso apresenta discos intercalares.
- c) O músculo liso é incapaz de se dividir.
- d) O músculo estriado cardíaco é capaz de se regenerar apenas nos primeiros anos de vida.
- e) O músculo estriado cardíaco e o músculo liso apresentam contração voluntária.

Tecido nervoso

Diálogo aberto

Olá, aluno! Pronto para iniciar mais uma seção?

Nesta seção trabalharemos com o tecido nervoso, suas estruturas e sua organização. O sistema nervoso é um importante sistema dos organismos, pois é o responsável por captar as informações e estímulos do ambiente, transformar estas informações e comandar todos os movimentos realizados pelo organismo.

Imagine que em seu trabalho na empresa que produz as lâminas didáticas seja sua responsabilidade, entre outras atribuições, a do preparo de lâminas de Histologia de acordo com o requisitado pelo cliente, bem como a de prestação de assessoria sobre o que deverá ser visualizado na lâmina, e a interpretação do que foi analisado e, caso necessário, a verificação da melhor forma de fotodocumentar este material.

Pois bem, em um dos pedidos, o coordenador de um curso da área de saúde solicitou ao seu laboratório orçamento sobre lâminas de tecido nervoso normal e lâminas do tecido nervoso com processo de desmielinização. Estas lâminas seriam utilizadas na disciplina de Histologia, mais especificamente em aulas sobre o tecido nervoso. Como os alunos do curso provavelmente terão que realizar diagnósticos de doenças, o coordenador do curso achou importante que os alunos aprendessem a diferença de como o tecido está organizado em uma amostra normal e em uma com anormalidade.

O cliente concordou com o orçamento e pediu para que as lâminas fossem confeccionadas e enviadas para a instituição de ensino. Juntamente com as lâminas, você preparou um documento contendo informações sobre o que deveria ser observado no tecido normal e o que deveria ser observado no tecido desmielinizado. Quais seriam estas informações?

Ao final desta seção você deverá ser capaz de responder esta situação-problema, pois saberá como o tecido nervoso está organizado. Além disso, você também saberá como o sistema nervoso está organizado.

Vamos iniciar nossos estudos?

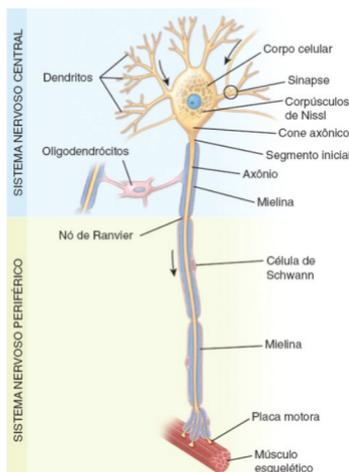
Na seção anterior aprendemos sobre o tecido muscular, sua importância, organização e os diferentes tipos de músculo. Nesta seção falaremos sobre o tecido nervoso.

O tecido nervoso está distribuído por todo o organismo mas está interligado, formando o sistema nervoso, que é anatomicamente dividido no sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP). O sistema nervoso recebe informações tanto do meio externo (percepção do ambiente pelos órgãos dos sentidos) como do meio interno (febre, nível de glicose, nível de hormônios), e transforma estas percepções em ações do corpo (movimento, secreção de substâncias, aprendizado, etc.).

O tecido nervoso é formado principalmente por duas estruturas: o neurônio e células da glia ou neuroglia.

Os neurônios podem ter uma variação muito grande de tamanho. São considerados a unidade funcional do sistema nervoso e são responsáveis pelo recebimento, transmissão e processamento dos estímulos. De maneira geral, os neurônios apresentam três estruturas básicas: dendritos, corpo celular ou pericário e axônio. A Figura 3.8 apresenta um desenho esquemático de um neurônio.

Figura 3.8 | Esquema de um neurônio motor



Fonte: Ross (2016, p. 568).

O corpo celular é a parte do neurônio que contém o núcleo e o citoplasma que envolve o núcleo, além de diversas organelas celulares. É rico em retículo endoplasmático rugoso (RER) que formam agregados denominados de corpúsculos de Nissl.

Os dendritos são prolongamentos citoplasmáticos que estão localizados próximos aos corpos celulares e têm como função receber os estímulos, seja do ambiente externo ou de outros neurônios, e transmitir esta informação até o corpo celular.

Os axônios são prolongamentos do corpo celular e cada neurônio possui apenas um axônio. Tem como função transmitir a informação que chega no corpo celular para outro neurônio ou para uma célula que efetuará uma ação.



Assimile

Os neurônios podem ser divididos em categorias segundo a sua função:

- neurônio sensitivo: recebe estímulos sensoriais e os conduzem para o sistema nervoso central a fim de que sejam processados.
- interneurônio: estabelece conexão com outros neurônios.
- neurônio motor: origina-se do sistema nervoso central e transmite os impulsos para outro neurônio, glândula ou músculo.

Podem ser classificados ainda com relação a sua morfologia:

- neurônio bipolar: tem dois prolongamentos, um dendrito e um axônio.
- neurônio pseudounipolar: apresenta perto do corpo celular um único prolongamento que posteriormente se divide em dois.
- neurônio multipolar: tem mais de dois prolongamentos celulares.

Os neurônios se comunicam com outros neurônios e com as células efetoras através das sinapses, que nada mais são do que junções especializadas que ocorrem entre as células. As sinapses facilitam a transmissão dos impulsos nervosos. A maioria das sinapses acontece por meio dos neurotransmissores (substância química produzida pelos neurônios que funcionam como mensageiros).

A transmissão dos impulsos nervosos ocorre por meio de mudanças nas cargas elétricas da membrana plasmática dos neurônios. Quando o neurônio está em repouso, a sua membrana tem carga negativa com relação ao seu exterior (potencial de repouso), e isso se deve à diferença de concentração dos íons sódio, potássio e cálcio. Quando o neurônio é estimulado, ocorre mudança no potencial da membrana devido a mudanças nas concentrações dos íons, ocorrendo, então, o potencial de ação, e essa alteração elétrica vai se espalhando ao longo da célula (fenômeno de despolarização e repolarização da membrana do neurônio).



Exemplificando

Os anestésicos atuam nos axônios e impedem que ocorra o potencial de ação na membrana do neurônio, impossibilitando que os impulsos nervosos consigam se propagar, e então o cérebro não consegue interpretar os impulsos que dariam a sensação de dor.

Além dos neurônios, o tecido nervoso é constituído pelas células da glia ou neuroglia. Estas células na verdade são diferentes tipos celulares que estão localizadas perto dos neurônios e que têm como principal função fornecer suporte mecânico aos neurônios. Temos como principais representantes da neuroglia as células de Schwann, células satélite, astrócitos, oligodendrócitos, micróglia e células endimárias.



Assimile

Principais células da glia:

- células de Schwann: a função destas células é sustentar as fibras das células nervosas mielinizadas e não mielinizadas. No sistema nervoso periférico, estas células produzem uma camada rica em lipídeos, conhecida como bainha de mielina, e que vai envolver o axônio. A bainha de mielina tem como função atuar como isolante elétrico e aumentar a velocidade da propagação do impulso. Ela não é contínua, pois é formada por várias células de Schwann, e na junção de duas destas células não há mielina. Esse local é chamado de nó de Ranvier.
- células satélite: são células pequenas que se localizam ao redor dos corpos celulares dos neurônios dos gânglios que fornecem isolamento elétrico, além de funcionarem como uma via para trocas metabólicas.
- astrócitos: são as maiores células da neuroglia com formato estrelado. Não formam mielina e têm como função o suporte físico e metabólico aos neurônios.
- oligodendrócitos: são células pequenas, formam e mantêm a mielina nos neurônios do sistema nervoso central.
- células endimárias: formam o revestimento das cavidades cerebrais e do canal central da medula espinhal.



Exemplificando

A bainha de mielina é extremamente importante para que alguns neurônios consigam transmitir os impulsos nervosos de forma correta. Existem algumas doenças conhecidas como doenças desmielinizantes, que ocorrem quando a bainha de mielina é danificada e os impulsos nervosos são diminuídos ou perdidos. Exemplos dessas doenças são a síndrome de Guillain-Barré e a esclerose múltipla.

Em análises histológicas nos tecidos que apresentam desmielinização, há uma grande concentração de células responsáveis pela defesa do organismo (linfócitos e macrófagos), diminuição dos oligodendrócitos e o número de axônios vai diminuindo gradativamente, conforme a desmielinização vai ocorrendo. Além disso, a mielina que é vista circundando o axônio no tecido normal vai desaparecendo no tecido afetado.

Você se lembra de que o sistema nervoso é dividido em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP)? Vamos ver mais detalhes desta divisão?

Sistema nervoso central

O SNC é formado pelo encéfalo (localizado na cavidade craniana e dividido em cérebro, cerebelo e tronco cefálico) e pela medula espinhal (localizado no canal vertebral). O SNC é protegido pelo crânio e pelas vértebras e é circundado pelas meninges (que são formadas por tecido conjuntivo).

As três meninges são: dura-máter (camada mais externa), aracnoide (que fica abaixo da dura-máter) e a pia-máter (fina camada que fica sobre a superfície do encéfalo e medula espinhal).

O cérebro, cerebelo e medula espinhal são formados pela substância cinzenta e pela substância branca, que são regiões com colorações diferentes devido à distribuição de mielina. A substância branca é formada por axônios mielinizados, oligodendrócitos e outras células da glia. A substância cinzenta é formada por corpos de neurônios, dendritos, porção inicial não mielinizada do axônio e células da glia.

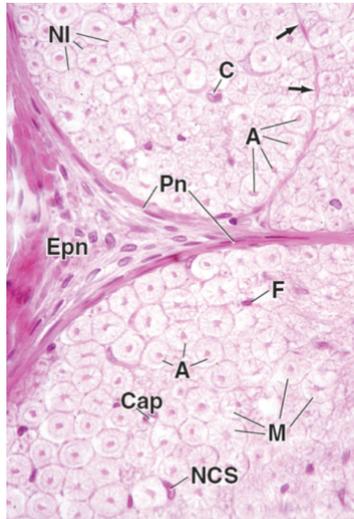
Sistema nervoso periférico

O SNP é formado pelos nervos, gânglios nervosos (agregados de células nervosas) e terminações nervosas.

Os nervos são formados por feixes de fibras nervosas envolvidas por tecido conjuntivo e que transportam a informação sensitiva e motora entre os órgãos e tecidos do organismo e o SNC.

A Figura 3.9 apresenta um corte transversal de um nervo apresentando os axônios envoltos pela mielina.

Figura 3.9 | Corte transversal de nervo periférico



Legenda: A=axônio; M=mielina; NCS= núcleo da célula de Schwann; Cap=capilar; Epn e Pn=tecido conjuntivo; F=fibroblasto; NI=neurilema (borda citoplasmática fina).

Fonte: Ross (2016, p. 623).

Além da divisão anatômica temos também a divisão do sistema nervoso sob o ponto de vista funcional. Deste modo, ele pode ser dividido em sistema nervoso somático (SNS) e sistema nervoso autônomo (SNA).

SNS: está relacionado com todas as partes somáticas do SNC e SNP e controla as funções que têm ação voluntária, ou seja, dependem da vontade do organismo, existindo uma exceção que é o arco reflexo: a resposta involuntária a um estímulo sensorial.

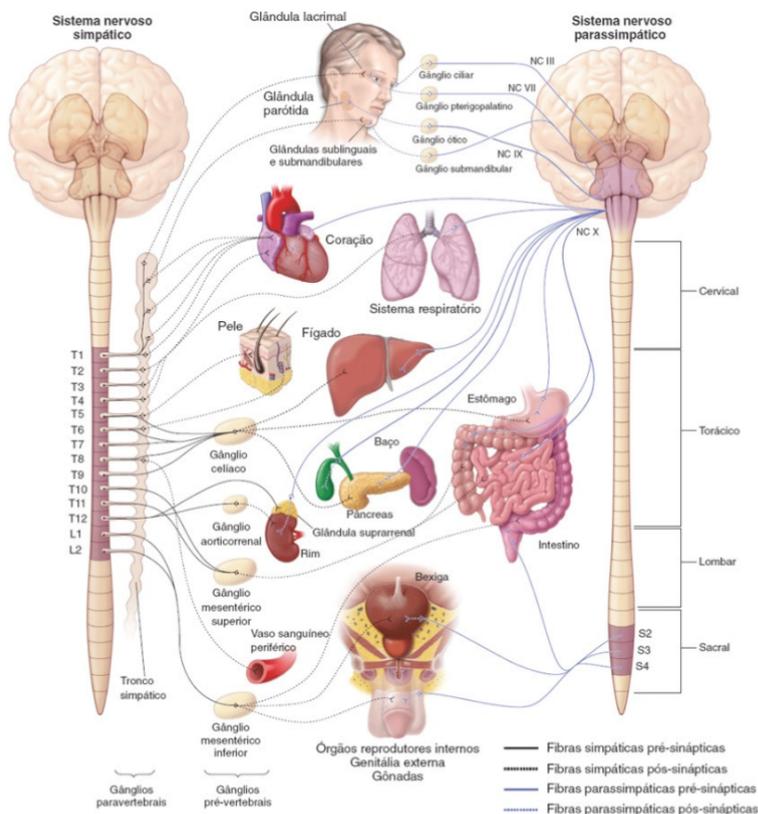
SNA: está relacionado com as partes autônomas do SNC e SNP, e também está relacionado com o controle dos movimentos involuntários, como as dos músculos lisos, músculo cardíaco e epitélio glandular.

O SNA é formado por duas partes que diferem na anatomia e na função, sendo estas partes o sistema simpático e o sistema parassimpático. A maioria dos órgãos que recebem inervação do SNA possuem fibras do sistema simpático e do sistema parassimpático e estes apresentam ação

contrária, ou seja, quando um tem ação estimulante em um órgão, o outro tem ação inibidora.

A Figura 3.10 apresenta a disposição dos neurônios simpáticos e parassimpáticos do SNA.

Figura 3.10 | Esquema da disposição dos neurônios simpáticos e parassimpáticos do SNA



Fonte: Ross (2016, p. 602).



Refleta

A doença de Huntington é uma doença genética degenerativa e progressiva do sistema nervoso. Esta doença não tem cura nem tratamento preventivo, e normalmente os primeiros sintomas da doença começam a aparecer por volta dos 30 anos de idade. Os portadores da doença apresentam distúrbios motores, cognitivos (pensamento, julgamento e memória) e psiquiátricos (com alterações de personalidade), e no estágio

final da doença o paciente entra em estado quase vegetativo, sendo que após o início dos primeiros sintomas a expectativa de vida é de mais 15 a 20 anos. Diante desse quadro, você acha que uma empresa pode pedir um exame genético para detectar a presença deste tipo de doença em seus empregados ou candidatos a emprego? Se o exame der positivo, a empresa poderia dispensar o candidato ou empregado baseado no fato de que este indivíduo traria muitas despesas para a empresa e teria uma vida produtiva restrita na empresa?



Saiba mais

Para mais informações a respeito das especializações das células epiteliais e do epitélio glandular, consulte o capítulo 12, *Tecido Nervoso*, do livro indicado:

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabra Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Vamos relembrar qual a situação-problema e conferir a resposta?

Em um dos trabalhos realizados na empresa de produção de lâminas didáticas, um cliente pediu para que fossem confeccionadas lâminas de tecido nervoso normal e lâminas com amostras de tecido nervoso em processo de desmielinização. Ao enviar as lâminas para o cliente, você enviou também um documento contendo as instruções sobre o que deveria ser visto na lâmina do tecido nervoso normal e o que deveria ser observado na lâmina do tecido nervoso em processo de desmielinização.

Nas lâminas de tecido nervoso normal deve ser observada a presença dos axônios envolvidos pela mielina; dependendo do caso podendo ser observada a presença dos núcleos das células de Schwann ou então dos oligodendrócitos. No tecido com desmielinização deve ser observada a presença de células do sistema de defesa (como os linfócitos e os macrófagos). Além disso deve-se notar que a mielina em volta dos axônios não estará tão visível, sendo que em alguns locais não poderá ser observada, e o número de axônios pode diminuir em comparação com o tecido normal. Há também proliferação de astrócitos, e na área lesada o tecido tem coloração menos intensa do que no tecido normal.

A análise de desmielinização é bastante útil para se observar doenças que apresentam esse tipo de processo, pois pode-se comparar o padrão

com o tecido normal e então tentar fechar um diagnóstico. Dentre as doenças desmielinizantes, temos a adrenoleucodistrofia (ALD), que ficou conhecida pela divulgação do filme *O óleo de Lorenzo*, de 1992. Nesta doença, que é rara e genética, ocorre a destruição da bainha de mielina e pouco a pouco o portador da doença vai perdendo as suas capacidades motoras, além da capacidade de falar e interagir com o meio. Não há cura para a doença, mas caso o diagnóstico seja realizado precocemente os sintomas e efeitos da doença podem ser minimizados ou até mesmo retardar a evolução da doença.

Faça valer a pena

1. O tecido nervoso é formado por neurônios e células da glia. Os neurônios são a unidade estrutural e funcional do tecido nervoso e têm como função principal receber, processar e enviar informações. De maneira geral, os neurônios apresentam três estruturas básicas.

Qual alternativa apresenta as três estruturas características do neurônio?

- a) Dendrito, axônio e corpo celular.
- b) Dendrito, bainha de mielina e cauda.
- c) Corpo celular, astrócito, nó de Ranvier.
- d) Célula de Schwann, bainha de mielina, axônio.
- e) Sinapse, dendrito, núcleo.

2. O sistema nervoso central (SNC), em conjunto com o sistema nervoso periférico (SNP), formam o sistema nervoso. O SNC atua como um centro integrador, pois recebe as informações sensoriais e de lá partem as informações para que ocorram as ações.

Qual das alternativas a seguir apresenta informações corretas com relação ao SNC?

- a) O SNC é formado pelo encéfalo e pela medula espinhal.
- b) O SNC é protegido pelo crânio e pela massa cinzenta.
- c) O SNC é envolvido por duas meninges.
- d) O SNC é formado por nervos e gânglios.
- e) As faringes que envolvem o SNC são a dura-máter, aracnoide e pia-máter.

3. Nas doenças desmielinizantes, como a esclerose múltipla, ocorre uma perda da bainha de mielina que envolve o axônio dos neurônios. Este evento traz diversas consequências para o portador destes tipos de doença como, a falta de coordenação muscular e movimento.

Qual a função da bainha de mielina?

- a) Atuar como isolante elétrico e aumentar a velocidade da propagação do impulso.
- b) Funciona como local de troca de metabólitos.
- c) Fornece energia para a polarização e despolarização.
- d) Aumenta a superfície de contato do neurônio.
- e) Funciona como uma estrutura efetora do estímulo nervoso.

Sistema circulatório

Diálogo aberto

Preparado para uma nova seção?

Nesta seção veremos o sistema circulatório que compreende o sistema vascular sanguíneo e o sistema vascular linfático. Veremos também como estão organizados e as estruturas que os compõem.

Para esta seção teremos que resolver a seguinte situação: em um dia de trabalho na empresa de preparo de lâminas didáticas, chegou um pedido para que fossem confeccionadas algumas lâminas do sistema circulatório, mais especificamente da artéria coronária.

Como as lâminas serão utilizadas em um curso da área da saúde, o cliente solicitou que fossem feitos dois tipos de lâmina: uma com tecido normal e uma outra com tecido com aterosclerose. A aterosclerose é uma doença vascular crônica e progressiva.

Você ficou responsável por confeccionar e enviar estas lâminas. Assim que ficaram prontas você as enviou para o cliente, juntamente com as informações a respeito das lâminas. Quais informações você escreveu para o cliente com relação ao tecido normal, e o que diferenciaria uma artéria coronária saudável de uma com aterosclerose?

Ao final desta seção você conseguirá responder à situação, pois terá adquirido conhecimentos a respeito do sistema circulatório, mais especificamente do sistema vascular sanguíneo e como este sistema está estruturado.

Além dos conhecimentos para resolver a situação-problema, ao final desta seção você também saberá do que o sistema vascular linfático é composto e como está organizado.

Vamos começar?

Não pode faltar

Na seção anterior vimos como o tecido nervoso é formado e suas estruturas, vimos também como ocorre o impulso nervoso e como o sistema nervoso está organizado.

Nesta seção estudaremos o sistema circulatório, quais as estruturas que o compõe e como ele está organizado.

O sistema circulatório de invertebrados não é tão conhecido como o de vertebrados e por isso focaremos mais no sistema circulatório dos vertebrados. Nos vertebrados, o sistema circulatório é composto pelo sistema vascular sanguíneo e pelo sistema vascular linfático.

O sistema circulatório apresenta diversas funções como o transporte de gases, de nutrientes e de outras substâncias como hormônios e anticorpos. Além disso tem papel na termorregulação dos organismos e coleta de excretas metabólicas.

Nos animais existem dois tipos de sistema circulatório: o sistema aberto (o líquido do sistema circulatório sai dos vasos e cai em lacunas corporais; posteriormente este líquido retorna para os vasos, que é o que ocorre, por exemplo, nos artrópodes e na maioria dos moluscos) e o sistema fechado (neste sistema, o líquido do sistema circulatório nunca sai dos vasos, ocorre em anelídeos, lulas e polvos e em todos os vertebrados).

Sistema vascular sanguíneo

O sistema vascular sanguíneo é formado pelo coração, artérias, vasos capilares e veias. O coração funciona como uma bomba para impulsionar o sangue pelos vasos sanguíneos, e é formado por tecido epitelial (endotélio), tecido conjuntivo denso e frouxo, tecido adiposo e músculo estriado cardíaco, e a sua composição varia entre os grupos de vertebrados: nos peixes é constituído por duas câmaras (um átrio e um ventrículo); anfíbios têm dois átrios separados e um ventrículo; répteis não crocodilianos têm dois átrios e um ventrículo parcialmente dividido; répteis crocodilianos possuem dois átrios e dois ventrículos, e o mesmo ocorre com aves e mamíferos (dois átrios e dois ventrículos).

Os vasos sanguíneos são formados pelos seguintes tecidos: tecido epitelial (endotélio), tecido muscular e tecido conjuntivo. Estes tecidos formam as paredes das artérias e veias, que são compostas por três camadas, chamadas de túnicas.



Assimile

As túnicas das paredes das artérias e veias são:

- túnica íntima: camada mais interna do vaso, constituída por uma camada de células epiteliais pavimentosas (o endotélio), pela lâmina basal das células endoteliais (que é uma fina camada extracelular composta por colágeno e outras substâncias) e por uma camada subendotelial (tecido conjuntivo frouxo, pode haver algumas células musculares lisas dispersas neste tecido conjuntivo). A camada subendotelial desta túnica de artérias e arteríolas tem uma camada elástica chamada de lâmina elástica interna.

- túnica média: formada principalmente por camadas de células musculares lisas.

- túnica adventícia: é a camada mais externa e formada por tecido conjuntivo com fibras colágenas e fibras elásticas dispostas longitudinalmente. A túnica adventícia de grandes artérias e vasos apresenta um sistema de vasos chamado de vaso vasorum (vaso dos vasos), que supre de sangue as suas próprias paredes, além de uma rede de nervos autônomos.



Exemplificando

Lesões ateroscleróticas são anormalidades dos vasos sanguíneos, que podem induzir uma série de doenças, como o infarto do miocárdio. Estas lesões ocorrem devido a alterações na túnica íntima das artérias elásticas de grande calibre e acabam levando a espessamentos focais da túnica íntima, proliferação das células musculares lisas e de elementos celulares e extracelulares do tecido conjuntivo; além disso há depósito de colesterol nas células musculares lisas e em macrófagos. Caso estas células estejam cheias de lipídeos, são chamadas de células espumosas e acabam formando placas de gordura que são macroscopicamente visíveis, caracterizando a aterosclerose. Este espessamento pode chegar até a porção interna da túnica média e obstruir o lúmen do vaso. As artérias coronárias são os vasos que mais têm chance de apresentar aterosclerose.

Os vários tipos de artérias e veias se diferenciam pela espessura da parede e pelas diferenças na composição das camadas.

As artérias são classificadas em artérias de grande calibre ou artérias elásticas, artérias de calibre médio ou artérias musculares, artérias de pequeno calibre e as arteríolas. O Quadro 3.1 apresenta as principais diferenças entre as artérias.

Quadro 3.1 | Características das artérias

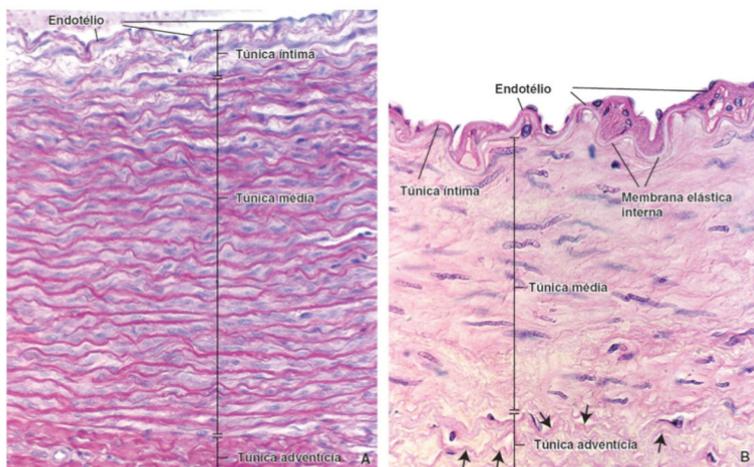
Tipo	Diâmetro	Túnica íntima	Túnica média	Túnica adventícia
Artéria de grande calibre ou artéria elástica	>10mm	-Endotélio -Tecido conjuntivo -Músculo liso	-Músculo liso -Lamelas elásticas	-Mais fina do que a túnica média -Tecido conjuntivo -Fibras elásticas
Artéria de calibre médio ou artéria muscular	2 a 10mm	-Endotélio -tecido conjuntivo -músculo liso -lâmina elástica interna proeminente	-músculo liso -fibras colágenas -fibras elásticas em quantidade relativamente pequena	-mais fina que a túnica média -tecido conjuntivo -presença de algumas fibras elásticas

Tipo	Diâmetro	Túnica íntima	Túnica média	Túnica adventícia
Artéria de pequeno calibre	0,1 a 2mm	-endotélio -tecido conjuntivo -músculo liso -lâmina elástica interna	-músculo liso com oito a dez camadas de células -fibras colágenas	-mais fina do que a túnica média -tecido conjuntivo -presença de algumas fibras elásticas
Arteriola	10 a 100 μ m	-endotélio -tecido conjuntivo -músculo liso	-uma ou duas camadas de células musculares lisas	-bainha final e mal definida de tecido conjuntivo

Fonte: Ross (2016, p. 645).

A Figura 3.11 apresenta fotomicrografias de artéria elástica (A) e artéria muscular (B).

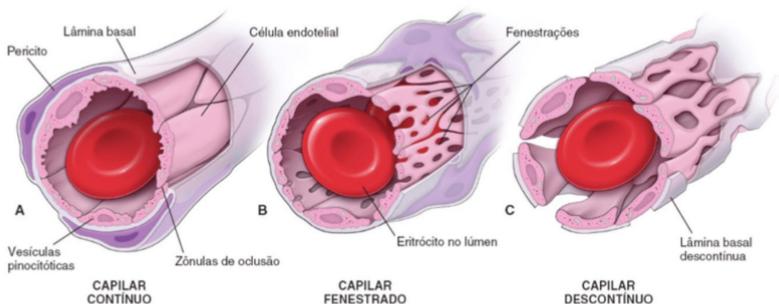
Figura 3.11 | Fotomicrografias da parede de artérias elástica (A) e artéria muscular (B)



Fonte: Ross (2016, p. 656).

Os capilares são os vasos que têm menor diâmetro (entre 4 a 10 μ m), que consistem de túnica íntima com células endoteliais e suas lâminas basais, não apresenta túnica média e nem túnica adventícia. Formam as redes vasculares sanguíneas que possibilitam a troca de oxigênio, gás carbônico, substrato e metabólitos do sangue para os tecidos e dos tecidos para o sangue. A estrutura dos capilares varia de acordo com os tecidos e órgãos em que estão localizados e são classificados em três tipos de acordo com a sua morfologia, sendo classificados em: capilares contínuos, fenestrados e descontínuos. A Figura 3.12 apresenta um esquema dos três tipos de capilares.

Figura 3.12 | Esquema dos três tipos de capilares



Fonte: Ross (2016, p. 661).

Na Figura 3.12 há a utilização do termo pericito, que se refere a um tipo de célula mesenquimal, associada com a parede de vasos sanguíneos de pequeno calibre como os capilares e vênulas pós-capilares.

As veias não têm túnicas tão distintas e definidas como as túnicas das artérias e são tradicionalmente classificadas em quatro tipos, de acordo com o seu calibre: vênulas (pós-capilares e musculares), veia de pequeno calibre, veia de calibre médio e veia de grande calibre. O Quadro 3.2 apresenta as características dos tipos de veias.

Quadro 3.2 | Características das veias

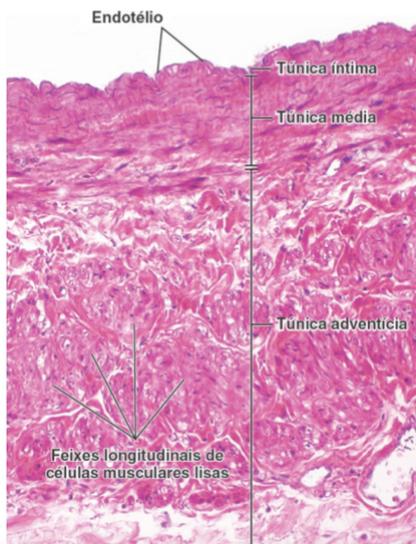
Tipo	Diâmetro	Túnica íntima	Túnica média	Túnica adventícia
Vênula pós capilar.	10 a 50µm	-endotélio -pericitos	-nenhuma	-nenhuma
Vênula muscular.	50 a 100µm	-endotélio	-uma ou duas camadas de células musculares lisas.	-mais espessa do que a túnica média. -tecido conjuntivo -presença de algumas fibras elásticas.
Veia de pequeno calibre.	0,1 a 1mm	-endotélio -tecido conjuntivo -músculo liso (duas ou três camadas).	-músculo liso -fibras colágenas	-mais espessa do que a túnica média. -tecido conjuntivo -presença de algumas fibras elásticas.

Tipo	Diâmetro	Túnica íntima	Túnica média	Túnica adventícia
Veia de calibre médio.	1 a 10 μm	-endotélio -tecido conjuntivo -músculo liso -lâmina elástica interna em alguns casos.	-músculo liso -fibras colágenas	-mais espessa do que a túnica média. -tecido conjuntivo -presença de algumas fibras elásticas.
Veia de grande calibre.	>10mm	-endotélio -tecido conjuntivo -músculo liso	-duas a 15 camadas de músculo liso. -fibras colágenas	-mais espessa do que a túnica média. -tecido conjuntivo -algumas fibras elásticas. -músculo liso longitudinal -extensões do músculo cardíaco nas grandes veias próximas ao coração.

Fonte: Ross (2016, p. 646).

A Figura 3.13 apresenta uma fotomicrografia de uma veia de grande calibre.

Figura 3.13 | Fotomicrografia da parede de uma veia de grande calibre



Fonte: Ross (2016, p. 669).

Em veias em que ocorre o transporte de sangue contra a gravidade (por exemplo nas pernas e braços de seres humanos), há a presença de valvas (projeções da túnica íntima com um eixo de fibras elásticas) que impedem o refluxo do sangue.



Exemplificando

As varizes são veias que são anormalmente alargadas e tortuosas. Estas anormalidades acontecem porque as valvas existentes nas veias são ineficientes; além disso podem ser causadas também pela degeneração da parede do vaso ou da perda do tônus muscular (a contração do músculo estriado esquelético ao redor das veias auxilia no movimento de impulsão do sangue). É mais comum nas pernas e nos pés, e em algumas pessoas pode causar dor e até mesmo aumentar as chances de doenças circulatórias.

Sistema vascular linfático

Este sistema tem como função fazer circular a linfa pelas diferentes regiões do corpo. A linfa é um líquido transparente ou com coloração clara, de aspecto leitoso, e, assim como o sangue, transporta e remove substâncias de diversas partes do organismo. Diferente dos vasos sanguíneos que transportam o sangue do coração para os tecidos e dos tecidos para o coração, os vasos linfáticos são unidirecionais e somente transportam a linfa a partir dos tecidos.

Os vasos de menor calibre são denominados de capilares linfáticos e estão presentes em grande quantidade nos tecidos conjuntivos frouxos, sob o epitélio da pele e em mucosas. Os capilares linfáticos são vasos em fundo cego e convergem para vasos maiores, os vasos linfáticos. Estes vasos linfáticos por sua vez se unem para formar dois troncos principais: o ducto torácico e o ducto linfático direito. Estes ductos desembocam nas veias próximas a coração e a linfa, então, entra na corrente sanguínea.

Os capilares linfáticos são tubos constituídos de endotélio, com espaço entre as células e com lâmina basal descontínua. Os vasos linfáticos são histologicamente semelhantes às vênulas e veias de calibre médio, e assim como estas estruturas também têm valvas que evitam o refluxo da linfa. Os ductos linfáticos são estruturalmente semelhantes às veias de grande calibre.



Refleta

As doenças relacionadas ao sistema circulatório têm sido bastante estudadas e diversos fatores têm sido relacionados com a sua ocorrência. Entre as principais causas podemos apontar a idade (quanto maior a idade maior a chance de desenvolver uma doença do sistema circulatório), histórico familiar, cigarro, sedentarismo e maus hábitos alimentares. Você acha que, além destes fatores, os fatores relacionados com a atividade ocupacional exercida pela pessoa também pode ter influência no desenvolvimento destas doenças?



Saiba mais

Para mais informações a respeito do sistema circulatório consulte o capítulo 13, *Sistema Cardiovascular*, do livro indicado a seguir.

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Na situação apresentada no começo desta seção você teria que preparar lâminas do sistema circulatório, sendo necessário confeccionar dois tipos de lâmina: uma com tecido normal e outra com aterosclerose. Além de preparar as lâminas, você deveria enviar as informações a respeito do que deveria ser observado nas lâminas.

A artéria coronária é considerada como uma artéria muscular de calibre médio e, por isso, em uma lâmina de artéria coronária normal devemos observar a presença de túnica íntima com endotélio, camada subendotelial e lâmina elástica interna. A túnica média é formada por grandes quantidades de músculo liso dispostas circularmente e lâmina elástica externa. A túnica adventícia está presente.

A aterosclerose é uma condição em que ocorrem anormalidades dos vasos sanguíneos devido a um acúmulo de gorduras, colesterol e outras substâncias nas paredes dos vasos, e isso faz com que o lúmen dos vasos diminua gradativamente, diminuindo o fluxo sanguíneo.

Em amostras de artéria coronária com aterosclerose, podemos observar alterações na túnica íntima, ocorrendo espessamentos nesta estrutura. Pode-se observar também proliferação das células musculares lisas e de elementos celulares e extracelulares do tecido conjuntivo, além de depósito de colesterol nas células musculares lisas e em macrófagos.

Existem alguns fatores que predisõem à formação de aterosclerose como níveis altos do colesterol LDL, hiperlipidemia (concentração elevada de lipídeos no sangue), hiperglicemia (altos níveis de glicose no sangue), hipertensão, tabagismo, obesidade, sedentarismo e algumas infecções virais e bacterianas (exemplo: citomegalovírus, clamídia). Pode induzir infartos e acidentes vasculares.

Faça valer a pena

1. O sistema circulatório é responsável por conduzir diversas substâncias pelo nosso corpo, como oxigênio, gás carbônico, hormônios, nutrientes e anticorpos. Além disso, também é responsável por coletar os excretas metabólicos do nosso organismo. Este sistema é formado por dois sistemas.

Quais seriam estes sistemas?

- a) Sistema vascular sanguíneo e sistema vascular linfático.
- b) Sistema vascular periférico e sistema hormonal.
- c) Sistema vascular central e sistema linfático sanguíneo.
- d) Sistema sanguíneo linfático e sistema respiratório.
- e) Sistema vascular sanguíneo e sistema vascular hormonal.

2. O sistema vascular sanguíneo é responsável pela circulação do sangue, que carrega diversas substâncias que serão distribuídas ou recolhidas das células. O coração é um órgão que faz parte do sistema vascular sanguíneo e bombeia o sangue pelo organismo.

Além do coração, quais outras estruturas fazem parte do sistema vascular sanguíneo?

- a) Artérias, veias e capilares.
- b) Capilares linfáticos, túbulos e vasos linfáticos.
- c) Túbulos, artérias e vasos linfáticos.
- d) Veias, átrio e valvas.
- e) Artérias, veias e valvas.

3. Os vasos são formados por diversos tecidos, sendo eles o tecido epitelial (endotélio), tecido muscular e tecido conjuntivo. Estes tecidos se organizam para formar as paredes dos vasos e são chamados de túnicas (túnica média, túnica íntima e túnica adventícia).

A respeito da organização das paredes dos vasos é correto afirmar que:

- a) Todos os vasos têm as três túnicas.
- b) Os diferentes tipos de artérias e veias possuem espessuras de parede igual.
- c) Os diferentes tipos de artérias e veias apresentam diferenças na composição das camadas (túnicas).
- d) Não há diferença entre os diferentes vasos.
- e) A única diferença entre os diferentes vasos é a sua espessura.

Referências

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 12. ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan, 2013.

MONTANARI, T. **Histologia**: texto, atlas e roteiro de aulas práticas. 2. ed. Porto Alegre. Editora da autora, 2013.

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan, 2016.

Unidade 4

Morfofisiologia do sistema reprodutor

Convite ao estudo

Nesta unidade, serão abordados, de forma comparativa, os sistemas reprodutores feminino e masculino e as estratégias sexuais adotadas por diferentes grupos de animais; veremos as estruturas que compõem os sistemas reprodutores e a histopatologia destes sistemas; e, dentro das estratégias sexuais, abordaremos as principais estratégias, o comportamento reprodutivo, o dimorfismo sexual e a atuação de feromônios.

Para esta unidade, discutiremos a seguinte situação: durante o seu curso de graduação, você começou a fazer diversas pesquisas sobre as áreas de atuação do biólogo e encontrou a área de manejo de animais silvestres, o que o deixou bastante empolgado. Como você pretende trabalhar nesta área, ainda durante o curso, procurou um estágio e acabou encontrando uma ONG que trabalha especificamente com esse assunto. Ela é bastante conhecida na região e recebe chamados para resgatar animais acidentados e vítimas de tráfico. Os animais são examinados, para saber o estado de saúde, o sexo e a idade e, então, são encaminhados para tratamento ou para soltura em seu ambiente natural.

Em uma ocasião, a polícia militar ambiental levou para a ONG uma arara-canindé resgatada de uma residência, para que fosse determinado o seu estado de saúde, idade e sexo. Segundo informações do ex-dono do animal, tratava-se de uma fêmea. A arara-canindé é um animal que não possui diferença morfológica externa e nem visual entre os sexos, deste modo, como podemos saber se ela realmente é do sexo feminino?

Em outro dia, a ONG recebeu uma chamada dos bombeiros para que os auxiliassem no resgate de um jacaré que foi encontrado em um rio da região. Após o resgate, o biólogo responsável da ONG fez a sexagem do animal e descobriu que se trata de um macho. Você saberia dizer como é feita a sexagem neste tipo de animal?

Em outra ocasião, recebeu-se um telefonema para resgatar animais vítimas de tráfico. Ao chegar ao local, você viu que havia diversos espécimes de aves, sendo vários deles com plumagem muito colorida e vistosa, além disso, tinham um tamanho muito maior que os outros espécimes e um canto bastante sonoro, enquanto os outros animais possuíam tamanho menor,

coloração parda e sem ornamentação e não cantavam como os outros animais. Todos os animais apreendidos eram da mesma espécie, então, baseado nas informações, você saberia dizer quais são os machos e quais são as fêmeas?

Ao final desta unidade, você deverá ser capaz de atuar em situações nas quais forem exigidos conhecimentos sobre os sistemas reprodutores (masculino e feminino) de diversos grupos animais e as estratégias sexuais deles.

Sistema reprodutor feminino

Diálogo aberto

Caro aluno! Vimos, nas outras unidades, como ocorre a fecundação e a formação do embrião e dos folhetos embrionários, assim como a estrutura, composição e função dos tecidos que formam os organismos. Agora, nesta unidade, abordaremos o sistema reprodutor.

Nesta seção, iniciaremos o estudo do sistema reprodutor enfocando no sistema reprodutor feminino, e teremos a seguinte situação: durante o seu curso de graduação, você começou a pesquisar sobre possíveis áreas de atuação do biólogo. Durante sua pesquisa, você achou que esse profissional pode trabalhar com manejo de animais silvestres, e esta área o interessou bastante. Decidiu a trabalhar nela, você começou um estágio em uma ONG que trabalha especificamente com isso.

Em uma ocasião, a polícia militar ambiental recebeu uma denúncia de um animal silvestre mantido ilegalmente em cativeiro e, ao averiguá-la, os policiais descobriram um exemplar de arara-canindé que estava com a asa cortada. Esse animal foi encaminhado para a ONG para avaliação, tratamento, recuperação e, talvez, soltura. Segundo informações obtidas pela polícia, a arara é, possivelmente, do sexo feminino, mas, como essa espécie não possui diferenças morfológicas externas e nem visuais que possam diferenciar se o animal é macho ou fêmea, é necessário fazer a sexagem (descoberta do sexo do indivíduo). Você sabe como é realizada a sexagem?

Para responder a este questionamento, você deverá saber a organização do sistema reprodutivo feminino, junto à anatomia comparada desse sistema, entre os diferentes grupos de animais.

Não pode faltar

Existem dois modos de ocorrer a reprodução: reprodução assexuada, em que não há órgãos, células reprodutivas especializadas e troca de gametas; e a reprodução sexuada, na qual ocorre o encontro dos gametas, produzidos por dois progenitores.

Nos organismos que se reproduzem de forma sexuada, há a distinção entre machos e fêmeas, sendo que os componentes básicos dos sistemas reprodutivos são semelhantes nos animais com reprodução sexuada. Esses componentes são: órgãos primários (gônadas) e órgãos acessórios (auxiliam

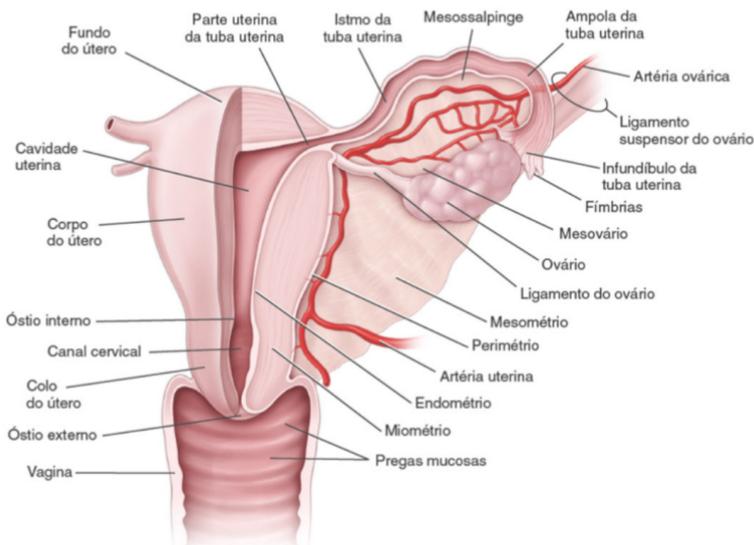
as gônadas na produção e no transporte dos gametas e variam entre os grupos de animais). Veremos, nesta seção, a estrutura do sistema reprodutor feminino e, na próxima seção, a estrutura do sistema reprodutor masculino.

O sistema reprodutor de mamíferos, mais especificamente de humanos, é um dos mais estudados, por isso, o utilizaremos como base para as explicações. Ao final desta seção, serão apresentadas as peculiaridades do sistema reprodutor feminino dos diferentes grupos de animais.

O sistema reprodutor feminino dos seres humanos é formado por dois ovários, duas tubas uterinas, útero, vagina e genitália externa, denominada de pudendo feminino. Tem como funções: produzir os gametas femininos; manter o ovócito fertilizado durante o desenvolvimento embrionário até o seu nascimento; e produzir hormônios sexuais que controlam os órgãos do aparelho reprodutor feminino e que também tem influência em outros órgãos da mulher.

A Figura 4.1 apresenta um desenho esquemático do sistema reprodutor feminino humano, mostrando as estruturas internas.

Figura 4.1 | Desenho esquemático das estruturas internas que formam o sistema reprodutor feminino de humanos



Fonte: Ross (2016, p. 1275).



Assimile

A genitália externa feminina é um conjunto de estruturas denominado de pudendo feminino, e consiste em:

- Monte do púbis: proeminência arredondada sobre a sínfise púbica (articulação semimóvel que une o púbis, formando a bacia), formada por tecido adiposo subcutâneo, recoberto por pelos.
- Lábios maiores: pregas longitudinais de pele, que se estendem a partir do monte do púbis e formam os limites laterais da fenda urogenital. Tem uma camada fina de músculo liso e tecido adiposo subcutâneo, recoberto por pelos. A superfície interna é lisa e sem pelos. Tem glândulas sebáceas e sudoríparas.
- Lábios menores: par de pregas de pele que não possui pelos e gordura. Possui tecido conjuntivo, vasos sanguíneos, fibras elásticas e glândulas sebáceas.
- Clitóris: estrutura erétil semelhante ao pênis. A pele que a reveste é fina e possui grande quantidade de terminações nervosas.
- Vestíbulo da vagina: essa estrutura é revestida por epitélio estratificado pavimentoso e possui glândulas mucosas.

Ovários

Os ovários têm sua superfície coberta por epitélio pavimentoso ou cúbico simples, que é chamado de epitélio germinativo. Sob esse epitélio temos uma camada de tecido conjuntivo denso (túnica albugínea), e abaixo dessa camada existe uma região (região cortical) em que predominam os folículos ovarianos (folículo é o conjunto do ovócito e das células que envolvem esse ovócito). Os folículos se localizam no tecido conjuntivo da região cortical (denominada de estroma), a qual contém fibroblastos dispostos em um arranjo que lembra redemoinhos. A parte mais interna do ovário é formada por tecido conjuntivo frouxo vascularizado, chamado de região medular. Os tumores que surgem na superfície epitelial do ovário são responsáveis pela maior parte dos cânceres de ovário, e eles podem surgir devido à constante ruptura e cicatrização do epitélio germinativo durante as ovulações.

Os ovários são responsáveis pela produção de gametas (gametogênese) e de hormônios esteroides (estrógenos e progesterona).

Em seres humanos, ao final do primeiro mês de vida do embrião, uma quantidade de células germinativas primordiais migra do saco vitelínico para a região onde as gônadas estão iniciando o seu desenvolvimento. Nas fêmeas, essas células se transformam nas ovogônias e dão origem aos ovócitos primários, que são envolvidos por uma camada de células, as quais são chamadas de células foliculares.

No ovário de seres humanos, há uma quantidade variável de folículos de tamanhos variados, sendo que cada um contém um ovócito. O tamanho do folículo indica o estado de desenvolvimento do ovócito, sendo identificados três tipos de folículos ovarianos: primordiais, em crescimento e maduros ou de Graaf.

Em mulheres, pode ocorrer a doença do ovário policístico, em que ocorre um aumento dos ovários, com vários cistos foliculares. Os ovários afetados têm uma superfície lisa de coloração branco-perolada que não apresentam cicatrização superficial, pois não ocorre ovulação devido a um grande número cistos foliculares cheios de líquido.

A produção de óvulos pelos ovários pode ocorrer de forma quase contínua (como ocorre em humanos), sazonalmente (maioria dos vertebrados) ou somente uma vez na vida (por exemplo, em enguias).

Tubas uterinas

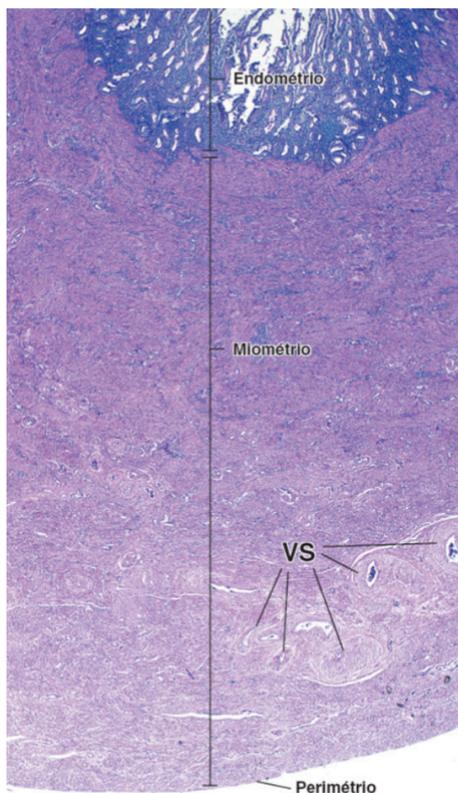
As tubas uterinas são um par de tubos musculares com grande mobilidade, que transportam o óvulo dos ovários até o útero. Uma de suas extremidades (infundíbulo) se abre na cavidade intraperitoneal próxima ao útero e tem prolongamentos que se parecem com franjas (fimbrias), enquanto que, na outra extremidade, temos a parte uterina ou intramural, que atravessa a parede do útero e se abre no interior dessa estrutura.

A parede das tubas uterinas é formada por três camadas: camada serosa externa ou peritônio (camada mais externa, formada de mesotélio, e uma camada fina de tecido conjuntivo), camada muscular espessa (composta de músculo liso) e camada mucosa (revestimento interno da tuba, formado por epitélio colunar simples formado por células ciliadas e não ciliadas).

Útero

O útero tem formato de pera e é dividido em corpo do útero (porção superior que contém o fundo do útero) e colo do útero (porção inferior que se projeta na vagina). A parede do útero é relativamente espessa e é formada por três camadas: serosa ou perimétrio (camada externa, formada de mesotélio e tecido conjuntivo), miométrio (camada espessa de músculo liso separada por tecido conjuntivo) e endométrio (constituído por epitélio e lâmina própria). A Figura 4.2 apresenta um corte de útero humano mostrando as três camadas que formam o útero.

Figura 4.2 | Corte mostrando as camadas de um útero humano



Legenda: VS = vasos sanguíneos.
Fonte: Ross (2016, p. 1298).

O útero pode apresentar um crescimento acentuado devido a um crescimento descontrolado de células do miométrio, originando o mioma uterino. Este nada mais é do que um tumor benigno e pode aparecer em vários locais (dentro da cavidade do útero, na parede do útero ou fora do útero) e ter tamanhos variados.



Exemplificando

Fêmeas de seres humanos e de alguns primatas têm o ciclo reprodutivo ligado ao ciclo menstrual. Caso não haja fertilização do óvulo e implantação do zigoto, há uma descamação do endométrio, e esse tecido sai, junto ao sangue, pela vagina das fêmeas. Esse processo é denominado de menstruação.

Em alguns casos, o endométrio descamado pode migrar e cair em outros órgãos, como ovários, tubas uterinas e até mesmo intestino e outros órgãos não relacionados ao sistema reprodutivo, e isso leva à formação

de endometriose, uma doença que causa dor e até mesmo infertilidade. Os demais mamíferos não apresentam esse tipo de renovação do endométrio (descamação), então, caso não ocorra fecundação, o endométrio é reabsorvido pelo útero. O ciclo reprodutivo desses mamíferos é conhecido como ciclo estral.

Na maioria dos mamíferos, o desenvolvimento embrionário e fetal ocorre no útero.



Refleta

Em 2017, foi noticiada uma pesquisa desenvolvida por pesquisadores norte-americanos. Nela, uma bolsa de plástico que simula o ambiente do útero foi usada para continuar o desenvolvimento de cordeiros que nasceram precocemente. Esse dispositivo foi chamado de *biobag* e é um suporte extrauterino que conseguiu simular o ambiente do útero e as funções da placenta. Os pesquisadores querem, como uma próxima etapa, utilizá-lo para aumentar a chance de sobrevivência de bebês humanos que nascem extremamente prematuros. O que você acha desse dispositivo? É um bom uso? Será que essa descoberta possibilitaria o desenvolvimento de embriões sem a necessidade da mãe? Quais são as implicações científicas, éticas e sociais?

Vagina

A vagina é uma bainha fibromuscular que liga os órgãos reprodutivos internos ao ambiente externo. A parede vaginal é composta de três camadas: camada mucosa (camada interna formada por diversas pregas transversais e revestida por epitélio estratificado pavimentoso), camada muscular (camada intermediária, formada por músculo liso) e camada adventícia (camada externa, formada por tecido conjuntivo denso e tecido conjuntivo frouxo).

Placenta

Em animais placentários, durante a período do desenvolvimento do embrião/feto, ocorre a formação de um órgão temporário, o qual é a placenta. Ele é formado por uma porção fetal (córion) e por uma porção materna (decídua basal, que é o endométrio modificado após a implantação do embrião). Serve para transportar nutrientes e oxigênio da circulação materna para o feto, e resíduos metabólicos e gás carbônico da circulação fetal para a materna.

A placenta só ocorre em mamíferos eutérios (pertencentes ao grupo Eutheria), que são mamíferos vivíparos, ou melhor, o embrião se desenvolve

dentro do organismo da mãe. Monotremados (ornitorrinco e equidna) e marsupiais são grupos de mamíferos que não possuem placenta.

A placenta também funciona como órgão endócrino, produzindo hormônios esteroides, peptídicos e relacionados ao início do trabalho de parto.

Anatomia comparada do sistema reprodutor de alguns grupos animais

Insetos

As fêmeas de insetos têm um par de ovários formado por uma série de tubos de óvulos (ovariolos). Os óvulos maduros percorrem os ovidutos até uma câmara genital comum, e daí para uma bursa genital (vagina).

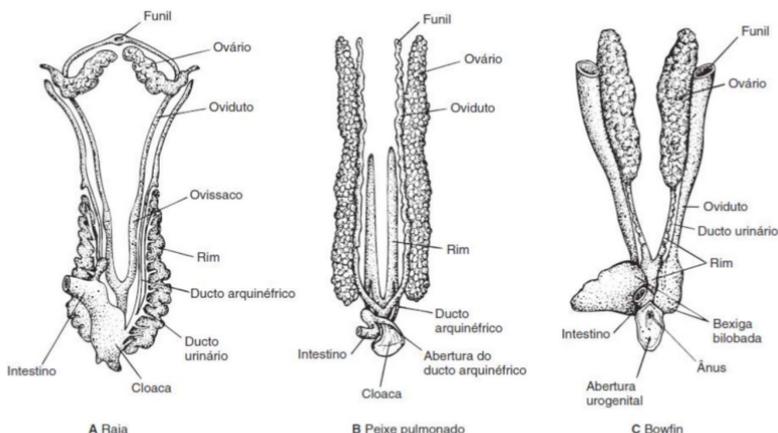
Peixes

Ciclóstomos (por exemplo, lampreia e feiticieras) possuem apenas um único ovário e não possuem ductos. Os óvulos são lançados no celoma e, a partir daí, alcançam a cloaca (nas lampreias) ou ânus (nas feiticieras).

Em peixes cartilagosos, os ovários são pareados inicialmente, mas, em algumas espécies, apenas um ovário se desenvolve. Em peixes ósseos, há ovários pareados.

Na maioria dos peixes, a extremidade terminal da tuba uterina não é especializada, porém, em peixes cartilagosos que produzem ovos, há especializações na tuba para a formação das estruturas do ovo, o qual sai pela cloaca.

Figura 4.3 | Sistema urogenital de fêmeas de peixes



Fonte: Kardong (2016, p. 848).

Anfíbios e répteis

Anfíbios possuem ovários pareados, os quais são ocos, com córtex proeminente coberto por epitélio germinativo. Eles não têm tuba uterina com especializações, e os ovos saem pela cloaca.

Em alguns répteis, há somente um ovário funcional. Essa espécie possui tuba uterina com especializações para a produção de albumina e casca do ovo, além da porção terminal da tuba uterina expandida em um útero muscular, no qual os ovos com a casca são mantidos até a sua postura. Os ovos saem pela cloaca.

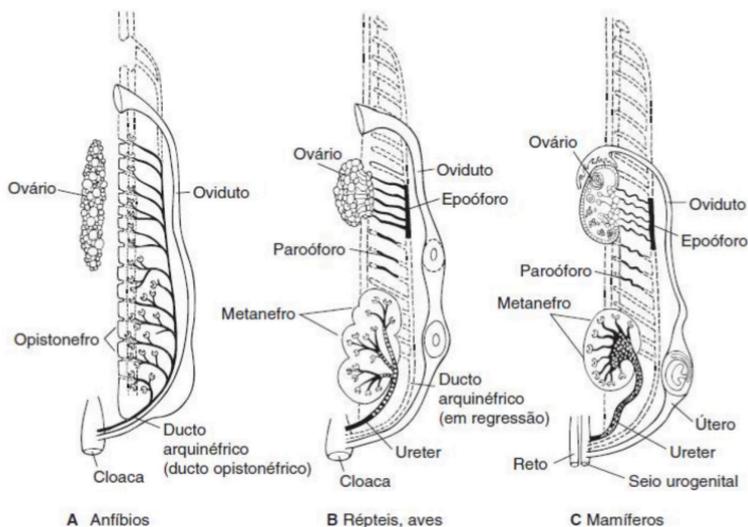
Aves

As aves, normalmente, só possuem o ovário esquerdo como uma característica para diminuir o seu peso corporal, além disso, ele tem tamanho pequeno, hipertrofia-se durante a época de acasalamento e regride quando a reprodução termina. Elas possuem útero, onde os ovos, que saem pela cloaca, ficam até a sua postura. Assim como nos répteis, a tuba uterina das aves possui especializações para produzir albumina e casca no ovo.

Mamíferos

Todos os mamíferos possuem um epitélio glandular uterino, o endométrio e um corpo lúteo (estrutura que secreta hormônios formada no ovário a partir de células foliculares). Em mamíferos monotremados (como o ornitorrinco), os ovários são maiores que os dos outros mamíferos, no entanto, no ornitorrinco, por exemplo, somente um ovário é funcional, e o mesmo ocorre com algumas espécies de morcegos, entretanto o restante dos mamíferos tem dois ovários funcionais. O desenvolvimento do embrião em mamíferos que possuem placenta ocorre dentro do corpo da mãe, no útero, e depois o feto se desenvolve dentro do útero, na placenta. Em marsupiais, há a existência de dois úteros e duas vaginas laterais (que servem para conduzir o esperma para o interior dos úteros), que se unem em uma vagina mediana.

Figura 4.4 | Sistema urogenital de fêmeas de tetrápodes



Fonte: Kardong (2016, p. 849).

Em alguns grupos de animais, é possível diferenciar as fêmeas dos machos apenas por uma análise externa, uma vez que as fêmeas apresentam vagina. Em animais que possuem cloaca, a determinação do sexo pode ser mais difícil, sendo que a sexagem pode ser feita por diversos métodos, como laparoscopia (nesse procedimento, que é cirúrgico, o animal é sedado e usa-se um endoscópio para visualização dos órgãos internos), tomografia (método mais eficiente e seguro, porém mais caro, com o qual se visualizam os órgãos internos), cariotipagem (análise dos cromossomos dos animais, mais especificamente dos cromossomos sexuais) e exame de DNA.



Saiba mais

Para saber mais sobre o sistema reprodutor feminino humano, consulte o Capítulo 23, *Sistema Reprodutor Feminino*, da obra a seguir:

ROSS, M. C. **Histologia:** texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

Vamos relembrar a situação apresentada no início desta seção: você iniciou um estágio em uma ONG que trabalha com manejo de animais silvestres, pois deseja trabalhar nesta área após formado.

Em um dia de trabalho, uma arara-canindé foi trazida à ONG pela polícia militar ambiental, pois estava sendo mantida em cativeiro sem autorização do Ibama. Na ONG, o biólogo responsável realizou todos os testes preliminares para que a ave fosse encaminhada para o tratamento e, posteriormente, fosse decidido qual o melhor destino para ela.

Os policiais informaram que o sexo do animal era feminino, mas, como não é possível diferenciar isso facilmente, seria necessário fazer a sexagem para ter certeza. Você saberia fazer a sexagem do animal?

Em alguns grupos de animais, a diferenciação entre machos e fêmeas é mais fácil, pois possuem órgãos sexuais externos, o que possibilita a determinação do sexo. Além da presença dos órgãos sexuais externos, os animais podem ter características morfológicas externas específicas para cada sexo (geralmente, as fêmeas são menores e não possuem tantos adornos). No entanto, para os grupos de animais que possuem cloaca, como no caso das aves, essa diferenciação não é tão fácil.

A arara-canindé é um animal que não possui características externas que possam diferenciar machos e fêmeas, deste modo, são visualmente semelhantes. Internamente, as fêmeas possuem os ovários e ovidutos e, por isso, análises que possibilitam a visualização dos órgãos internos desses animais são capazes de determinar o sexo.

Os exames mais utilizados para a sexagem de animais é a laparoscopia e a tomografia, sendo este último o exame mais caro e, muitas vezes, o aparelho não está presente nos locais, tornando a laparoscopia o exame mais usado. Além disso, pode-se realizar um cariótipo do animal a ser examinado, ou até mesmo um exame de DNA.

1. O sistema reprodutor feminino humano é formado por diversos órgãos e estruturas que permitem a ocorrência da fecundação do gameta feminino e do desenvolvimento de um embrião. Ele é formado por estruturas internas e externas localizadas na pelve.

Assinale a alternativa que apresenta uma estrutura interna.

- a) Lábios menores.
- b) Ovários.
- c) Lábios maiores.
- d) Clitóris.
- e) Monte do pudendo.

2. Os ovários são responsáveis pela produção de gametas e de hormônios. Em seres humanos, os ovários consistem em um par de estruturas em formato de amêndoa que possuem coloração branco-rosada, além disso, são compostos por duas regiões.

Assinale a alternativa que apresenta as duas regiões dos ovários.

- a) Região cortical e região medular.
- b) Camada serosa e corpo lúteo.
- c) Teca interna e teca externa.
- d) Camada mucosa e camada muscular.
- e) Camada serosa e camada medular.

3. A placenta é um órgão que se desenvolve durante a gestação e que possui diversas funções, como realizar a troca gasosa entre o feto e a circulação materna, remover excretas e fornecer nutrientes para o feto. Esse órgão é formado por dois componentes.

Assinale a alternativa que apresenta esses dois componentes.

- a) Fímbria e útero.
- b) Endométrio e tecido conjuntivo.
- c) Córion e decídua basal.
- d) Cordão umbilical e decídua basal.
- e) Córion e fímbria.

Sistema reprodutor masculino

Diálogo aberto

Caro aluno, você saberia dizer quais são as estruturas e os órgãos que formam o sistema reprodutor masculino? E se todos os grupos de animais possuem o mesmo tipo de sistema, ou há diferenças dependendo do animal?

Nesta unidade, veremos o sistema reprodutor masculino, quais estruturas e órgãos fazem parte dele, bem como a função deles. Além disso, aprenderemos, de maneira comparada, como esse sistema está organizado nos diferentes grupos animais.

Na seção anterior, apresentamos a seguinte situação: a partir do seu interesse pelo manejo de animais silvestres, você iniciou um estágio em uma ONG que atua nessa área. Nesta seção, você continua nela. Um dia, a ONG recebeu uma chamada dos bombeiros para que os auxiliassem no resgate de um jacaré que foi encontrado em um rio da região. Quando ocorrem resgates de animais, é necessário realizar uma avaliação do animal, como estado de saúde e sexo. Os jacarés não possuem distinção muito evidente entre machos e fêmeas (algumas espécies possuem essa distinção mais clara, como no tamanho dos animais, na presença de órgãos sexuais externos, ornamentos, etc.), por isso, é necessário fazer alguns testes para se verificar o sexo do animal. Após o resgate, o réptil passou pela triagem e avaliação, e você ficou responsável pela sexagem. Você sabe como é feita a sexagem nesse tipo de animal?

Ao final desta seção, você será capaz de resolver com facilidade essa situação-problema, pois terá visto as estruturas que formam o sistema reprodutor masculino e como este sistema está organizado em diferentes grupos animais.

Bons estudos!

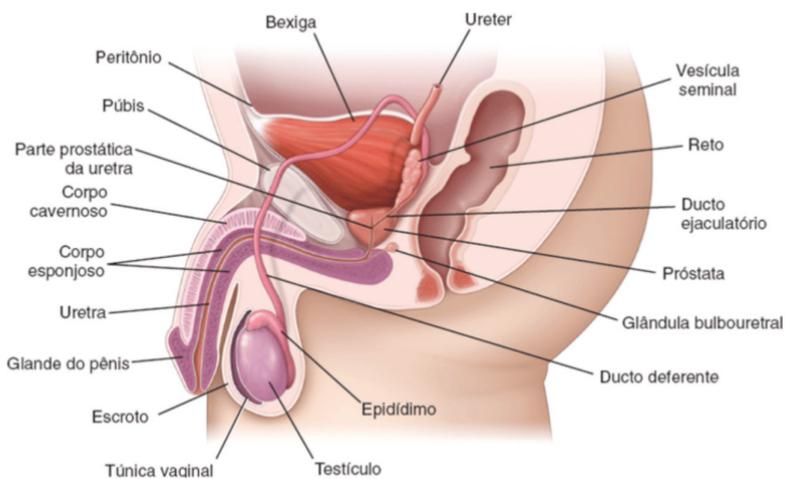
Vimos, na seção anterior, como o sistema reprodutor feminino é composto e a função das estruturas, além disso, como ele está organizado nos diferentes grupos animais. Nesta seção, veremos com mais detalhes como está estruturado o sistema reprodutor masculino.

Assim como o sistema reprodutor feminino, o masculino é formado por órgãos primários (gônadas que produzem os espermatozoides e hormônios sexuais) e órgãos acessórios (são responsáveis por auxiliar as gônadas na formação e no transporte dos espermatozoides).

Nos vertebrados, inclui, de maneira geral, os testículos, os ductos eferentes, o ducto deferente e as glândulas acessórias, porém, em alguns grupos, há um pênis também.

O sistema reprodutor masculino de humanos (Figura 4.5) é um dos mais estudados, por isso, o usaremos como modelo para a descrição. Ao final desta seção, serão apresentadas as diferenças existentes nos diversos grupos.

Figura 4.5 | Esquema do sistema reprodutor masculino humano

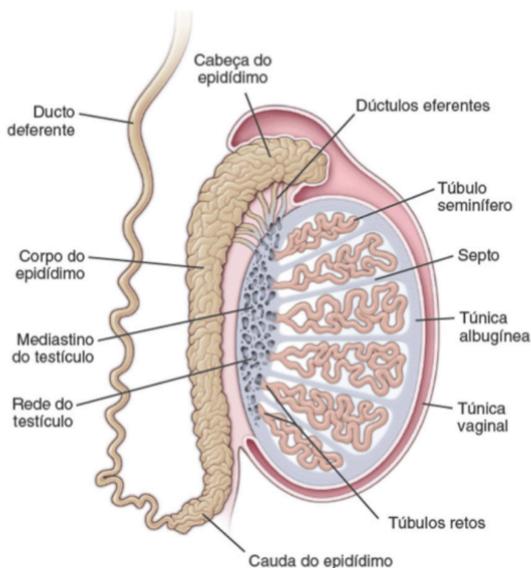


Fonte: Ross (2016, p. 1212).

Testículos

Em humanos, os testículos são órgãos ovóides pareados, envolvidos por uma cápsula grossa de tecido conjuntivo denso, chamada de túnica albugínea. A parte interna da cápsula é formada por tecido conjuntivo frouxo com vasos sanguíneos, e nela também se localizam os túbulos seminíferos, nos quais os espermatozoides são produzidos, e as células de Leydig, que produzem testosterona.

Figura 4.6 | Esquema do testículo humano



Fonte: Ross (2016, p. 1219).

Os túbulos seminíferos são estruturados em várias camadas de células, chamadas de epitélio germinativo ou epitélio seminífero, as quais são formadas por dois tipos de células: de Sertoli e espermatogênicas.



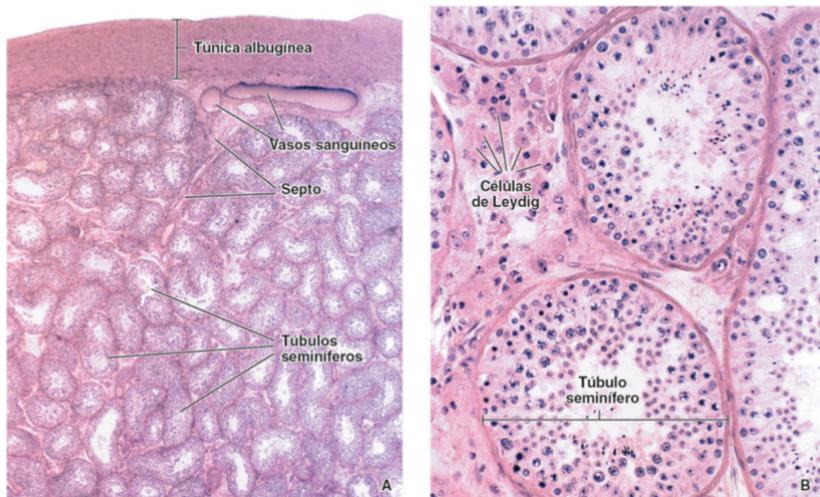
Assimile

Células de Sertoli: também conhecidas como células de suporte ou de sustentação, elas não se replicam após a puberdade e são colunares com prolongamentos laterais e apicais, que circundam as células espermatogênicas e ocupam os espaços entre elas. São essas células que determinam a organização estrutural dos túbulos seminíferos.

Células espermatogênicas: essas células conseguem se replicar e se diferenciam em espermatozoides maduros e apresentam-se em diferentes estágios de desenvolvimento.

A Figura 4.7 apresenta fotomicrografias do testículo humano corado com hematoxilina e eosina. Em A, temos um corte que apresenta a túnica albugínea e os túbulos seminíferos, e em B, um aumento maior mostrando os túbulos seminíferos com mais detalhes e as células de Leydig.

Figura 4.7 | Micrografias de testículo humano



Fonte: Ross (2016, p. 1220).



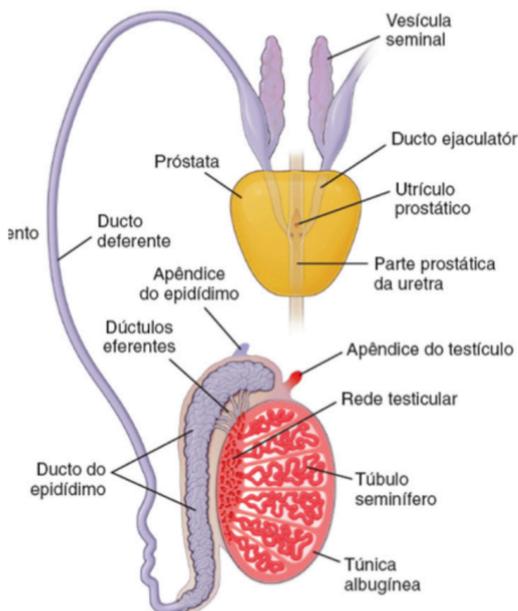
Exemplificando

Os testículos, em humanos, se desenvolvem durante a vida fetal na região abdominal do feto e, ao longo do desenvolvimento, descem para o saco escrotal e, ao final da gestação, encontram-se nele. Em alguns casos, os testículos, por algum motivo, não descem para o saco escrotal, e a esse fenômeno chamamos criptorquia. Existem dois tipos de criptorquia: bilateral (os dois testículos estão ausentes no escroto, neste caso, pode causar esterilidade) e unilateral (somente um dos testículos está ausente).

Ductos intratesticulares e extratesticulares

Os ductos intratesticulares saem dos túbulos seminíferos e conduzem os espermatozoides e fluidos. Fazem parte deles: os túbulos retos, a rede testicular e os ductos eferentes. Já os ductos extratesticulares transportam os espermatozoides e são compostos por: ducto epididimário, ducto deferente e uretra.

Figura 4.8 | Esquema dos ductos intratesticulares e excretorios de seres humanos



Fonte: Ross (2016, p. 1452).

Epidídimo

O epidídimo é uma estrutura que tem como função coletar e armazenar os espermatozoides produzidos pelos testículos e é onde eles terminam a sua maturação. É formado por ductos eferentes e pelo ducto do epidídimo; além disso, possui vasos sanguíneos, músculo liso e uma cobertura de tecido conjuntivo.

Glândulas acessórias

As glândulas genitais acessórias são as vesículas seminais, próstata e glândulas bulbouretrais. As vesículas seminais são dois tubos tortuosos, e a mucosa é revestida com epitélio cuboide ou pseudoestratificado colunar. Essas células são ricas em grânulos de secreção, a lâmina própria possui fibras elásticas e são envolvidas por uma camada de músculo liso. Sua função é secretar uma secreção de cor amarelada que possui diversas substâncias, como a frutose, que atua como fonte de energia para a motilidade dos espermatozoides, porém não funcionam como reservatório de espermatozoides.

A próstata é a maior glândula assessora, e é constituída por 30 a 50 glândulas tubuloalveolares ramificadas, as quais envolvem uma porção da uretra. A principal função da próstata é secretar um líquido claro e ligeiramente alcalino, que contribui para a formação do líquido seminal.



Refleta

Novembro foi escolhido como mês de conscientização do câncer de próstata e, por isso, é chamado de Novembro Azul. No Brasil, o câncer de próstata é o segundo mais comum entre os homens. Se for detectado precocemente, as chances de cura são grandes. No entanto, existe muito preconceito em relação ao diagnóstico, e isso faz com que muitos casos não sejam detectados, podendo levar à morte. Na sua opinião, qual seria a forma mais eficiente de se combater este preconceito e tentar aumentar as chances de cura?

Glândulas bulbouretrais, ou glândulas de Cowper, são estruturas do tamanho de uma ervilha, em número de dois. São compostas por glândulas tubuloalveolares, que se parecem, estruturalmente, com as glândulas secretoras de muco, e possuem epitélio simples colunar. A secreção produzida por meio da estimulação sexual, é clara e se parece com muco, e constitui a principal parte do líquido pré-seminal, com a função de lubrificar a parte esponjosa da uretra, neutralizando a urina ácida do caminho.

Pênis

O pênis é formado pela uretra e por três corpos cilíndricos de tecido erétil, e todo esse conjunto é envolvido por pele. Dois dos corpos cilíndricos estão localizados na parte dorsal do pênis e são chamados de corpos cavernosos, enquanto o terceiro corpo está localizado ventralmente e é chamado de corpo esponjoso, ou corpo cavernoso da uretra. O corpo esponjoso se dilata na sua extremidade e forma a glândula do pênis. A maior parte da uretra peniana é revestida por epitélio pseudoestratificado colunar e, na glândula, se transforma em epitélio estratificado pavimentoso. Também, ao longo da uretra peniana, são encontradas glândulas secretoras de muco. A glândula é coberta por uma dobra retrátil de pele, chamada de prepúcio, a qual contém, além do tecido epitelial, tecido conjuntivo e músculo liso em seu interior. Glândulas sebáceas são encontradas na dobra interna da pele que cobre a glândula.



Exemplificando

A circuncisão masculina consiste na retirada do prepúcio do pênis de humanos. É uma prática comum em muitas culturas, como a judaica, e tem se tornado cada vez mais comum entre homens atualmente, pois reduz a incidência de doenças urológicas e melhora a higiene do local. Em alguns casos, como a fimose e parafimose, há recomendação para que esse procedimento seja feito. Na fimose, ocorre a incapacidade de retrair o prepúcio, e na parafimose, o prepúcio consegue ser retraído, mas não volta ao seu lugar, fazendo com que a glândula seja estrangulada.

Os corpos cavernosos são envolvidos pela túnica albugínea (tecido conjuntivo denso), e o tecido erétil que compõe os corpos cavernosos possui uma grande quantidade de espaços vasculares, os quais são separados por fibras de tecido conjuntivo e de músculo liso. Há muitas terminações nervosas no pênis, as quais são responsáveis pela ereção, que se inicia com estimulação do sistema nervoso parassimpático, fazendo com que sangue arterial se acumule nos tecidos eréteis. A estimulação simpática termina a ereção e causa a ejaculação, e uma contração ritmada do músculo liso faz com que o sêmen seja ejetado da uretra.

Anatomia comparada do sistema reprodutor de alguns grupos animais

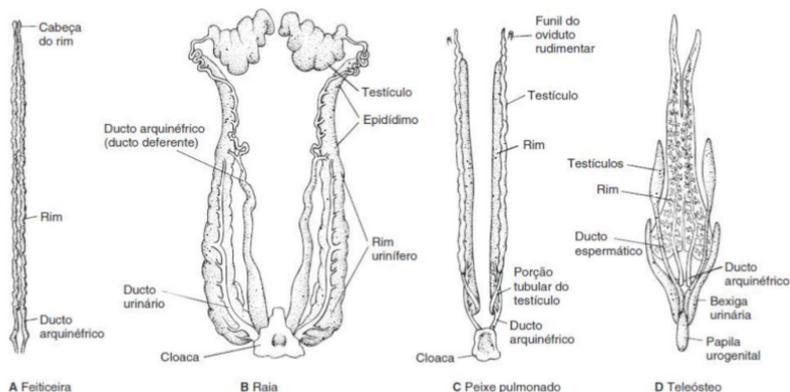
Testículos

Como já foi dito anteriormente, os testículos dos vertebrados são o local onde se encontram espermatozoides e secreção de hormônios. Na maioria dos mamíferos, eles estão alojados em um escroto em forma de saco, que fica suspenso do lado de fora da cavidade abdominal. Essa disposição faz com que a temperatura do saco escrotal seja um pouco mais baixa que a temperatura no interior do organismo, e isso é um fator importante, uma vez que espermatozoides viáveis não se formam nos mamíferos nas temperaturas mais altas do interior do corpo. Em alguns mamíferos marinhos e outros vertebrados, os testículos se localizam no interior do abdômen. Nos peixes ciclóstomos e em alguns teleósteos, há apenas um testículo.

Ductos genitais

Em ciclóstomos, o testículo, que é grande, não recebe ducto genital, portanto os espermatozoides são liberados no celoma e saem por poros abdominais, e o ducto arquinéfrico (estruturas urogenitais) só drena os rins. Em elasmobrânquios, os ductos arquinéfricos transportam tanto urina quanto espermatozoides. Na maioria dos peixes ósseos, há ductos testiculares que transportam os espermatozoides para o exterior, no entanto, em alguns peixes ósseos, como os salmonídeos, os espermatozoides são liberados na cavidade do corpo e saem dele através de poros. A Figura 4.9 apresenta os diferentes sistemas urogenitais de peixes machos.

Figura 4.9 | Sistemas urogenitais de peixes machos

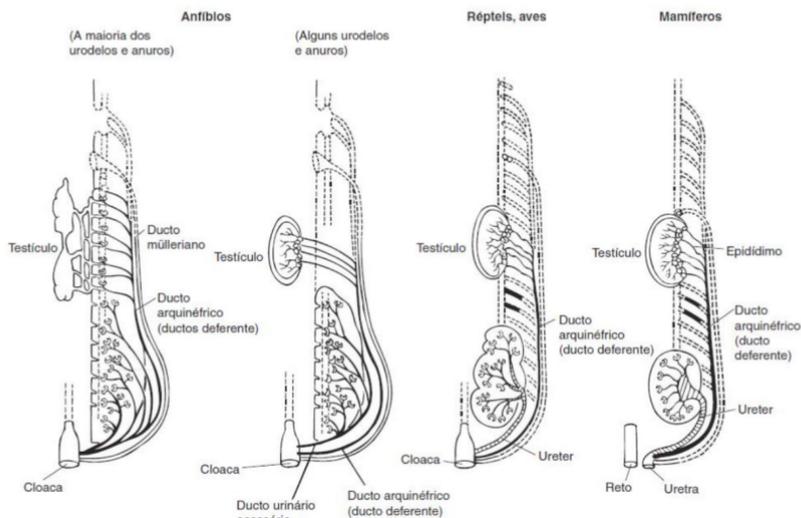


Fonte: Kardong (2016, p. 854).

Em anfíbios, pode ocorrer diversas configurações de ductos genitais, sendo que os ductos arquinéfricos, também chamados de ductos deferentes, podem transportar apenas espermatozoides, ou espermatozoides e urina. Nos machos amniotas (répteis, aves e mamíferos), o ducto arquinéfrico transporta somente espermatozoides.

A Figura 4.10 apresenta os ductos urogenitais de machos de anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Figura 4.10 | Sistema urogenital de diferentes grupos de vertebrados machos



Fonte: Kardong (2016, p. 856).

Órgãos copuladores

Em animais em que ocorre fertilização externa, os gametas são liberados no meio externo e, por esse motivo, não há a necessidade de órgãos copuladores. Isso ocorre, por exemplo, em diversas espécies de peixes e em anfíbios. Todavia, em animais em que ocorre fertilização interna, o espermatozoide deve ser introduzido dentro do trato genital feminino. Em muitos animais, a cópula envolve somente a união das cloacas do macho e da fêmea para que o espermatozoide seja transferido para a fêmea, enquanto que em outros grupos de animais, os machos possuem órgãos copuladores.

Em salamandras, a fecundação é interna, mas a transferência de espermatozoides ocorre por meio de espermatóforos (cápsula ou massa produzida pelos machos que contém os espermatozoides).

Peixes cartilaginosos, como tubarões e raias, têm as nadadeiras pélvicas transformadas em estruturas especializadas chamadas de cláspes. Durante a cópula, o cláspes é introduzido na cloaca da fêmea, e os espermatozoides saem da cloaca do macho e entram em um sulco no cláspes e são transferidos para a fêmea.

Lagartos e cobras possuem um par de órgãos introdutórios, chamados de hemipênis, que são ásperos ou espinhosos, para permitir um encaixe mais seguro na cloaca da fêmea. Um músculo retrator é capaz de fazer com que o hemipênis flácido retorne para o corpo do animal.

Machos de algumas aves e tartarugas e crocodilos possuem um único pênis, que é utilizado durante a cópula para transferir os espermatozoides para o corpo da fêmea. Quando não está sendo utilizado, ele fica flácido e pode ser retraído para dentro da câmara cloacal.

Todos os mamíferos possuem pênis, e os espermatozoides são transferidos para o corpo da fêmea por essa estrutura durante a cópula. A maioria dos mamíferos tem um único pênis, no entanto, em marsupiais, a extremidade desse órgão é bifurcada para poder se encaixar nas duas vaginas laterais das fêmeas. Alguns mamíferos, como os insetívoros, morcegos, roedores, carnívoros e a maioria dos primatas (com exceção dos humanos), possuem um osso no pênis, o qual é chamado de báculo e se localiza dentro do tecido conjuntivo do pênis e tem como função endurecê-lo.

Em alguns grupos de animais, é bem fácil distinguir os machos das fêmeas. Em mamíferos, por exemplo, a presença do pênis caracteriza os indivíduos como pertencentes ao sexo masculino. Em peixes, aves e anfíbios, que não possuem órgãos copuladores ou que a visualização do órgão copulador não é muito fácil, a determinação do sexo pode ser feita por meio do exame dos órgãos reprodutores internos. Em peixes cartilaginosos, a visualização do clássper determina que o espécime é do sexo masculino. Em muitas espécies de quelônios (tartarugas, cágados e jabutis), o macho é diferenciado da fêmea porque seu plastrão (parte inferior do casco) é côncavo. Em cobras, o sexo pode ser determinado por meio de um kit de sexagem, em que um instrumento é introduzido na cloaca dos animais e, caso ele consiga penetrar bastante na cloaca, trata-se de um macho. Em crocodilianos, para se fazer a sexagem, o animal deve ser imobilizado e um dedo é introduzido na cloaca do animal, caso seja um macho, o pênis sai da cavidade cloacal.



Saiba mais

Para saber mais sobre o sistema reprodutor masculino humano, consulte o Capítulo 22, *Sistema Reprodutor Masculino*, do livro indicado a seguir.

ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Sem medo de errar

No início desta seção, propusemos uma situação em que a ONG na qual você realiza seu estágio havia recebido uma chamada dos bombeiros para que os auxiliassem no resgate de um jacaré. Esse animal pode chegar aos rios devido a um distúrbio em seu habitat natural, fazendo com que busque novos locais para se alimentar e se reproduzir. O resgate dele de lugares

diferentes do seu ambiente natural se faz necessário, porque a sua presença pode alterar o equilíbrio do ecossistema existente, por exemplo, predando os peixes do local. Após a captura do animal, é necessário fazer uma avaliação do espécime para se determinar como está a sua saúde e se obter outras informações, como sexo e idade, para decidir qual será o destino do animal.

Após o resgate, foi descoberto que o animal em questão se tratava de um macho. Como é o procedimento para a sexagem desse tipo de animal?

Em alguns grupos de animais, a sexagem pode ser feita pela visualização de um órgão copulador, sendo que, em muitos, esse órgão fica localizado na parte externa do corpo do animal o tempo todo. Alguns exemplos são os tubarões, que possuem o clássper, e os mamíferos, que possuem o pênis.

Outros animais possuem órgão copulador, mas este não fica à mostra o tempo todo, sendo exposto somente na cópula. Alguns exemplos são as cobras, com o seu hemipênis, as tartarugas e os crocodilianos. Em tartarugas, podemos distinguir os machos das fêmeas pela observação do plastrão, pois neles essa estrutura é côncava. Crocodilianos (grupo do qual os jacarés fazem parte) não possuem uma distinção muito clara entre machos e fêmeas, como tamanho, coloração e presença de ornamentos. Machos de crocodilianos possuem pênis, no entanto este não fica na região externa do corpo do animal o tempo inteiro, sendo que, quando não está ocorrendo a cópula, ele é flácido e fica retraído dentro da câmara cloacal. Deste modo, para se ter certeza do sexo do animal, deve-se visualizar o pênis e, durante esse procedimento, o animal deve ser imobilizado e um dedo deve ser introduzido na cloaca, então, caso o indivíduo seja do sexo masculino, o pênis sairá da câmara cloacal.

Faça valer a pena

1. O sistema reprodutor masculino dos animais é formado por diversos órgãos e estruturas que têm como função a produção dos gametas masculinos (espermatozoides) e a secreção de hormônios. De maneira geral, o sistema reprodutor masculino é formado por órgãos primários e por órgãos acessórios.

Assinale a alternativa a seguir que apresenta uma estrutura que está presente em todos os sistemas reprodutivos masculinos de vertebrados.

- a) Pênis.
- b) Próstata.
- c) Corpo cavernoso.
- d) Escroto.
- e) Testículo.

2. Em seres humanos, os testículos são órgãos ovoides, pareados (direito e esquerdo), pertencentes ao sistema reprodutor masculino e importantes para a reprodução dos animais. Eles órgãos são constituídos por diversos tecidos e estruturas.

Assinale a alternativa que apresenta uma estrutura que compõe o testículo.

- a) Túbulos seminíferos.
- b) Vesícula seminal.
- c) Epidídimo.
- d) Próstata.
- e) Ducto deferente.

3. O sistema reprodutor masculino não é igual em todos os grupos animais. Há algumas estruturas que existem somente em alguns grupos, no entanto outras estão presentes em todos os grupos, como os ductos eferente e deferente.

Assinale a alternativa que apresenta a afirmação correta.

- a) Todos os grupos de animais possuem pênis.
- b) Alguns peixes e anfíbios não possuem órgãos copuladores.
- c) A próstata é um órgão presente em todos os grupos animais.
- d) Clássper é o nome da estrutura presente em mamíferos.
- e) O epidídimo é considerado como glândula acessória.

Estratégias sexuais

Diálogo aberto

Caro aluno, você saberia dizer como as fêmeas escolhem os machos? E quais são as estratégias adotadas pelos machos para que tenham mais chances de serem escolhidos?

Nesta seção, você verá as principais estratégias sexuais adotadas pelos grupos de animais (seleção sexual, competição e comportamento reprodutivo), além do dimorfismo sexual e feromônios.

A ONG em que você estagia recebeu outro telefonema para resgatar animais vítimas de tráfico. Ao chegar ao local, você viu que havia diversos espécimes de aves, sendo alguns deles com plumagem muito colorida e vistosa, um tamanho muito maior que os outros e um canto bastante sonoro. Em contrapartida, os outros animais possuíam tamanho menor, coloração parda e sem ornamentação e não cantavam como os outros. Todos os animais apreendidos eram da mesma espécie, então, baseado nessas informações, você saberia dizer quais são os machos e quais são as fêmeas?

Ao final desta seção, você conseguirá resolver com facilidade esta situação-problema, pois terá visto as estratégias sexuais utilizadas e adotadas pelos diversos grupos de animais.

Não pode faltar

Vimos, nas seções anteriores, os sistemas reprodutores feminino e masculino, como eles são compostos e a função das estruturas que os compõem. Nesta seção, entraremos em um assunto relacionado à reprodução, mas não aos sistemas reprodutores, mas aos aspectos comportamentais e morfológicos.

Em biologia, temos uma área de estudo chamada Etologia, que está relacionada ao comportamento animal, inclusive, o comportamento reprodutivo, ou seja, quais são os comportamentos que servem para maximizar o sucesso reprodutivo das espécies.

A reprodução é um dos aspectos mais importantes para os animais, pois é através dela que conseguem perpetuar a espécie e os seus materiais genéticos.

Sistemas de acasalamento

Os animais podem se reproduzir assexuadamente (não há fusão de gametas) ou sexuadamente (há união de gametas masculino e feminino). Os animais que possuem reprodução sexuada podem apresentar diversos sistemas de acasalamento, os quais são classificados de acordo com a associação entre machos e fêmeas durante o acasalamento.



Assimile

Os sistemas de acasalamento podem ser classificados de acordo com o número de parceiros em:

Monogamia: associação entre um macho e uma fêmea. Neste tipo, ambos cuidam da prole e quando não há escassez de recursos.

Poligamia: associação entre mais de um parceiro. Essa denominação é genérica e, dependendo do gênero do indivíduo, pode ser dividida em poliginia (um macho e várias fêmeas) e poliandria (uma fêmea e vários machos). No caso da poliginia, pode haver casos diferentes, dependendo da situação em que os animais estão inseridos, por exemplo, recursos críticos (água, alimento), defesa das fêmeas e quantidade de parceiros sexuais.

Poliginandria: dois ou mais machos possuem relação exclusiva com duas ou mais fêmeas.

Promiscuidade: relações sem regras, temporárias e não há formação de casais fixos.

Seleção sexual e competição

A seleção sexual está relacionada com a disputa entre indivíduos de um mesmo sexo (de maneira geral, os machos) pela posse de indivíduos do outro sexo, ou seja, um sexo acaba escolhendo o outro por meio de determinadas características. Essa seleção pode ser influenciada pelo meio ambiente, pois determinadas condições ambientais podem favorecer alguns indivíduos com determinadas características, aumentando, assim, o seu sucesso reprodutivo.

Entre os animais, o padrão mais comum é a fêmea escolher o macho e, por esse motivo, eles acabam desenvolvendo estruturas, estratégias ou comportamentos que geram uma competição para que a fêmea escolha o parceiro mais adequado.

Na maioria dos animais, os machos investem em uma maior quantidade de fêmeas para conseguir produzir uma maior quantidade de descendentes, e as fêmeas tentam investir em uma menor quantidade de machos que possuem características que elas consideram importantes para a sua prole, como tamanho e força.

Pode haver dois tipos de seleção: seleção intrasexual e intersexual. Na seleção intrasexual, ocorre competição agressiva entre indivíduos do sexo com maior número de representantes (geralmente, são os machos) pelo sexo com menor número de representantes (fêmeas, na maioria das vezes). Neste tipo de seleção, é normal que os machos adquiram corpo maior e outras características, além de desenvolverem armas na forma de cornos, chifres, presas, etc., que os ajudem a ganhar a competição contra outros machos.

Na seleção intersexual, os machos, que normalmente apresentam ornamentos no corpo, competem para serem escolhidos pela fêmea. Neste tipo de seleção, os traços fenotípicos apresentados pelos machos são determinantes para a sua escolha.



Exemplificando

Um exemplo de seleção intersexual ocorre entre os pavões, entre os quais as fêmeas escolhem os machos mais ornamentados e exuberantes. Outro exemplo é a presença de galhadas nos machos de cervos, sendo que as fêmeas escolhem os machos com as maiores galhadas. Na seleção intersexual, o macho deve apresentar características consideradas atrativas para as fêmeas.

Na seleção sexual, há alguns fatores que levam machos e fêmeas a tentar controlar as decisões reprodutivas. No caso das fêmeas, o investimento no óvulo e a escolha do parceiro são decisões controladas, principalmente, por elas; já no caso dos machos, há algumas medidas adotadas que podem influenciar as decisões reprodutivas das fêmeas, ou seja, escolhê-los para reproduzir. Dentre essas medidas, podemos citar recursos que são transferidos para as fêmeas (alimento, abrigo), cortes elaboradas, coerção sexual e infanticídio.

Táticas e estratégias reprodutivas

Como na seleção sexual, um sexo, geralmente os machos, competem entre si para poder acasalar com o outro sexo, porém muitos indivíduos acabam não sendo escolhidos, então, para aumentar as chances no sucesso reprodutivo, diversas espécies acabaram desenvolvendo táticas alternativas de reprodução.

Há uma distinção entre táticas e estratégias em etologia, sendo que estas se relacionam a um conjunto de regras que um grupo de animais da mesma espécie apresenta para determinado comportamento, enquanto aquelas relacionam-se a comportamentos alternativos que cada indivíduo pode apresentar. Como exemplo, podemos citar uma espécie de foca, cuja

estratégia reprodutiva dos machos é defender espaços de praia usados pelas fêmeas como local de descanso e local de parto (machos mais fortes conseguem espaços melhores); como tática alternativa, alguns machos que não se estabelecem em locais tão favoráveis tentam raptar fêmeas dos territórios de seus rivais e, em alguns casos, conseguem lograr êxito.

Todas essas táticas alternativas de reprodução são explicadas pelas estratégias condicionais, ou seja, os indivíduos são capazes de ser flexíveis, de se adaptarem, de alterarem o seu comportamento de acordo com as condições ambientais. Em espécies com estratégias condicionais, os machos desfavorecidos que adotam táticas alternativas conseguem ter mais chances de se reproduzir do que se adotassem as táticas dos machos dominantes. Dentre as estratégias reprodutivas condicionais, temos alguns exemplos: os machos satélites e os machos sorrateiros.



Assimile

Machos satélites: são os machos que ficam esperando próximo a outros machos, ficam à espreita para interceptar as fêmeas que são atraídas pelos machos concorrentes. Eles não são tão bem-sucedidos como os machos dominantes, mas se saem melhor adotando essa estratégia do que se tentassem competir com estes. Como exemplo dessa estratégia, podemos citar os anuros. Nesse caso, os machos satélites não vocalizam e se localizam em posições periféricas junto a outros machos que vocalizam, então, quando as fêmeas são atraídas pela vocalização, os machos satélites as interceptam.

Machos sorrateiros: neste tipo de estratégia, os machos, geralmente, evitam confronto direto com os machos dominantes e não ficam junto a outros machos. Eles possuem testículos maiores e produzem mais espermatozoides e, quando encontram condições favoráveis, tentam acasalar com as fêmeas enquanto os machos dominantes estão tentando defender o território ou estão competindo com outros machos.

Existem algumas táticas alternativas que não estão relacionadas com as estratégias condicionais, como exemplo disso temos que, em algumas espécies, alguns machos possuem características que os fazem ser confundidos com fêmeas e, desta forma, os machos dominantes não os expulsam de seu território e nem brigam e, conseqüentemente, esses machos imitadores de fêmeas têm acesso a elas e conseguem se reproduzir.

Dimorfismo sexual

A seleção sexual influencia na escolha de parceiros, e isso faz com que o sistema de acasalamento de cada espécie influencie na aparência e no comportamento de ambos os sexos. Espécies monogâmicas, geralmente, não possuem grandes diferenças morfológicas entre os sexos.

Nos sistemas de acasalamento poligâmicos, há uma maior chance de ocorrer diferenças externas entre os sexos, e a essa característica chamamos de dimorfismo sexual, que pode ocorrer na forma, no tamanho, na coloração, na ornamentação e nos comportamentos de corte. A Figura 4.11 apresenta um exemplo de dimorfismo sexual.

Figura 4.11 | Dimorfismo sexual em patos mandarim (*Aix galericulata*)



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pair_of_mandarin_ducks.jpg. Acesso em: 15 dez. 2018.



Exemplificando

Um exemplo de dimorfismo sexual ocorre em leões que possuem juba farta, enquanto que nas fêmeas essa característica está ausente. Além disso, a coloração da juba dos machos está relacionada à quantidade de testosterona do indivíduo. Deste modo, leões com mais testosterona possuem juba mais escura e, provavelmente, são mais fortes, por isso, são escolhidos pelas fêmeas para acasalar.

Em espécies poligínicas, normalmente, há um grande dimorfismo sexual, pois os machos precisam apresentar características que sejam atraentes para as fêmeas, logo, quanto mais poligínica a espécie, mais dimorfismo ela apresenta.

Comportamento reprodutivo

O comportamento reprodutivo em animais inclui todas as atividades (comportamentos e ações) que estão envolvidas no processo de reprodução. Nele, é comum ocorrer o cortejo sexual ou cortejo nupcial em várias espécies, ou seja, durante a época de acasalamento, muitos animais adquirem um comportamento estereotipado, cujo objetivo é atrair a atenção do sexo oposto e obter sucesso reprodutivo.

Esse tipo de comportamento é chamado de parada nupcial ou ritual de acasalamento, e permite que machos e fêmeas da mesma espécie se reconheçam e ocorra a reprodução. Ele pode ser de vários tipos: uma dança de acasalamento, lutas, sinais olfativos, sinais visuais, sinais sonoros, etc.

Na dança de acasalamento, ocorre um tipo de dança elaborada, na qual algumas espécies realizam uma sequência de movimentos para tentar atrair a atenção, impressionar e influenciar na escolha dos seus possíveis parceiros sexuais. Isso ocorre, por exemplo, em grou, golfinhos, flamingos e aves do paraíso. A Figura 4.12 apresenta uma foto de uma parte da dança de acasalamento de flamingos.

Figura 4.12 | Flamingos em dança de acasalamento



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Birds-80-Dv.jpg>. Acesso em: 15 dez. 2018.

Nas lutas, ocorre combate físico entre os animais, como os alces, por exemplo, para mostrar quem é o espécime dominante.

Algumas espécies de animais utilizam sinais olfativos, por meio dos feromônios sexuais, para atrair os possíveis parceiros sexuais. Feromônios são substâncias químicas produzidas pelos animais que, quando liberadas, promovem determinadas reações em indivíduos da mesma espécie. Eles podem induzir comportamento de alerta, territorialidade, agregação sexual, entre outros. Os feromônios sexuais são usados na seleção intersexual, sendo

que a maioria dos animais produz esse tipo de substância. Em mamíferos, pode indicar uma série de situações, como idade, sexo, status reprodutivo, estado emocional, etc. Em alguns animais, como os gafanhotos, pode atuar como acelerador da maturação sexual, ou induzir a ovulação, como ocorre com alguns camundongos, cuja urina dos machos dominantes contém feromônios que influenciam no processo ovulatório das fêmeas.

Alguns grupos de animais utilizam sinais visuais como ritual de acasalamento. Nesse caso, os machos das espécies possuem cores chamativas para atrair a atenção das fêmeas. Um exemplo conhecido são os pavões machos, que possuem um padrão de cores exuberantes. A Figura 4.13 apresenta um pavão macho mostrando sua plumagem colorida para uma fêmea (note também o dimorfismo sexual entre macho e fêmea).

Figura 4.13 | Exemplo de sinal visual utilizado como ritual de acasalamento



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pavo_cristatus_in_Barbados_Wildlife_Reserve_12.jpg. Acesso em: 15 dez. 2018.

Os sinais sonoros também são utilizados como ritual de acasalamento, e consiste em os machos vocalizarem para chamarem a atenção das fêmeas. Esse tipo de ritual é bastante utilizado em anuros. Outro exemplo são as aves canoras, em que os machos apresentam um padrão de canto para atrair as fêmeas e estas escolhem os parceiros de acordo com algumas características apresentadas no canto (notas, altura do canto, melodia, etc.).

Além dos tipos citados, outros grupos adotam um ritual de acasalamento que consiste em presentear as fêmeas com algum tipo de presente nupcial. Isso ocorre, por exemplo, em uma espécie de mosca (*Hyllobitacus apicalis*) (Figura 4.14), em que os machos presenteiam as fêmeas com alimentos. O sucesso reprodutivo dos machos dessa espécie é dependente da qualidade e do tamanho do alimento. Um exemplo mais drástico é o de algumas espécies de aranhas e louva-a-deus (Figura 4.15), em que o presente nupcial acaba sendo o próprio macho, isto é, após o acasalamento, as fêmeas os devoram.

Figura 4.14 | *Hyllobittacus apicalis*



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hyllobittacus_apicalis_Michigan.jpg. Acesso em: 15 dez. 2018.

Figura 4.15 | Fêmea de louva-a-deus comendo a cabeça do macho após o acasalamento



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Praying_Mantis_Sexual_Cannibalism_European-26.jpg. Acesso em: 15 dez. 2018.



Refleta

O comportamento reprodutivo de diversas espécies tem sido extensamente estudado, e a maioria das observações ocorre no ambiente onde o animal está inserido. Será que o comportamento reprodutivo de animais em cativeiro é igual ao de animais que se encontram livres na natureza?



Saiba mais

Para saber mais sobre as estratégias reprodutivas, consulte o Capítulo 10, *A evolução do comportamento reprodutivo*, e o Capítulo 11, *A evolução dos sistemas de acasalamento*, do livro:

Sem medo de errar

A ONG em que você está estagiando recebeu uma ligação para realizar o resgate de alguns animais que são vítimas de tráfico. Ao chegar ao local, você viu que a maioria eram aves canoras, mais especificamente curiós. Também, que havia diversos animais com plumagem muito colorida e vistosa, com um tamanho muito maior que os outros espécimes e um canto bastante sonoro, sendo que os outros animais possuíam tamanho menor, coloração parda e sem ornamentação e não cantavam como os demais. Todos os animais apreendidos eram da mesma espécie, então, baseado nessas informações, você saberia dizer quais são os machos e quais são as fêmeas?

No caso em questão, observamos dimorfismo sexual, ou seja, machos e fêmeas da mesma espécie apresentam características distintas, como coloração e ornamentação.

O dimorfismo sexual é uma característica que não está presente em todas as espécies, sendo que naquelas que são monogâmicas essa característica ocorre com baixíssima frequência, entretanto, em espécies poligâmicas, ocorre, de maneira geral, um grande dimorfismo sexual entre os sexos. Isso se deve ao fato de que os machos devem apresentar atrativos para as fêmeas devido à seleção sexual. Em aves, o dimorfismo é bastante comum, sendo que os machos apresentam plumagem mais colorida e vistosa, como também ornamentações. Outra característica dos machos está relacionada ao tamanho, já que eles, geralmente, são maiores do que as fêmeas; além disso, em muitas espécies de aves, os machos apresentam padrão de canto, e esse aspecto faz com que eles sejam alvo de tráfico, pois as pessoas, por apreciarem o canto dessas aves, capturam os animais de seu ambiente natural e os mantêm em cativeiro.

As fêmeas, geralmente, não apresentam ornamentação, têm coloração parda, cantam menos e têm tamanho menor. Deste modo, a observação das características fenotípicas dos indivíduos de espécies que apresentam dimorfismo sexual permite a diferenciação entre machos e fêmeas.

Em algumas espécies, os machos jovens apresentam características muito semelhantes às das fêmeas, por isso, podem ser confundidos com elas. Um exemplo disso são os curiós, os quais possuem coloração negra na maior parte do corpo e coloração castanha somente na parte inferior do peito e do ventre; também, as asas têm um espéculo (mancha clara) pequeno e característico de

coloração branca. As fêmeas apresentam coloração parda, sendo que esse padrão também ocorre em machos jovens, por isso, muitas vezes, confunde-se os dois.

Faça valer a pena

1. Os seres vivos podem se reproduzir assexuadamente e sexuadamente. Os animais que possuem reprodução sexuada podem adotar um dos diferentes sistemas de acasalamento, sendo que estes são baseados no modo de associação entre machos e fêmeas da mesma espécie durante o acasalamento.

Assinale a alternativa a seguir que apresenta um sistema de acasalamento.

- a) Heterogamia.
- b) Hermafroditismo.
- c) Partenogênese.
- d) Anisogamia.
- e) Poligamia.

2. A seleção sexual é um tipo especial de seleção natural, sendo que aquela está relacionada à habilidade de um organismo em obter sucesso reprodutivo, ou seja, de copular. A seleção sexual pode ocorrer de duas maneiras.

Assinale a alternativa que apresenta os dois tipos.

- a) Intrasexual e intersexual.
- b) Heterossexual e intersexual.
- c) Transexual e intrasexual.
- d) Intersexual e demisssexual.
- e) Homossexual e entresexual.

3. Os comportamentos reprodutivos de animais englobam todas as atividades relativas à reprodução. Eles estão relacionados ao reconhecimento entre machos e fêmeas da mesma espécie durante a época de acasalamento, sendo que podem variar grandemente entre as espécies.

Assinale a alternativa que apresenta o comportamento reprodutivo relacionado aos feromônios.

- a) Sinal visual.
- b) Dança de acasalamento.
- c) Sinais sonoros.
- d) Sinais olfativos.
- e) Oferta de presentes nupciais.

Referências

- ALCOCK, J. **Comportamento animal**: uma abordagem evolutiva. 9. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- HICKMAN, C. P. et al. **Princípios integrados de zoologia**. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- KARDONG, K. V. **Vertebrados**: anatomia comparada, função e evolução. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
- ROSS, M. C. **Histologia**: texto e atlas. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

ISBN 978-85-522-1421-2



9 788552 214212 >