



Morfofisiologia animal comparativa II

Morfofisiologia animal comparativa II

Marta Maria Círchia Pinto Luppi

© 2016 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Dieter S. S. Paiva
Camila Cardoso Rotella
Emanuel Santana
Alberto S. Santana
Regina Cláudia da Silva Fiorin
Cristiane Lisandra Danna
Danielly Nunes Andrade Noé

Parecerista

Luciana Bonato de Camargo

Editoração

Emanuel Santana
Cristiane Lisandra Danna
André Augusto de Andrade Ramos
Daniel Roggeri Rosa
Adilson Braga Fontes
Diogo Ribeiro Garcia
eGTB Editora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L965m Lupp, Marta Maria Circhia Pinto
Morfofisiologia animal comparativa II / Marta Maria
Circhia Pinto Lupp. – Londrina : Editora e Distribuidora
Educacional S.A., 2016.
208 p.

ISBN 978-85-8482-440-3

1. Morfosiologia veterinária. I. Título.

CDD 636.0891

2016

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 Morfofisiologia do Sistema Nervoso comparada entre os diferentes grupos de animais _____	7
Seção 1.1 - Introdução ao estudo da morfologia comparada _____	9
Seção 1.2 - Anatomia do sistema nervoso central _____	19
Seção 1.3 - Anatomia do sistema nervoso periférico e classificação funcional _____	31
Seção 1.4 - Prática sobre o sistema nervoso _____	43
Unidade 2 Morfofisiologia dos órgãos do sentido, glândulas endócrinas e aparelho locomotor comparada entre os diferentes grupos de animais _____	53
Seção 2.1 - Órgãos do Sentido _____	55
Seção 2.2 - Anatomia e fisiologia das glândulas endócrinas _____	67
Seção 2.3 - Anatomia e fisiologia do aparelho locomotor _____	79
Seção 2.4 - Prática sobre órgãos do sentido, aparelho locomotor e glândulas endócrinas _____	91
Unidade 3 Morfofisiologia de órgãos urinários e sistema cardiovascular comparada entre os diferentes grupos de animais _____	105
Seção 3.1 - Anatomia e fisiologia dos órgãos urinários _____	107
Seção 3.2 - Anatomia e fisiologia do sistema cardiovascular _____	121
Seção 3.3 - Vascularização corpórea _____	133
Seção 3.4 - Práticas sobre órgãos urinários e sistema cardiovascular _____	147
Unidade 4 Morfofisiologia dos aparelhos respiratório e digestório comparada entre os diferentes grupos animais _____	161
Seção 4.1 - Anatomia e fisiologia do aparelho respiratório _____	163
Seção 4.2 - Anatomia e fisiologia do aparelho digestório _____	175
Seção 4.3 - Anatomia e fisiologia das glândulas anexas ao aparelho digestório _____	187
Seção 4.4 - Prática sobre aparelhos respiratório e digestório _____	197

Palavras do autor

Prezado aluno, nesta disciplina iremos descrever os principais componentes anatômicos de alguns sistemas orgânicos dos mamíferos, relacionar com suas respectivas funções e ainda comparar com animais de outros filos. Você irá se impressionar com as habilidades de algumas espécies, com a perfeição do corpo dos vertebrados e também com a diversidade de formas.

Para que o aprendizado seja efetivado é necessário que o aluno se envolva com os conteúdos e se dedique às atividades de autoestudo. Serão aqui trabalhadas competências técnicas fundamentais para a formação de um profissional crítico e apto a resolver situações em suas diferentes áreas de trabalho, que irá reforçar as inter-relações entre as espécies e, sobretudo, com o ecossistema no qual estão inseridas. Esses conhecimentos serão também utilizados como base para compreensão de outras disciplinas que serão ministradas oportunamente ao longo do curso.

Primeiramente traremos conceitos iniciais para o estudo de morfologia, a seguir entraremos no fascinante mundo do estudo do sistema nervoso, órgãos do sentido e endocrinologia, veremos a forma como ocorre o “comando” de outros sistemas e como os seres vivos conseguem responder aos diferentes estímulos recebidos no ambiente onde vivem. Depois estudaremos o aparelho locomotor, as diferentes estruturas que permitem um animal andar, saltar, nadar e voar. Partiremos então para o entendimento dos órgãos urinários, sistema cardiovascular e, enfim, os aparelhos respiratório e digestório.

O conhecimento irá reforçar a necessidade de preservação do ambiente e das espécies que ali vivem. Vamos começar?

MORFOFISIOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO COMPARADA ENTRE OS DIFERENTES GRUPOS DE ANIMAIS

Convite ao estudo

Estudaremos de forma comparada entre os vertebrados as diferentes constituições do sistema nervoso, que é responsável pelo comando de todos os órgãos e sistemas corpóreos e ainda pelas relações dos indivíduos com o ecossistema onde vivem. Primeiramente estudaremos nos mamíferos e então apresentaremos alguns aspectos comparativos em outros animais.

A competência geral é conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais por meio do estudo morfofisiológico comparativo.

A competência técnica é conhecer o sistema nervoso, os órgãos do sentido, glândulas endócrinas e aparelho locomotor dos diferentes tipos de animais, com suas particularidades, para identificar cada grupo. Ambas capacitarão o aluno a conhecer a morfofisiologia através do estudo morfofisiológico comparativo.

Os objetivos específicos de aprendizagem da unidade são:

- Entender alguns conceitos básicos de morfologia comparada, como: evolução, ancestralidade, filogenia, homologia, analogia, adaptação, normalidade, variação, anomalia e monstruosidade;
- Conhecer a morfofisiologia do sistema nervoso comparada entre os diferentes grupos de animais;

- Aplicar o que for aprendido nos estudos em situações próximas da realidade profissional.

Para tanto, utilizaremos a Situação da Realidade Profissional (SR) ou Situação Geradora de Aprendizagem (SGA), para que seja possível aproximar os conteúdos teóricos com a prática.

A visita a um zoológico é uma das principais formas de se avaliar a grande diversidade de animais existentes em nosso planeta, por lá existem inúmeros exemplares de animais selvagens que nos fascinam com suas particularidades. Por que será que existem tantas diferenças entre as espécies?

Além das espécies selvagens, temos as espécies domésticas, que já convivem com o homem há muito tempo e se adaptaram perfeitamente com essa convivência.

Os cães convivem com o homem há milhares de anos, historicamente foi o primeiro animal a ser domesticado, na verdade, o seu antepassado, o lobo. Primeiramente, os lobos foram atraídos para os locais de moradia dos homens em busca de restos de alimentos ali deixados. Acredita-se que o poder encantador dos filhotes conquistou o coração, principalmente das mulheres que ficavam cuidando das crianças e preparando a comida, enquanto os homens saíam para caçar. Então, foi se estabelecendo uma ancestral amizade entre as duas espécies, que deu tão certo que hoje o cão é considerado o melhor amigo do homem.

Frente a essa situação, você consegue imaginar o que existe de comum entre o cão doméstico (*Canis lupus familiaris*) de hoje e o seu antepassado lobo (*Canis lupus*)?

Seção 1.1

Introdução ao estudo da morfologia comparada

Diálogo aberto

Olá! Para iniciar nossos estudos, voltaremos no tempo para entender como surgiram as primeiras formas de vida em nosso planeta, bem como suas relações com o ambiente onde vivem.

Vamos retomar aquele texto anterior sobre a domesticação dos cães e complementá-lo da seguinte forma: durante milhares de anos de convivência, os seres humanos foram selecionando os cães mais dóceis e dispostos a conviver conosco, criando assim uma espécie domesticada. Um estudo da Revista Science mostra que a transição entre lobo selvagem e cão doméstico aconteceu na Europa há 18.800 anos.

Quais as condições que facilitaram esse processo de domesticação? Para responder a essa questão precisamos estudar um pouco sobre a origem dos vertebrados e outras formas de vida em nosso planeta, e ainda ancestralidade, normalidade e variação.

Não pode faltar

Com a formação do planeta, há 4,5 bilhões de anos e a consolidação das estruturas abióticas, que são todos os fenômenos físicos e químicos que os seres vivos recebem do ambiente onde vivem, tais como: água, radiação solar, luz, temperatura, pressão, vento, entre outros, foram criadas então condições para o aparecimento dos primeiros seres vivos.

Evidências nos mostram que há aproximadamente 3,5 bilhões de anos apareceram os primeiros seres vivos, as cianobactérias fotossintetizantes, cujos fósseis foram encontrados em rochas do período Arqueozoico.

Para que possamos melhor compreender a história da Terra e a evolução da vida em nosso planeta, paleontólogos baseiam-se na divisão de tempos criada por geólogos (Quadro 1.1), que são as Eras, Períodos e Épocas, que representam unidades de tempo, onde são alocadas tanto as modificações abióticas (fatores físicos e químicos), como

as bióticas (dos seres vivos). Vejam o quadro a seguir:

Quadro 1.1 | Escala de tempo geológico

ESCALA DE TEMPO GEOLÓGICO					
ERA	PERÍODO	ÉPOCA	TEMPO (anos)	FORMAS DE VIDA	
				VEGETAL	ANIMAL
CENOZOICA	QUATERNÁRIO	Haloceno	11 mil	Plantas atuais	Seres humanos
		Pleistoceno	1,5 milhões		
	TERCIÁRIO	Plioceno	12 milhões	Pinheiros	Mamíferos Pássaros Primates Insetos Répteis
		Mioceno	23 milhões		
		Oligoceno	35 milhões		
		Eoceno	55 milhões		
Paleoceno	70 milhões				
MESOZOICA	CRETÁCEO		135 milhões	Angiospermas	Peixes Répteis marinhos Caramujos Anfíbios
	JURÁSSICO		180 milhões	Desenvolvimento das gimnospermas	
	TRIÁSSICO		220 milhões		
PALEOZOICA	PERMIANO		270 milhões	Criptógamas e Algas marinhas	Primeiros répteis e anfíbios Primeiros insetos Primeiros peixes Crustáceos Invertebrados Moluscos e trilobitas
	CARBONÍFERO		350 milhões		
	DEVONIANO		400 milhões		
	ORDOVICIANO		430 milhões		
	CAMBRIANO		600 milhões		
PRÉ-CAMBRIANO	PROTEROZOICO	Algonquiano	3,3 bilhões	Organismos fotossintetizantes	
	ARQUEOZOICA	Arqueano		Primeiros seres vivos	
FORMAÇÃO DA TERRA			± 4,5 bilhões	Nenhum sinal de vida	

Fonte: Adaptado de Leinz e Amaral (1995, p. 27).

Apesar de existirem muitas formas de vida em nosso planeta, o objetivo do nosso estudo neste momento são os animais vertebrados, que apareceram pela primeira vez há 600 milhões de anos, no período Cambriano, na Era Paleozoica. Quais são as características deste grupo de animais?

VERTEBRATA é um subfilo do filo CHORDATA, são animais multicelulares, seus embriões possuem três camadas germinativas: ectoderma, mesoderma e endoderma. O corpo apresenta simetria bilateral (lado esquerdo e direito, extremidades cranial e caudal, superfícies dorsal e ventral).



Assimile

Em todos os vertebrados está presente o celoma, que é uma cavidade corpórea, seu tubo digestório apresenta aberturas separadas para a boca e para o ânus e possuem um esqueleto interno, são os únicos que possuem cabeça verdadeira, com um encéfalo e crânio, que o protege e sustenta.

Todos os vertebrados possuem vértebras? A maioria sim, mas alguns têm poucas e incompletamente formadas.

Vale ressaltar que o filo CHORDATA tem outros dois subfilos, que são UROCHORDATA e CEPHALOCORDATA, além dos VERTEBRATA.

No grupo dos vertebrados temos os animais da classe Agnatha, que não possuem mandíbula, dentes e tampouco membros pareados, mas apresentam notocorda e vértebras incompletas, os únicos Agnatha sobreviventes são as lampreias e feiticeiras. As lampreias são semiparasitas de peixes ósseos e as feiticeiras são primariamente carniceiras, com boca e língua adaptadas para raspar e cortar a carne e seu esqueleto cartilaginoso.

Além dos Agnatos, temos entre os vertebrados os animais Gnatostomados, que são animais que possuem mandíbula e são representados pelos: peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.



Refleta

Ao compararmos os peixes com os Agnatos, podemos dizer que o principal avanço evolutivo foi a presença das mandíbulas, que então permitiu a eles e a seus descendentes o consumo de alimentos mais duros e maiores, e assim se adaptassem a modos de vida mais diversificados; nota-se também a presença de apêndices pareados.

O grupo dos tetrápodes são os vertebrados com quatro patas (= membros), ao menos em sua ancestralidade. Os primeiros que tiveram patas em vez de nadadeiras foi um grupo de anfíbios do Devoniano Superior, eram provavelmente aquáticos e utilizavam seus membros para andar em águas rasas, remar em águas mais profundas e rastejar nas margens. A maioria dos tetrápodes é terrestre e foram necessárias algumas mudanças corpóreas para a vida fora da água: as nadadeiras medianas não são mais úteis, o corpo precisa ser sustentado pelos membros, exigindo apêndices fortes e firmemente associados ao esqueleto axial, e uma coluna vertebral mais resistente à torção. Os pulmões e uma circulação pulmonar substituem as brânquias. A camada mais superficial da pele passa a ser cornificada, para resistir à abrasão e ressecamento. Na cavidade oral se fez necessária a presença de glândulas para umedecer os alimentos. Aconteceram também mudanças relacionadas com a reprodução, pois, sem a água para proteger seus ovos e larvas, seus ovos passaram a ter cascas e membranas fetais para proteção dos embriões.



Refleta

Enfim, foram tantas modificações, que não devemos nos surpreender que os primeiros tetrápodes, os anfíbios, não conseguiram realizar todas elas de forma completa. Sua pele não permite exposição prolongada ao ar seco e, como não têm membranas fetais, seus ovos precisam ser postos na água ou em locais bastante úmidos. Podemos dizer, então, que a classe dos anfíbios não é completamente terrestre.

Os répteis evoluíram a partir dos anfíbios e são a primeira classe de tetrápodes que conseguiu as adaptações necessárias para a vida terrestre: membranas fetais e um tegumento resistente ao ressecamento.

As aves são a classe de tetrápodes mais homogênea e distintiva, são bípedes, ovíparas e muito diferentes dos répteis, apesar de terem evoluído a partir deles. Possuem asas, que são uma modificação em seus apêndices locomotores anteriores, nenhuma outra adaptação locomotora requer tantas especializações quanto o voo, para o qual as penas têm importância especial e são fundamentais para sua mecânica.

Os mamíferos são numerosos e distintos, surgiram a partir dos répteis, na Era Mesozoica, e expandiram-se para quase todos os habitats disponíveis sobre a Terra, no oceano, lagos, rios, subsolo, nas árvores, alguns habitam até os ares. Apresentam algumas características que os distinguem das demais classes, como, por exemplo, as glândulas mamárias, que fornecem alimento para seus filhotes, o que representou uma grande vantagem evolutiva, pois as mães conseguem garantir a sobrevivência de seus filhotes mesmo em épocas de escassez de alimentos. Os pelos também são características exclusivas deste grupo e estão presentes durante pelo menos algum período da vida, embora em alguns animais possam estar bem reduzidos nos adultos,

como nas baleias. Os mamíferos, como as aves, são animais endotérmicos, possuem mecanismos que controlam a temperatura corpórea.

Acho que perceberam que são muitos os animais classificados como vertebrados e que possuem diferenças morfológicas entre eles e que o formato de seu corpo é adequado para sobreviverem em seu ambiente, conseguirem se alimentar e reproduzir.

Pois bem, a forma está sempre associada à função. Existe uma célebre frase na morfologia, do pesquisador Angelo Ruffini, que em 1925 disse: "A forma é a imagem plástica da função", pois um órgão ou estrutura apresenta um determinado formato para desempenhar uma determinada função.

No estudo da morfologia, alguns conceitos introdutórios são fundamentais, os primeiros são: **Normalidade**, **Varição**, **Anomalia** e **Monstruosidade**.

Normalidade é aquele padrão morfológico que aparece com a maior frequência estatística em uma determinada população. Por exemplo, em mamíferos, o padrão de normalidade para vascularização renal é que cada um dos rins receba uma artéria renal, é assim na maioria dos indivíduos.

Varição é quando um indivíduo apresenta alguma característica diferente do padrão de normalidade, mas que não traz nenhum prejuízo funcional a ele. Seguiremos no mesmo exemplo citado acima: alguns indivíduos podem apresentar duas artérias renais chegando em um dos rins, em vez de uma, sendo que essa condição não traz prejuízo algum.

Anomalia já é uma condição diferente do padrão de normalidade, entretanto traz prejuízo funcional. Podemos citar como exemplo a presença de dedos supranumerários.

Monstruosidade é quando existe uma anomalia bastante comprometedora, que em geral é incompatível com a vida, como, por exemplo, a agenesia de encéfalo ou anencefalia.

Charles Darwin, com seu livro *A Origem das Espécies*, publicado em 1859, provocou uma verdadeira revolução no mundo científico e na sociedade daquela época, com sua teoria da evolução, que é sedimentada em quatro bases: **variação**, **competição**, **reprodução diferencial** e a **seleção natural**. Vamos entender o que são essas bases?



Assimile

Para qualquer traço hereditário, seja estrutura, resposta fisiológica ou até mesmo comportamento, há **variação** nas populações. Em todos os ambientes existe **competição** por recursos disponíveis e alguns indivíduos

com determinadas variantes podem se beneficiar na obtenção destes recursos e então surgem **taxas reprodutivas diferenciais**, que, ao longo do tempo, resultam em uma população com possíveis alterações de características, que permitiram uma melhor adaptação naquele ambiente específico. Pode acarretar tanto a alteração de uma espécie ou o aparecimento de uma nova espécie, o que chamamos de **especiação**.



Exemplificando

Os animais da atualidade são descendentes modificados de espécies ancestrais e por isso apresentam algumas semelhanças com seus antepassados, por isso os lobos e os cães possuem tantas semelhanças.



Refleta

E será que é possível realizarmos análises comparativas entre espécies diferentes? Existem similaridades entre indivíduos tão diferentes?

O conceito de homologia é importante para caracterização de alguns traços nas análises comparativas, mas é bastante controverso. Utilizaremos aqui como base o que chamamos de homologia filogenética, que é quando encontramos estruturas similares entre duas espécies que possuem um ancestral comum, por exemplo: o membro peitoral de um lagarto e de um golfinho, a língua de um sapo e de uma salamandra.

Ainda temos a analogia, quando apresentam função comum, mas com ausência de ancestralidade, exemplo: asa de uma mosca e de uma ave, espinho de um ouriço e de um porco-espinho.

Figura 1.1 | Posição anatômica nos quadrúpedes



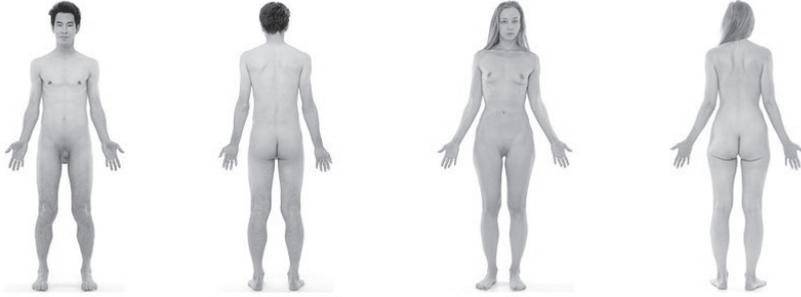
Fonte: <<https://pixabay.com/pt/c%C3%A3o-animal-pet-terrier-719630/>>. Acesso em: 5 out. 2015.

No estudo da morfologia existe uma padronização de terminologia nas descrições anatômicas, optou-se por uma posição padrão dos animais; sendo assim, quando se realiza qualquer descrição, considera-se que o indivíduo esteja na chamada posição anatômica, que se difere entre os quadrúpedes e bípedes.

Quadrúpedes: os quatro membros apoiados no chão, olhar dirigido para o horizonte e pescoço em um ângulo de 45° (Figura 1.1).

Bípedes: os membros inferiores apoiados no chão e unidos, face voltada para frente, olhar dirigido para o horizonte, membros superiores estendidos, juntos ao corpo, com as palmas das mãos voltadas para frente (Figura 1.2).

Figura 1.2 | Posição anatômica do homem



Fonte: <<https://pixabay.com/pt/humano-anatomia-feminino-masculino-876108/>>. Acesso em: 5 out. 2015.

Com o indivíduo na posição anatômica são determinados os planos de delimitação dos corpos dos vertebrados, que tangenciam cada uma das regiões dos corpos, sendo:

- Plano cranial: tangencia a cabeça
- Plano caudal: tangencia a cauda dos animais/costas do homem
- Plano ventral: tangencia o ventre
- Plano dorsal: tangencia o dorso
- Plano lateral direito: tangencia o lado direito
- Plano lateral esquerdo: tangencia o lado esquerdo



Pesquise mais

HILDEBRAND, M.; GOLDSLOW Jr, G. E. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

DYCE, K. M.; SACK, W. O; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.



Faça você mesmo

Você consegue encontrar alguma semelhança entre as características dos vertebrados e os planos de delimitação?

Sem medo de errar!

Na situação da domesticação dos cães colocada no início desta unidade, quais foram as condições favoráveis encontradas para essa relação para que se tivesse sucesso e houvesse o aparecimento de uma nova espécie?

Resposta: As variações de comportamento em alguns exemplares dos ancestrais dos cães permitiram que alguns se adaptassem com a convivência com o homem, trouxeram benefícios e taxas reprodutivas diferenciais, favorecendo o aparecimento de uma nova espécie.



Atenção!

Veja a importância das variações em grupo de animais, elas estão presentes em todos os grupos e podem determinar condições adaptativas favoráveis.



Lembre-se

Para qualquer traço hereditário, seja estrutura, resposta fisiológica ou até mesmo comportamento, há variação nas populações.

Avançando na prática

Pratique mais!

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois as compare com as de seus colegas.

Construindo um recinto para anfíbios

1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Características específicas dos anfíbios.
3. Conteúdos relacionados	Morfofisiologia dos vertebrados.

4. Descrição da SP	Você foi convidado para fazer um projeto de um recinto para anfíbios em um zoológico, na cidade de Palmas, no Estado do Tocantins, Região Norte do Brasil, onde predomina o clima tropical, com estação seca. Conhecendo as necessidades desse grupo de animais, quais serão as principais características deste local?
5. Resolução da SP	A manutenção de animais em cativeiros requer conhecimento específico de seu hábitat e morfofisiologia, só assim podemos garantir condições de sobrevivência e bem-estar.



Lembre-se

A pele dos anfíbios não permite exposição prolongada ao ar seco, e como não têm membranas fetais, seus ovos precisam ser postos na água ou em locais bastante úmidos.



Faça você mesmo

Água e temperatura controlada são fundamentais em um recinto para anfíbios, por isso sempre devemos ficar atentos às condições climáticas da região. Como a cidade de Palmas fica em uma região quente e seca, devemos ter o máximo de cuidado para manutenção desses animais.

Faça valer a pena!

- 1.** Quais são os fatores abióticos fundamentais para o aparecimento da vida na Terra?
 - a) Radiação solar, luz, temperatura e animais.
 - b) Pressão, vento e plantas.
 - c) Água, plantas e animais.
 - d) Temperatura, luz, radiação solar, pressão, vento.
 - e) Seres vivos, luz e temperatura.

- 2.** Assinale as características presentes nos animais VERTEBRATA.
 - a) Celoma, vértebras completas e encéfalo.
 - b) Três camadas germinativas, simetria bilateral e mandíbula.
 - c) Celoma, tubo digestório com aberturas separadas para a boca e para o ânus, possuem um esqueleto interno, encéfalo e crânio.

d) Vértex completas, tubo digestório com aberturas separadas para a boca e para o ânus, encéfalo e crânio.

e) Tubo digestório com aberturas separadas para a boca e para o ânus, encéfalo e crânio com mandíbulas.

3. O grupo dos tetrápodes são os vertebrados com quatro patas (= membros), ao menos em sua ancestralidade. Quais são estes vertebrados?

a) Agnathos e Gnatostomados.

b) Peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

c) Aves e mamíferos.

d) Anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

e) Lampreias e feiticeira.

Seção 1.2

Anatomia do sistema nervoso central

Diálogo aberto

Vamos continuar nossos estudos, agora conhecendo as características morfofuncionais do Sistema Nervoso. Graças a ele conseguimos receber estímulos e elaborar uma resposta. Esta condição permite aos seres vivos se adaptarem a mudanças do meio externo e ainda se reajustarem buscando o equilíbrio de seu meio interno.

Mais uma vez, para aproximar os conteúdos teóricos com a prática profissional, retomaremos a Situação Geradora de Aprendizagem (SGA) mencionada no convite ao estudo, onde falamos da grande variedade de espécies animais que existem no planeta e que podemos encontrar em um zoológico. Vamos pensar em uma situação hipotética, em que Joana é bióloga responsável por um zoológico na cidade na região Sudeste do Brasil.

Após uma tempestade, vários recintos foram danificados e muitos animais feridos, inclusive uma jaguatirica (*Felis pardalis*), que sofreu um trauma cranioencefálico após ser atingida pelo galho de uma das árvores do recinto. O animal recebeu atendimento veterinário adequado, entretanto mostrava sinais de que não estava enxergando, mas não havia tido nenhuma lesão em globo ocular no acidente.

Você sabia que algumas lesões no Sistema Nervoso Central podem levar à Cegueira Cortical?

Não são somente lesões no globo ocular que podem comprometer a visão de uma pessoa ou animal, às vezes, todas as estruturas do globo ocular estão íntegras, mas mesmo assim a visão pode ficar comprometida.

Nesta seção iremos estudar as diferentes funções de cada uma das regiões do encéfalo e da medula espinhal, primeiro nos mamíferos, pois neles existe uma maior complexidade de funções, e depois compararemos com outros animais, pois, conforme visto na seção anterior, existem muitas diferenças morfofuncionais entre os vertebrados, apesar de apresentarem algumas características em comum.

Não pode faltar

O Sistema Nervoso integra o indivíduo ao ambiente em que ele vive e ainda controla e coordena as funções de todos os demais sistemas corpóreos.

E como ele faz isso? Interpretando estímulos e desencadeando respostas.



Assimile

A capacidade de **excitabilidade**, **condutibilidade** e **contratilidade** já está presente até mesmo nos seres unicelulares e caracteriza a dinâmica de funcionamento dos circuitos neuronais, que estão presentes nos animais mais complexamente organizados, como os mamíferos, mas em forma de células especializadas para cada função.

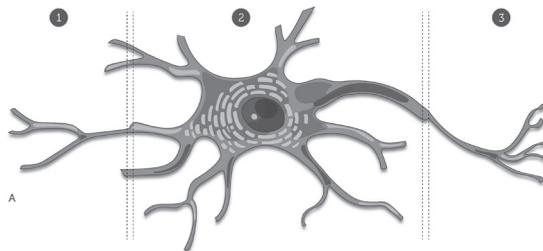
O tecido nervoso é constituído pelos **neurônios** e **células da glia**.

Os **neurônios** são as células responsáveis por receber, processar e enviar informações, por isso dizemos que eles são a unidade funcional do sistema nervoso.

O neurônio é capaz de perceber pequenas variações e reagir com uma alteração elétrica que percorre sua membrana. Chamamos esta alteração de impulso nervoso e, como os neurônios estabelecem conexões entre si, esses impulsos são transmitidos a outros, gerando uma reação em cadeia.

O neurônio é formado por um **corpo celular**, os **dendritos** e o **axônio** (Figura 1.3). O corpo celular é onde fica o núcleo da célula e a maioria das estruturas citoplasmáticas. Os dendritos são prolongamentos finos e geralmente ramificados que conduzem estímulos captados do ambiente ou de outras células em direção ao corpo celular, e o axônio é um prolongamento fino, geralmente mais longo que os dendritos, com a função de transmitir para outras células os impulsos nervosos provenientes do corpo celular. O axônio, em sua extremidade, ramifica-se em terminações especializadas, chamadas terminações pré-sinápticas.

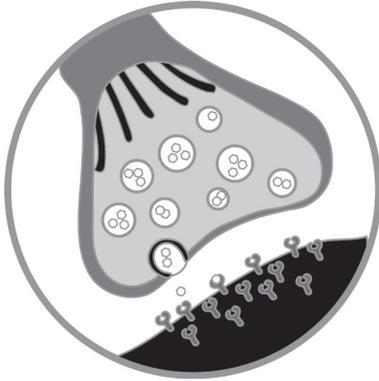
Figura 1.3 | Neurônio: 1 - dendritos; 2- corpo celular; 3- axônio



- 1 - Dendrito
- 2 - Corpo Celular
- 3 - Axônio

Fonte: Dyce, Sack e Wensing (2004).

Figura 1.4 | Desenho esquemático de uma sinapse



Fonte: <<https://pixabay.com/pt/ci%C3%Aancia-neur%C3%B4nio-sinapse-biologia-305773/>>. Acesso em: 5 out. 2015.

As **células da glia** têm como função sustentação, proteção e nutrição dos neurônios.

As conexões interneuronais são chamadas de sinapses, a maioria dos neurônios estabelece muitas sinapses. A maior parte das sinapses é química, pois um impulso nervoso (potencial de ação) chega na parte pré-sináptica de uma célula e induz a liberação de um mensageiro químico, chamado neurotransmissor, que, ao atingir a membrana pós-sináptica da célula seguinte, pode despolarizar sua membrana e assim desencadear novo impulso, ou ainda hiperpolarizar a membrana, produzindo um efeito bloqueador ou inibitório (Figura 1.4).

Os neurônios são classificados de acordo com a sua função:

- **Neurônios aferentes ou sensitivos:** levam informações ao sistema nervoso central.
- **Neurônios eferentes ou motores:** conduzem informações do sistema nervoso central ao órgão efetuator, que pode ser um músculo ou glândula.
- **Neurônios de associação ou interneurônios:** fazem as conexões entre os neurônios aferentes e eferentes. O aparecimento do neurônio de associação, na filogenia, levou ao aumento das sinapses entre os neurônios, permitindo a realização de comportamentos mais elaborados.



Exemplificando

Vamos pensar em uma situação hipotética:

Você se depara com um cão desconhecido e pisa em sua pata de forma brusca. Qual seria a reação dele?

Acredito que a chance de ele te morder seria muito grande, até mesmo como forma instintiva de defesa.

Agora, imagine se você resolver pisar no pé do colega ao lado, qual seria a reação dele?

A reação das pessoas, em geral, é menos previsível que a dos animais, seu colega poderia somente recolher o pé e não falar nada, poderia te avisar que seu pé estava embaixo ou até mesmo brigar.

Esta possibilidade de respostas mais elaboradas perante os estímulos está diretamente relacionada com a quantidade de neurônios de associação.

As classificações do Sistema Nervoso levam a divisões, que são propostas exclusivamente para facilitar o estudo, pois todas as estruturas estão intimamente relacionadas.

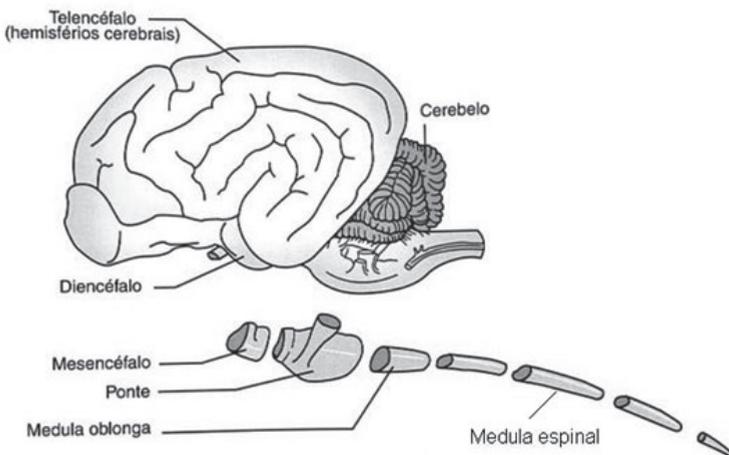
Sendo assim, podemos classificar o Sistema Nervoso de acordo com critérios anatômicos ou ainda por critérios funcionais. Nesta seção traremos a classificação anatômica, que está relacionada com a localização de seus componentes e o divide em: **Sistema Nervoso Central** e **Sistema Nervoso Periférico**.

Sistema Nervoso Central (SNC): seus componentes estão localizados na cavidade craniana e no canal vertebral (Figura 1.5), dividido em Encéfalo e Medula Espinal.

O **Encéfalo** é dividido em: **Telencéfalo, Diencefalo, Mesencefalo, Ponte, Medula Oblonga (Bulbo)** e **Cerebelo**.

O Telencéfalo e Diencefalo constituem o cérebro; Mesencefalo, Ponte e Medula Oblonga compõem o Tronco Encefálico.

Figura 1.5 | Desenho esquemático dos componentes anatômicos do Sistema Nervoso Central de um mamífero



Fonte: Cunningham (2008).

A **Medula Espinal** é a parte mais caudal do SNC, dela saem os nervos espinais, responsáveis pela inervação sensitiva e motora do tronco e membros, de cada espaço intervertebral sai um par de nervos espinais.

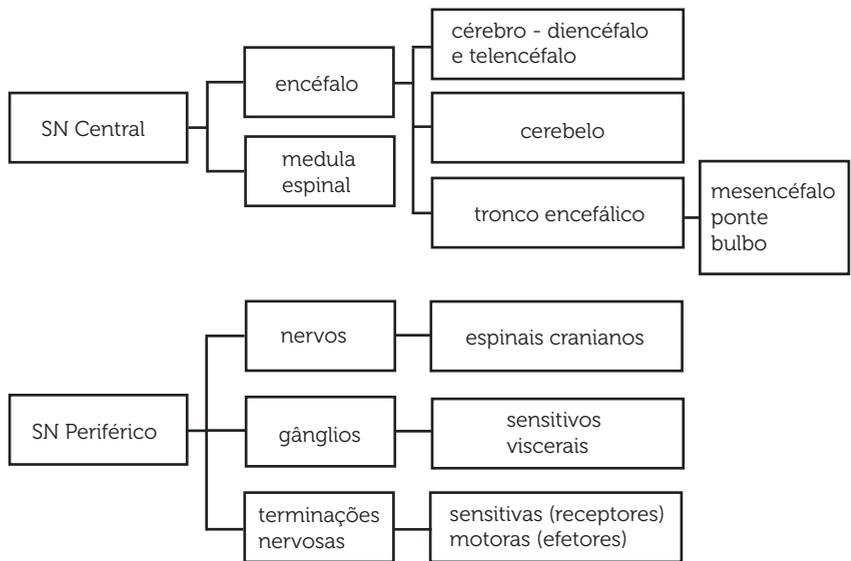
As lesões medulares podem resultar em perda funcional dos membros. A medula espinal está localizada no canal vertebral, que é formado pelos forames vertebrais, ficando assim protegida por ossos.

○ **Sistema Nervoso Periférico** é composto por: **Nervos, Gânglios e Terminações Nervosas**.



Assimile

Figura 1.6 | Componentes do Sistema Nervoso



Fonte: Adaptado de Prada (2014).



Refleta

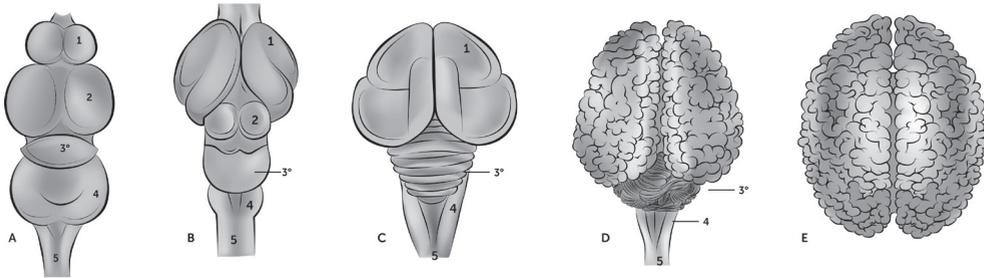
Vamos analisar essa organização de forma comparativa entre os animais?

○ O Sistema Nervoso dos mamíferos é mais desenvolvido do que o de outros vertebrados. Na maioria deles, os hemisférios cerebrais possuem circunvoluções na superfície, os chamados sulcos e giros. A camada externa do córtex é composta de substância cinzenta, que são os corpos dos neurônios.

Os hemisférios cerebrais e o cerebello se destacam na vista dorsal do encéfalo. Seguem abaixo encéfalos de vertebrados ilustrando o desenvolvimento filogenético (Figura 1.7).

Figura 1.7 | Desenho esquemático mostrando aumento de volume e complexidade do telencéfalo e cerebello entre as diferentes espécies.

A – Peixe (carpa); B – Réptil (serpente); C – Ave (pato); D – Mamífero (boi); E – Mamífero (humano).



Fonte: Dyce, Sack e Wensing (2004).



Assimile

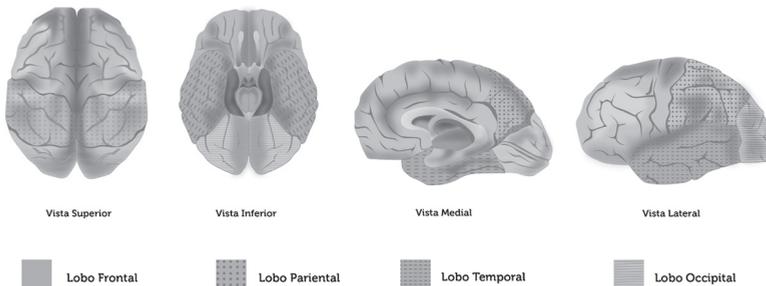
Encéfalo não é a mesma coisa que cérebro.

Encéfalo é formado pelo cérebro, cerebello e tronco encefálico.

Cérebro é formado pelos hemisférios cerebrais (telencéfalo e diencéfalo).

Nos mamíferos, a maior parte do encéfalo corresponde ao cérebro. Na superfície dos dois hemisférios cerebrais apresentam-se sulcos que delimitam giros, pois durante o processo evolutivo novas estruturas foram sendo incorporadas. Para que o volume não aumentasse tanto, apareceram os sulcos e giros, diferente dos animais menos complexos, que são classificados como lisencefálicos (= encéfalo liso; ausência dos giros). O cérebro pode ser dividido em lobos, correspondendo cada um ao osso do crânio com que guardam relações: lobo frontal, occipital, parietal e temporal (Figura 1.8).

Figura 1.8 | Lobos cerebrais no homem



Fonte: Adaptado de: <<http://www.auladeanatomia.com/neurologia/telencefalo.htm>>. Acesso: 6 out. 2015.

Cada lobo possui funções específicas, sendo o **lobo frontal** responsável por funções superiores como planejamento, tomada de decisões e soluções de problemas; o lobo parietal cuida da recepção e processamento das informações sensoriais do corpo; o **lobo temporal**, da memória, emoção, audição e linguagem; e o **lobo occipital**, da visão.



Assimile

Todo o SNC está envolvido e protegido pelas meninges: **Dura-Máter** (mais externa), **Aracnoide** e **Pia-Máter** (mais interna).

Entre a Aracnoide e a Pia-Máter temos o líquido cerebrospinal (líquor), que tem como funções: proteção do SNC e remoção das impurezas e substâncias tóxicas.

A análise do **líquor** é importante em diversas neuropatias.



Assimile

O encéfalo tem suas cavidades, que se comunicam entre si, os ventrículos encefálicos (os **ventrículos laterais**, **III** e **IV ventrículos**), preenchidos pelo **líquido cerebrospinal**. Quando ocorre uma falha ou um processo obstrutivo nestas comunicações, ocorre a **hidrocefalia**, que é o aumento de **líquor**, podendo levar a danos no SNC.



Exemplificando

Já ouviu falar de meningite?

Tem várias causas - virais, bacterianas, etc. -, mas se trata de um processo inflamatório destas membranas que envolvem o sistema nervoso, as meninges, por isso os pacientes com meningite apresentam muita dor de cabeça.

E como será que é o encéfalo nos outros vertebrados?

Nos peixes, o cérebro é formado por uma massa ganglionar, o corpo estriado e por uma fina camada de substância cinzenta, chamada **pálio**, que nos vertebrados mais complexos é invadido por substância cinzenta e se torna o centro da atividade mental. Nos peixes, o pálio é composto por tecidos não nervosos e o centro da atividade cerebral é posterior, no mesencéfalo, representado por dois lobos ópticos.

Nos anfíbios, o centro da atividade encefálica permanece no mesencéfalo, o telencéfalo tem uma natureza olfatória, mas já aparecem, pela primeira vez nos vertebrados, células nervosas invadindo o pálio e há um aumento dos hemisférios cerebrais. O cerebelo nesses animais é muito pequeno, acredita-se que em razão dos membros nestes animais se movimentarem de forma lenta.

Nos répteis, pela primeira vez ocorre a mudança do centro nervoso para o cérebro, temos então um aumento significativo do tamanho dos hemisférios cerebrais, resultante da invasão do pálio por muitas células nervosas que formam o que chamamos de **neopálio**.

Nas aves, o sistema nervoso é bem mais desenvolvido do que nos répteis, os lobos olfatórios são pequenos e o olfato nestes animais é realmente pobre; o cérebro, apesar de ser grande, ainda permanece liso, sem sulcos e giros, os seus lobos ópticos são grandes e elas possuem visão extremamente aguçada, o cerebelo é bem maior que nos répteis.

Ainda nas aves, observamos um aumento do cerebelo e na parte mais anterior do encéfalo, apesar do olfato nesses animais ser rudimentar, o encéfalo já começa a assumir funções de processamento de informações, que nos mamíferos se acham relacionadas com o cérebro.



Pesquise mais

SCHMIDEK, R. W. R.; CANTOS, G. A. Evolução do sistema nervoso, especialização hemisférica e plasticidade cerebral: um caminho ainda a ser percorrido. **Revista Pensamento Biocêntrico**, Pelotas, n. 10 jul./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/Evolucao-Cerebro.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2015.



Faça você mesmo

Uma pessoa sofreu um acidente automobilístico e teve grave trauma cranioencefálico na região de lobo frontal. Quais são as funções que podem ficar comprometidas?

Conforme já vimos, a região de lobo frontal é a responsável por funções superiores, como planejamento, tomada de decisões e soluções de problemas. Sendo assim, dependendo da extensão do trauma, as consequências podem ser muito graves.

Sem medo de errar!

Voltamos então ao caso apresentado no início da seção, acredito que com os conceitos passados você já consegue responder algumas questões. Vamos tentar?

Após uma tempestade, vários recintos de um zoológico foram danificados e uma jaguatirica (*Felis pardalis*), que sofreu um trauma cranioencefálico após ser atingida por um galho de uma das árvores do recinto, se restabeleceu parcialmente após o acidente, mas mostra sinais de que não está enxergando, mesmo sem ter tido lesão em globo ocular no acidente.



Lembre-se

Na região do córtex temos substância cinzenta, que são os corpos dos neurônios.

Você sabia que algumas lesões em Sistema Nervoso Central — um trauma cranioencefálico, por exemplo — podem levar à Cegueira Cortical? Por que ela recebe/por que a cegueira recebe.

Não são somente lesões no globo ocular que podem comprometer a visão de uma pessoa ou animal, lesões em região de **córtex cerebral** podem ser irreparáveis, e como no caso da jaguatirica, o trauma foi no córtex lobo occipital, responsável pela recepção de processamento da visão, ela ficou cega. O termo cortical está relacionado com o córtex.



Atenção!

Os traumas cranioencefálicos poderão acarretar danos específicos, decorrentes da região acometida.

Avançando na prática

Pratique mais!

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois as compare com as de seus colegas.

"Hidrocefalia"	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Ventrículos Encefálicos e Hidrocefalia
3. Conteúdos relacionados	Morfofisiologia do sistema nervoso.
4. Descrição da SP	Em uma ninhada de gatos, um dos filhotes não se desenvolveu como os demais, era menor e aos quatro meses apresentou sinais de déficit visual, dificuldade de apreensão do alimento, perda de peso, apatia, incoordenação (ataxia) que evoluiu para tetraparesia, convulsões e acabou indo a óbito e sendo encaminhado à necropsia.
5. Resolução da SP	Na necropsia foi diagnosticada uma hidrocefalia congênita, havia uma falha na comunicação dos ventrículos encefálicos e o acúmulo do líquido causou todas as alterações neurológicas, pois levou à compressão de diversas áreas do encéfalo.



Lembre-se

Quando ocorre uma falha ou um processo obstrutivo nas comunicações entre os ventrículos, ocorre a hidrocefalia, podendo levar a danos no SNC.

Faça valer a pena!

1. Em relação ao sistema nervoso, leia as afirmativas abaixo e depois assinale a alternativa correta:

I – O tecido nervoso é formado por neurônios e células da glia.

II – Corpo celular, dendrito e axônio são as partes de um neurônio.

III – As células da glia têm como funções: receber, processar e enviar informações.

- a) Todas as afirmativas estão corretas.
- b) Somente as afirmativas I e II estão corretas.
- c) Somente a afirmativa I está correta.
- d) Somente as afirmativas II e III estão corretas.
- e) Somente a afirmativa II está correta.

2. O sistema nervoso faz a integração do ser com o meio ambiente, controla e coordena as funções de todos os sistemas do organismo, interpreta estímulos e desencadeia respostas, controla atos voluntários (conscientes) e involuntários (inconscientes). Assinale a alternativa correta:

- a) A classificação anatômica do Sistema Nervoso divide-o em sistema nervoso central e periférico.
- b) A classificação anatômica do Sistema Nervoso divide-o em sistema nervoso central e visceral.
- c) A classificação anatômica do Sistema Nervoso divide-o em sistema nervoso somático e periférico.
- d) A classificação anatômica do Sistema Nervoso divide-o em sistema nervoso visceral e periférico.
- e) A classificação anatômica do Sistema Nervoso divide-o em intracraniano e extracraniano.

3. Os neurônios são considerados como unidades funcionais do Sistema Nervoso. Quais são as partes de um neurônio?

- a) Núcleo, citoplasma e nucléolo.
- b) Corpo celular, axônio e dendrito.
- c) Externa e interna.
- d) Axônio e citoplasma.
- e) Núcleo e dendrito.

Seção 1.3

Anatomia do sistema nervoso periférico e classificação funcional

Diálogo aberto

Caro aluno, seguiremos nossos estudos ainda sobre o Sistema Nervoso (SN). Na seção anterior conhecemos as suas principais funções, constituição celular, componentes e classificação anatômica, que o divide em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP). Aprofundamos nossos estudos no SNC e agora iremos trazer os principais aspectos morfofuncionais do SNP, que é composto pelos nervos, gânglios e terminações nervosas, e também sobre o Sistema Nervoso Visceral, do qual faz parte o Sistema Nervoso Autônomo, com suas porções Simpática e Parassimpática.

Para uma melhor contextualização do assunto, traremos novamente a Situação Geradora de Aprendizagem (SGA) da unidade, que aborda a biodiversidade de espécies animais em um zoológico, no qual a Joana é a bióloga responsável e que, junto com o médico veterinário responsável, precisam entender por que no recinto dos anatídeos, que inclui gansos, patos, marrecos e cisnes, estão ocorrendo tantas mortes de animais.

No inverno, os zoológicos da região Sudeste recebem inúmeras aves migratórias, principalmente da região Sul do país, que se aproveitam da oferta abundante de alimentos e proteção de predadores naturais nos recintos de animais cativos e ainda do clima mais ameno do Sudeste. Esses animais, então, se misturam com os animais dos zoológicos, mas este fato traz algumas preocupações do ponto de vista epidemiológico, pois podem transmitir doenças que colocam em risco tanto o plantel cativo como pessoas, pois algumas enfermidades podem ser zoonoses, que são doenças que os animais transmitem para as pessoas, como é o caso da gripe aviária (até o momento nunca foi registrado nenhum caso do Brasil).

Sendo assim, óbitos nos recintos destes animais devem ser rapidamente investigados, por isso a equipe do zoológico precisa pensar rápido nas hipóteses diagnósticas.

No recinto dos anatídeos morreram nove animais, as mortes ocorreram nos

meses de junho e julho, época de poucas chuvas da região Sudeste. Esses animais apresentaram sinais de incoordenação (ataxia), depois paralisia flácida e evoluíram para óbito.

Vamos trazer alguns conceitos que o ajudarão a entender as principais suspeitas sobre a causa das mortes destes animais, que apresentavam como sinal clínico paralisia flácida.

Não pode faltar

O Sistema Nervoso Periférico é constituído por **nervos**, **gânglios** e **terminações nervosas**.

Os **nervos** são feixes de fibras nervosas envolvidas por tecido conjuntivo e ligadas por uma das extremidades ao SNC (encéfalo ou medula espinal), são divididos em **nervos cranianos**, ligados ao encéfalo, e **espinais**, ligados à medula espinal.



Assimile

Não confunda nervos com neurônios, não são sinônimos.

Em um nervo podemos encontrar vários neurônios.

Os nervos têm como função conduzir impulsos de uma parte do corpo a outra e são classificados como:

- **Aferentes ou sensitivos** – contêm somente fibras sensitivas, então levam impulsos ao SNC.
- **Eferentes ou motores** – contêm somente fibras motoras, que levam impulsos do SNC até o órgão efector.
- **Mistos** – contêm fibras sensitivas e motoras, levam impulsos do SNC até o órgão efector e vice-versa.

Os mamíferos, aves e répteis possuem 12 pares de nervos cranianos, com funções diversas (Quadro 1.2). Dentre os nervos cranianos, alguns são somente motores, outros somente sensitivos e alguns mistos.

Quadro 1.2 | Nervos cranianos, funções e classificações

Nervos Cranianos	Classificação	Função
I par - Olfatório	Sensitivo	Olfação.
II par - Óptico	Sensitivo	Visão.
III par - Oculomotor	Motor	Movimentação do globo ocular.
IV - Troclear	Motor	Movimentação do globo ocular.
V - Trigêmio	Misto	Sensibilidade da cabeça/músculos da mastigação.
VI - Abducente	Motor	Movimentação do globo ocular.
VII - Facial	Misto	Mímica da face, gustação, sensibilidade visceral, musculatura lisa e esquelética.
VIII - Vestibulococlear	Misto	Audição e equilíbrio.
IX - Glossofaríngeo	Misto	Gustação, sensibilidade visceral, glândulas salivares, musculatura lisa e esquelética.
X - Vago	Misto	Todas as vísceras torácicas e abdominais.
XI - Acessório	Misto	Musculatura esquelética do pescoço e da laringe e algumas vísceras torácicas.
XII - Hipoglosso	Motor	Musculatura da língua.

Fonte: O autor.



Assimile

E nos demais animais, quantos pares de nervos são encontrados?

Os peixes e anfíbios possuem 10 pares de nervos cranianos.

A maior parte dos nervos cranianos, 10 dos 12 pares nos mamíferos, tem origem no tronco encefálico. Faz parte do exame neurológico a avaliação dos nervos cranianos, assim avalia-se também a integridade de SNC e principalmente de tronco encefálico.



Exemplificando

Você já deve ter visto, pelo menos em filmes, um paciente dando entrada no hospital e sendo testado o reflexo pupilar.

Esse teste simples avalia a integridade tanto do II par de nervo craniano (nervo óptico) como do III par (oculomotor), que é responsável pela contração do músculo da íris, que tem como objetivo proteger a retina de luz intensa, diminuindo assim o tamanho da pupila.

Os **nervos espinais** saem aos pares dos espaços intervertebrais, sendo responsáveis pela inervação do tronco e membros; em seres humanos há um total de 31 pares de nervos espinais, todos os nervos espinais são mistos, possuem uma raiz sensitiva e outra motora.



Refleta

Saber o número das vértebras é de grande importância porque apresenta muita variação entre as espécies, sendo assim, o número de nervos espinais também.

A medula espinal apresenta em seu centro a substância cinzenta, em forma de H, que é dividido em corno anterior (ventral), posterior (dorsal) e nos segmentos toracolombares o corno lateral.

No corno ventral estão localizados os corpos dos neurônios motores, no corno dorsal temos os neurônios sensitivos e no corno lateral os neurônios do sistema simpático. Podemos dizer então que as informações chegam pelas raízes dorsais e saem pelas raízes ventrais.

As fibras motoras e as fibras sensitivas se juntam e formam o nervo espinal.

Os peixes também possuem as duas raízes que se unem para formar um tronco comum, mas fora da coluna vertebral. Nos anfíbios a união ocorre na passagem do forame vertebral; e nos répteis, aves e mamíferos a união ocorre antes de os nervos emergirem da coluna vertebral.



Assimile

Como o nervo espinal é misto, quando lesionado leva a déficits sensitivos e motores.

Quando o déficit é somente sensitivo, ocorre a perda de sensibilidade de um determinado local do corpo; quando um déficit é motor, ocorre a incapacidade de movimentação e podem ainda ocorrer os dois déficits conjuntamente, sendo assim ocorre a perda da sensibilidade e da capacidade motora de um determinado local.

Trauma medular é um trauma na medula espinal que pode resultar em danos, dependendo de sua extensão e localização, como perda da capacidade motora e/ou sensitiva, que pode ser temporária ou permanente.

Você sabe a diferença entre paraplegia e paraparesia?

Na paraplegia existe uma perda completa da função do membro, já na paralisia ou paraparesia ocorre uma perda parcial das funções do membro.



Pesquise mais

AIRAS, M. V. B.; SEVERO, M. S.; TUDURY, E. A. Trauma medular em cães e gatos: revisão da fisiopatologia e do tratamento médico. **Semina**: Ciências Agrárias. v. 28, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewArticle/2568>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

O trauma medular pode causar lesão de corpos de neurônios responsáveis pela parte sensitiva e/ou motora dos membros.

Qual a relação dos nervos com a medula? Conforme visto, os nervos espinais saem aos pares da medula espinal.

Além dos nervos, fazem parte do SNP os **gânglios** e as **terminações nervosas**.

Gânglios: são corpos de neurônios localizados fora do SNC e conectam o SNC a diversas partes do corpo. A presença de gânglios é vista como um avanço na evolução do Sistema Nervoso; artrópodes e anelídeos possuem um gânglio em cada segmento corpóreo e também um conjunto de gânglios na parte anterior do corpo, que controla os demais que estão espalhados. Este processo foi chamado de cefalização.

Terminações nervosas: são os **receptores**, que captam os estímulos externos e internos, e **efetores**, sempre em contato com os órgãos efetores, músculos ou glândulas.

Bom, já entendemos então a classificação anatômica do Sistema Nervoso, mas existe outra classificação, também de caráter didático, Na qual o critério é funcional, sendo assim, dividimos em **Sistema Nervoso Somático** e **Visceral**.

Sistema Nervoso Somático: é aquele responsável pela integração do indivíduo no meio onde vive, por isso dizemos que se trata da vida de relação.

Sistema Nervoso Visceral: faz o comando de todos os sistemas corpóreos, trabalha continuamente para manter a homeostase corpórea.



Vocabulário

Homeostase: equilíbrio interno.

Ambos possuem uma parte sensitiva (aférente) e outra motora (eferente).

Vamos comparar se as vias sensitivas e motoras somáticas e viscerais são semelhantes?

A **parte sensitiva somática** conduz impulsos aos centros nervosos captados de receptores externos, a sensibilidade somática é bastante precisa.

A **parte sensitiva visceral** capta impulsos de órgãos internos (vísceras) e vasos, é pouco precisa, é mais difusa.



Exemplificando

Se uma pessoa toca na ponta de um dedo de nossa mão, conseguimos identificar de forma precisa o local, mesmo estando de costas.

Às vezes temos um desconforto ou dor abdominal, mas não é possível dizer exatamente o local da dor, se é no duodeno, jejuno ou até mesmo na vesícula biliar, em razão de a sensibilidade visceral ser mais difusa, menos precisa.

Muitos impulsos captados pelos receptores viscerais não se tornam conscientes. De forma contínua chegam impulsos ao SNC trazendo informações referentes a teor de oxigênio, tensão arterial, quantidade de líquido corpóreo, entre outros, sem percebermos.

E a **parte motora (eferente) somática e visceral**? Também tem muitas diferenças?



Assimile

A parte motora (eferente) visceral é o que chamamos de **Sistema Nervoso Autônomo**, o nome não é porque ele funciona sozinho, sem o comando do SNC, mas porque ele funciona de forma inconsciente, de forma involuntária, mas sempre sob o comando do SNC.

Na parte motora somática existem dois neurônios que trazem comandos do SNC: neurônio motor superior (NMS) e neurônio motor inferior (NMI).



Assimile

O órgão efector na parte motora somática é sempre um músculo estriado esquelético.

O NMS está localizado dentro do SNC, corpo celular, dendritos e axônio, e ele controla o NMI, que tem seu corpo celular e dendritos no SNC (medula ou tronco encefálico) e seu axônio se prolonga através dos nervos até chegar nas fibras musculares esqueléticas, onde fazem uma sinapse na chamada junção neuromuscular, transmitindo o comando do SNC sempre para um músculo esquelético. Esse comando ocorre através de um neurotransmissor, que é sempre a acetilcolina.

Na parte motora visceral, que é o **Sistema Nervoso Autônomo (SNA)**, também temos dois neurônios: Neurônio pré-ganglionar e o Neurônio pós-ganglionar, mas entre eles existe um gânglio.



Assimile

O órgão efetor na parte motora visceral pode ser um músculo liso, o músculo estriado cardíaco ou uma glândula.

O SNA é dividido em **Simpático** e **Parassimpático**. Atualmente existe uma nova classificação, que o divide também em Sistema Nervoso Entérico, Vesical, Cardíaco, em razão de algumas particularidades, mas utilizaremos a divisão clássica.

As porções Simpática e Parassimpática trabalham juntas, de forma equilibrada, com a finalidade de manter a homeostase, mas em geral são antagonônicas, opostas: quando uma estimula, a outra deprime.

A atividade Simpática está aumentada em situações de estresse, é aquela que nos prepara para as situações extremas de luta ou fuga, enquanto a Parassimpática predomina em condições de repouso e saciedade.

O Parassimpático possui os corpos de seus neurônios pré-ganglionares localizados na região de tronco encefálico e região sacral da medula, por isso dizemos que é crânio-sacral; seus gânglios estão bem próximos dos órgãos-alvo, ou até mesmo na própria parede do órgão. Os corpos celulares dos neurônios pós-ganglionares ficam neste gânglio. A maior parte das fibras parassimpáticas está localizada no nervo vago (X par de nervo craniano).

Na porção Parassimpática, o neurotransmissor liberado tanto na sinapse entre o neurônio pré-ganglionar e o pós-ganglionar como na junção entre o pós-ganglionar e o órgão efetor (músculo liso, músculo estriado cardíaco ou glândula) sempre será a acetilcolina.

Na porção Simpática, os corpos celulares dos neurônios pré-ganglionares estão localizados na região toraco-lombar da medula e fazem a sinapse com o neurônio pós-ganglionar na cadeia de gânglios simpáticos localizada paralela à medula na

região toracolombar também, onde se encontram os corpos dos neurônios pós-ganglionares e saem seus prolongamentos que irão chegar até o órgão-alvo.

O neurotransmissor liberado na sinapse entre o neurônio pré e o pós-ganglionar é sempre a acetilcolina, enquanto o que é liberado na junção entre o neurônio pós-ganglionar e o órgão-alvo é a noradrenalina.



Atenção!

Parassimpático: neurônios pré-ganglionares longos e pós-ganglionares curtos.

Simpático: neurônios pré-ganglionares curtos e pós-ganglionares longos.

As descrições feitas do SNA adequam-se à maioria do **Amniotas**, que representam os animais que possuem membrana amniótica em seus embriões e são representados pelos répteis, aves e mamíferos. Os dinossauros também eram amniotas.

Os **Anamniotas** são aqueles animais que não possuem a membrana amniótica, entre os vertebrados incluem-se os anfíbios, peixes e ciclóstomos. Como é o SNA nestes animais?

O sistema evoluiu lentamente. O anfioxo, que é um cefalocordado, semelhante a um peixe, mas não apresenta uma cabeça distinta, possui fibras motoras viscerais que saem de cada nervo espinal e chegam ao intestino, mas não existem gânglios fora das vísceras.

Os ciclóstomos, grupo que inclui as lampreias e feiticeiras, possuem fibras autônomas no nervo vago, mas o sistema ainda é rudimentar.

Os peixes cartilaginosos emitem fibras motoras viscerais para vasos e vísceras por meio de nervos cranianos e espinais, já existem gânglios autônomos sob a coluna vertebral, mas as cadeias ganglionares ainda não são distintas.

Nos peixes ósseos as cadeias ganglionares já são bem desenvolvidas, estendem-se bem para o interior da cabeça, e nos anfíbios aparecem cordões unindo os gânglios mais craniais da cadeia aos gânglios autônomos da cabeça.

Sem medo de errar!

Agora acho que já podemos ajudar a resolver o caso das mortes dos anatídeos no zoológico onde Joana trabalha.

Os problemas com os animais foram observados nos meses de junho e julho, no período do inverno, com poucas chuvas na região Sudeste, e apresentavam primeiramente uma incoordenação (ataxia), depois paralisia flácida e evoluíram para óbito.

A paralisia flácida, geralmente, está associada à lesão em NMI.



Assimile

Paralisia flácida ≠ paralisia espástica.

Paralisia flácida: hiporreflexia e hipotonia.

Paralisia espástica: hiperreflexia e hipertonia.



Vocabulário

Hiporreflexia: reflexos diminuídos.

Hipotonia: diminuição do tônus muscular.

Hiperreflexia: reflexos aumentados.

Hipertonia: aumento do tônus muscular.

Após exame clínico dos animais ainda vivos e realização de necropsia de nove animais que evoluíram para o óbito, a principal suspeita foi botulismo.

Botulismo é uma intoxicação causada por uma neurotoxina produzida pela bactéria *Clostridium botulinum* e que impede a liberação da acetilcolina nas junções neuromusculares, levando à paralisia flácida. O *C. botulinum* é uma bactéria anaeróbica, amplamente difundida no ambiente: terra, pó e água, sendo assim, condições de anaerobiose em alimentos, cadáveres, vegetação em putrefação, poças e água estagnada permitem sua multiplicação. Sabe-se que larvas de moscas que se desenvolvem em matéria orgânica em decomposição são resistentes à toxina botulínica e acabam sendo uma importante fonte de infecção para as aves (LOBATO et al., 2009).



Pesquise mais

LOBATO, F. C. F. et al. Caso de botulismo tipo C em ganso ocorrido em Minas Gerais, Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1179-1180, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a48cr598.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2015.



Assimile

A paralisia flácida é observada nos animais justamente porque as toxinas “ocupam” os lugares da acetilcolina, impedindo a sua entrada; sendo assim, o NMS envia os “comandos” para o NMI, mas este não os recebe, assim os músculos ficam flácidos.

Nas épocas mais secas, o nível das águas nos lagos dos recintos baixa, favorecendo a formação de poças e estagnação de águas; além disso, os animais estariam mais próximos à massa orgânica em decomposição do fundo dos reservatórios de água que fica mais exposta à superfície, onde existem condições ideais para multiplicação da bactéria e, conseqüentemente, produção da toxina.

O diagnóstico é feito por meio dos sinais clínicos e detecção da toxina no sangue dos animais, pode ser feito um bioensaio com a chamada soroneutralização em camundongos, onde se injeta o soro das aves doentes em camundongos.



Pesquise mais

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual integrado de vigilância epidemiológica do botulismo**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. 88 p.: il. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/478af380474576bf84a0d43fbc4c6735/manual_botulismo.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 16 dez. 2015.

Os sinais clínicos variam de acordo com a quantidade de toxina ingerida, por isso em um surto podem ocorrer desde casos mais brandos até mais severos.

O botulismo também acomete seres humanos, mas principalmente em decorrência de ingestão de alimentos enlatados e embutidos sem a higiene adequada. Pode causar paralisia inclusive de músculos associados com a respiração e levar à morte.

Avançando na prática

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

"Trauma medular"	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Características motoras e sensitivas dos nervos espinais.
3. Conteúdos relacionados	Morfofisiologia do sistema nervoso periférico.
4. Descrição da SP	Em um zoológico, houve uma briga no recinto dos canídeos cachorro-vinagre (<i>Speothos venaticus</i>) e um deles se machucou bastante. Os tratadores da manhã observaram que ele estava deitado, com sinais de paralisia de membros pélvicos. Os médicos veterinários examinaram e verificaram que ele não apresentava sensibilidade, nem resposta motora nos membros pélvicos, foi observada ampla lesão na região lombar da coluna vertebral do animal, compatível com mordedura de outro animal. Pode ter havido trauma medular com lesão nervosa?
5. Resolução da SP	Para resolver esta situação-problema, você deve ler as características dos nervos espinais.



Lembre-se

Todos os nervos espinais emergem da medula espinal e todos são mistos.



Faça você mesmo

Carlos, após sofrer uma grave queimadura na região do antebraço, perdeu a sensibilidade da pele naquele local. Qual parte do sistema nervoso periférico foi danificada com a queimadura?

Retorne no texto e verifique quais são as estruturas responsáveis pela captação dos estímulos do meio externo para conduzir ao SNC.

Faça valer a pena!

1. Os nervos são feixes de fibras nervosas envolvidas por tecido conjuntivo e ligadas por uma das extremidades ao Sistema Nervoso Central. Em relação aos nervos, leia as afirmativas abaixo e depois assinale a alternativa correta.

I – Os nervos cranianos estão ligados ao encéfalo.

II – Os nervos espinais podem ser somente aferentes, somente motores ou mistos.

III – Todos os animais Amniotas possuem 12 pares de nervos cranianos.

IV – Os peixes e anfíbios possuem 10 pares de nervos cranianos.

São corretas apenas as afirmativas:

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

2. Os nervos cranianos podem ser aferentes, eferentes ou mistos. Em relação a eles, assinale a alternativa correta.

- a) São nervos somente aferentes: I par (olfatório) e IV par (troclear).
- b) São nervos mistos: I par (óptico) e VIII par (vestibulococlear).
- c) O VII par (nervo facial) é responsável pelo equilíbrio.
- d) São nervos somente eferentes: III par (oculomotor), IV (troclear), VI (abducente) e XII (hipoglosso).
- e) O V par (trigêmeo) inerva todas as vísceras torácicas e abdominais.

3. O Sistema Nervoso Periférico é formado por nervos, gânglios e terminações nervosas. Em relação a estes componentes, assinale a alternativa correta.

- a) Os gânglios são núcleos de corpos de neurônios localizados dentro do encéfalo.
- b) Os receptores são as terminações nervosas que captam somente os estímulos externos e os conduzem para o Sistema Nervoso Central.
- c) Os gânglios estão presentes somente nos vertebrados mais complexos.
- d) Os nervos espinais saem aos pares da medula espinal e inervam o tronco e membros.
- e) Em cada nervo existe somente um neurônio.

Seção 1.4

Prática sobre o sistema nervoso

Diálogo aberto

Nas seções anteriores estudamos a parte teórica da morfofisiologia do Sistema Nervoso Central e Periférico, agora vamos conhecer esses componentes em nossa aula prática e também aprofundar nossos estudos em determinadas regiões que possuem uma importância funcional maior, sempre fazendo as comparações entre os mamíferos e outros vertebrados.

Para ilustrar essa nossa etapa de aprendizagem, vamos trabalhar com a seguinte situação-problema, no zoológico onde a bióloga Joana trabalha. Um dos lobos-guarás (*Chrysocyon brachyurus*) apresentou um quadro de encefalite que se iniciou com algumas alterações de comportamento, como intranquilidade, inapetência, isolamento da matilha, apatia, incoordenação, e alguns dias depois veio a óbito. Uma das hipóteses diagnósticas é raiva, pois é uma das causas de encefalites virais em mamíferos, e no zoológico existem muitos morcegos, importantes transmissores da raiva, doença causada por vírus do gênero *Lyssavirus*, é uma importante zoonose e pode atingir todos os mamíferos. Como os sinais clínicos apresentados podem aparecer em muitas outras situações, a confirmação exige a realização de testes laboratoriais.

Para confirmação do diagnóstico é necessária a realização de testes em laboratórios de referência, como o Instituto Pasteur, em São Paulo. Conforme preconizado, Joana coletou e identificou, durante a biopsia, os seguintes fragmentos do Sistema Nervoso Central: córtex cerebral, cerebelo, hipocampo, tronco encefálico e medula espinal.

Vamos aprender a localização destas estruturas anatômicas que fazem parte do Sistema Nervoso Central?

Não pode faltar

Conforme já visto, o Sistema Nervoso Central (SNC) é dividido em encéfalo e medula espinal, ambos protegidos pelo esqueleto axial, o encéfalo dentro dos ossos do crânio e a medula no canal medular.

Para acessar o encéfalo precisamos então abrir os ossos do crânio, aí então logo identificamos as meninges, que protegem todo o SNC, lembrando que são três, a mais externa e também mais espessa é a Dura-Máter, a Aracnoide tem um aspecto semelhante a uma teia de aranha, por isso recebe este nome e está entre a Dura-Máter e a Pia-Máter, que é a mais interna.

Retirando as meninges iremos encontrar o encéfalo, que é dividido em: Telencéfalo, Diencefalo, Tronco Encefálico e Cerebelo. Vamos iniciar a exploração das estruturas do encéfalo, imaginando que estamos participando de uma necropsia, seguiremos então em uma sequência de rostral (anterior) para caudal (posterior), começando então pelo Telencéfalo.

Telencéfalo – nos mamíferos é constituído principalmente pelos hemisférios cerebrais, em sua vista ventral encontramos o bulbo olfatório, que recebe as fibras do nervo olfatório.



Assimile

Nos ancestrais dos vertebrados, a via olfativa parece ter sido a principal forma de obtenção de informações do ambiente e deve ter impulsionado o desenvolvimento dos hemisférios cerebrais.

Nos hemisférios encontramos os núcleos da base, o sistema límbico e o córtex cerebral, que se sobrepõem ao tálamo. Vamos falar um pouco de cada uma destas estruturas.

Núcleos da base – são quatro:

Núcleo lentiforme e Núcleo caudado, que formam o corpo estriado relacionado com funções motoras. A doença de Parkinson em seres humanos tem sido associada a aspectos funcionais e conexões do corpo estriado.

Claustro – suas funções ainda não estão muito definidas, parece ter relações com o sistema límbico, que está associado a emoções.

Corpo amigdalóide ou amígdala – integrante do sistema límbico.

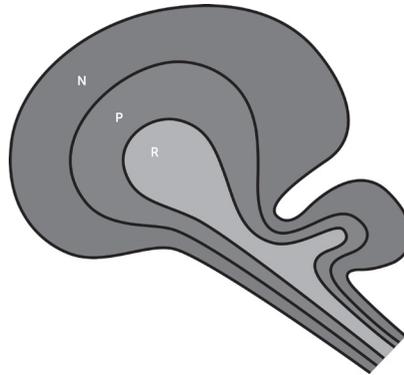
Sistema Límbico – estruturas relacionadas com as emoções primárias, ligadas à autoconservação e preservação da espécie; o hipocampo é uma das partes do sistema límbico, localiza-se no lobo temporal, participa de processos relacionados com memória, aprendizado e emoções. Nos anfíbios o hipocampo é ainda muito rudimentar, nos répteis já apresenta aspecto laminar cortical mais primitivo e denominado de arquicórtex, por isso conhecido como córtex do hipocampo.

Córtex cerebral – formado por substância cinzenta, nos mamíferos apresenta os giros e sulcos e é dividido em lobos, já discutido na seção 1.2. A organização do córtex ou pálio (do latim, córtex = palio, do grego) também apresenta modificações no processo de evolutivo.

O pesquisador americano Paul MacLean realizou análises comparativas entre os cérebros de vertebrados atuais e registros fósseis e concluiu que houve uma expansão a partir de três formações básicas que se sobrepõem, identificando-se o arquipálio ou cérebro reptiliano (córtex do hipocampo), o paleopálio (córtex olfatório) e o neopálio (córtex que reveste os hemisférios cerebrais). Ele usou o termo “cérebro trino” e elaborou a teoria de que os neomamíferos estão sob o controle de três cérebros autônomos, que apesar de independentes funcionam como uma unidade (Figura 1.9).

Figura 1.9 | Representação esquemática da constituição filogenética do encéfalo humano

R – arquipálio, P – paleopálio, N – neopálio.



Fonte: Prada (2014).



Assimile

Com a progressão dos processos evolutivos, o cérebro vai assumindo o controle de funções anteriormente realizadas por estruturas mais caudais.

As cavidades localizadas no telencéfalo são os ventrículos laterais.

Diencefalo – é constituído pelo conjunto de tálamos: epitálamo, tálamo e hipotálamo.

No epitálamo encontramos a glândula endócrina pineal, localizada na porção mais dorsal e caudal do diencefalo, presente em peixes, anfíbios e alguns répteis como um divertículo do teto do terceiro ventrículo, e apresenta células com fotorreceptores semelhantes aos cones e bastonetes da retina. Nestes animais funciona como órgão sensorial capaz de captar estímulos luminosos que atravessam a pele e a parede óssea da cavidade craniana, em alguns lacertídeos (lagartos) é considerada um “terceiro

olho”, em aves e mamíferos funciona como órgão parenquimatoso e secretor do hormônio melatonina, responsável pela regulação do ciclo circadiano.



Vocabulário

Glândula endócrina: os hormônios são o produto de sua secreção e são liberados dentro da corrente sanguínea.

Lacertídeos: pequenos lagartos.

Circadiano: do latim "*circa diem*", cerca de um dia.

Tálamo é um grande receptor, triador e redistribuidor das informações de sensibilidade que estão a caminho do córtex.

Hipotálamo está abaixo do tálamo e tem função de controle do sistema endócrino, está relacionado com controle da homeostase e ainda expressão de comportamentos acompanhados de emoções.

A cavidade localizada no diencéfalo é o terceiro ventrículo.

O **Tronco Encefálico** é formado por mesencéfalo, ponte e bulbo (medula oblonga).

Nos mamíferos o mesencéfalo tem menos importância, em relação ao controle de atividades nervosas, do que nos vertebrados menos complexos, onde é o centro do encéfalo. Identificamos os corpos quadrigêmeos, que são os colículos rostrais e caudais, relacionados respectivamente com as vias visual e auditiva.

A ponte é uma estrutura típica dos mamíferos, situa-se rostralmente ao bulbo e contém corpos celulares de grande quantidade de neurônios que transmitem informações do córtex ao cerebelo.

Bulbo ou medula oblonga, em vertebrados menos complexos, realiza o comando da atividade visceral, em animais mais complexos o hipotálamo assume, embora o bulbo se mantenha relacionado com funções vegetativas (respiratórias e cardiovasculares), mas subordinado ao hipotálamo.



Exemplificando

Em razão de sua importância no controle de funções vitais, lesões na base do crânio, podem lesionar o bulbo e levar o indivíduo à morte.

Cerebelo – é uma parte antiga do encéfalo, embora tenha aumentado e se modificado muito, em consequência, algumas partes do cerebelo dos mamíferos são

relativamente “novas”. Em ciclóstomos, peixes, anfíbios e répteis o cerebelo é liso, já nas aves e mamíferos é grande, lobado e convoluto, devido à sua característica ramificada é chamado árvore da vida. Realiza o controle da coordenação motora e manutenção do equilíbrio, ele não inicia atividades motoras, mas processa aquelas iniciadas em outros locais. Lesões em cerebelo podem levar a quadros de incoordenação.

O quarto ventrículo localiza-se sob o cerebelo.



Assimile

O encéfalo possui quatro ventrículos: os ventrículos laterais (direito e esquerdo), o terceiro e quarto ventrículo.

O líquido cerebrospinal (líquor) preenche os ventrículos.



Pesquise mais

PRADA, I. **Neuroanatomia funcional em medicina veterinária com correlações clínicas**. Jaboticabal: Terra Molhada, 2014.

A parte mais caudal do SNC é a medula espinal, que está presente em todos os vertebrados, mas que apresenta um encurtamento nos mamíferos. Está alojada dentro do canal vertebral, mostra-se afilada em sua extremidade caudal, formando o cone medular. Apresenta as intumescências cervical e lombar, que são locais de emergências de nervos que irão compor os plexos braquiais e lombares, respectivamente.



Refleta

As porções mais caudais do SNC são morfológicamente mais simples e desempenham funções também mais simples, além de serem filogeneticamente mais antigas.

As porções mais rostrais do encéfalo são mais complexas em termos morfológicos e estão relacionadas com o desempenho de funções muito mais complexas, além de serem filogeneticamente mais recentes.

O Sistema Nervoso Periférico é formado por nervos, gânglios e terminações nervosas.

Da medula espinal partem os nervos espinais, que são todos mistos, uma vez que possuem raízes sensitivas e motoras.

Além dos nervos espinais, temos ainda os nervos cranianos, que se originam do

encéfalo; nos mamíferos, aves e répteis existem 12 pares de nervos cranianos, em peixes e anfíbios há somente 10 pares.

Os gânglios são corpos de neurônios localizados fora do SNC, paralelo à medula espinal visualizamos a cadeia ganglionar simpática e na saída dos nervos espinais os gânglios sensitivos.

As terminações nervosas podem ser receptoras ou efectoras.

Quando fazem a captação do estímulo são receptoras, quando estão em contato com os órgãos efetores, os músculos ou glândulas, são efectoras.



Faça você mesmo

Um animal sofreu uma queda e apresentou lesão no cerebelo. Que tipo de alteração clínica este animal poderá apresentar?

Sem medo de errar!

Agora que já sabemos a localização das principais estruturas do SNC, conseguiremos auxiliar Joana a separar e identificar os fragmentos do encéfalo do lobo-guará solicitados pelo Instituto Pasteur, que são: córtex cerebral, cerebelo, hipocampo, tronco encefálico e medula espinal.

Os fragmentos do córtex e do hipocampo foram retirados facilmente do telencéfalo. Para localização do hipocampo, foi necessário separar os dois hemisférios, finalizando o corte a partir da fissura longitudinal e então avançar o acesso a partir da margem rostral da aderência intertalâmica.

Ela ainda precisou retirar partes do mesencéfalo, ponte, bulbo, fragmentos do tronco encefálico e, por fim, do cerebelo e medula espinal.

O conhecimento da anatomia não serve somente como base para compreensão de disciplinas aplicadas. Ao longo da trajetória profissional, em diversas situações será necessário resgatar conhecimentos de forma, função e localização dos órgãos, como nesta necropsia de que a Joana participou.

Avançando na prática

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

"Trauma medular"	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Localização das estruturas do sistema nervoso central.
3. Conteúdos relacionados	Morfofisiologia do sistema nervoso central.
4. Descrição da SP	Em um zoológico, um tratador recolheu um cadáver de macaco-prego (<i>Cebus apela</i>) do recinto logo pela manhã. Neste recinto vive um grupo de 15 animais, são animais arborícolas, de hábitos diurnos que formam grupos com vários machos e fêmeas de diferentes idades, mas com uma organização hierárquica. Eventualmente ocorrem algumas brigas que infelizmente podem levar à morte de animais. Sempre que se encontra animal morto nos recintos deve ser realizada a necropsia para identificação da causa do óbito. Foi feita a necropsia e o laudo dizia que havia lesão de bulbo. Por que lesões em bulbo levam o animal à morte súbita?
5. Resolução da SP	Porque o bulbo participa do controle de funções respiratórias e cardiovasculares.



Faça você mesmo

Um cão da raça dachshund apresentou paralisia e perda de sensibilidade dos membros pélvicos. Após ser avaliado clinicamente foi realizada uma tomografia computadorizada que mostrou uma hérnia de disco causando compressão de medula na região lombar.

Por que existe este déficit neurológico?

Faça valer a pena!

1. Todos os componentes do Sistema Nervoso Central estão localizados dentro do esqueleto axial. Quais são eles?
 - a) Telencéfalo e medula espinal.
 - b) Telencéfalo e mesencéfalo.
 - c) Telencéfalo, diencéfalo e tronco encefálico.
 - d) Telencéfalo, diencéfalo, tronco encefálico e cerebelo.
 - e) Telencéfalo, diencéfalo, tronco encefálico, cerebelo e medula espinal.

2. O telencéfalo faz parte do sistema nervoso central. Assinale a alternativa correta em relação a essa região do encéfalo.

- a) No telencéfalo encontramos o hipotálamo.
- b) No telencéfalo está localizado o bulbo.
- c) Nos mamíferos, o telencéfalo é constituído principalmente pelos hemisférios cerebrais.
- d) Nos peixes, o telencéfalo possui os giros e sulcos.
- e) Nas aves, o tronco encefálico localiza-se no telencéfalo.

3. No encéfalo encontramos os ventrículos encefálicos. Em relação a eles, assinale a alternativa correta.

- a) São preenchidos por sangue venoso.
- b) São cavidades preenchidas por ar.
- c) São locais com corpos de neurônios.
- d) Estão localizados no telencéfalo.
- e) São preenchidos pelo líquido cerebrospinal.

Referências

- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual integrado de vigilância epidemiológica do botulismo**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. 88 p.: il. (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/478af380474576bf84a0d43fbc4c6735/manual_botulismo.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 16 dez. 2015.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2006. 637 p.
- KÖNIG, H. E.; LIEBICHI, H. **Anatomia dos animais domésticos**: Texto e atlas colorido. Órgãos e sistemas. Porto Alegre: Artmed, 2004. v. 2.
- LOBATO, F. C. F. et al. Caso de botulismo tipo C em ganso ocorrido em Minas Gerais, Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1179-1180, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a48cr598.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2015.
- NETTER, F. H. **Atlas de Anatomia Humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- PRADA, I. **Neuroanatomia funcional em medicina veterinária com correlações clínicas**. Jaboticabal: Terra Molhada, 2014.
- RIBAS, G. C. Considerações sobre a evolução filogenética do sistema nervoso, o comportamento e a emergência da consciência. **Revista Brasileira de Psiquiatria**. São Paulo, v. 28, n. 4, p. 326-338, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-44462006000400015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 16 dez. 2015.
- SCHMIDEK, R. W. R.; CANTOS, G. A. Evolução do sistema nervoso, especialização hemisférica e plasticidade cerebral: um caminho ainda a ser percorrido. **Revista Pensamento Biocêntrico**, Pelotas, n. 10, jul./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.fffch.usp.br/df/opessoa/Evolucao-Cerebro.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2015.

MORFOFISIOLOGIA DOS ÓRGÃOS DO SENTIDO, GLÂNDULAS ENDÓCRINAS E APARELHO LOCOMOTOR COMPARADA ENTRE OS DIFERENTES GRUPOS DE ANIMAIS

Convite ao estudo

Caro aluno,

Agora que já estudamos as características morfofuncionais do Sistema Nervoso, seguiremos conhecendo outros órgãos, sempre relacionando com o ambiente em que o animal vive e fazendo as análises comparativas entre as espécies.

Começaremos a unidade com os órgãos do sentido, que são os responsáveis pela percepção de tudo que está em volta, como entre os vertebrados temos animais que vivem em habitats diferentes, já é de se esperar que existam muitas diferenças nos órgãos do sentido deles.

Seguiremos então para o estudo das glândulas endócrinas, que juntas com o Sistema Nervoso garantem a homeostase do organismo. Enfim, apresentaremos o aparelho locomotor que está adaptado para as diferentes formas de vida, afinal alguns animais nadam, outros andam e alguns voam, e terminaremos a unidade com uma aula prática para conhecer de perto todos os componentes anatômicos destes diferentes sistemas.

A competência geral é conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.

A competência técnica é conhecer o Sistema Nervoso, os Órgãos do Sentido, Glândulas Endócrinas e Aparelho Locomotor dos diferentes tipos de animais com suas particularidades para identificar cada grupo. Os objetivos específicos de aprendizagem da unidade são:

- Conhecer as características dos órgãos do sentido: olfato, visão, paladar, audição e tato.

- Estudar as glândulas endócrinas, seus hormônios e a homeostase corpórea.

- Comparar as diferentes formas de locomoção dos vertebrados, estudando seu esqueleto, articulações e músculos.

Nesta unidade, você continuará acompanhando a rotina de Joana, uma bióloga que trabalha em um zoológico e que precisa de muito conhecimento para tomar as decisões diante dos desafios diários vivenciados no exercício de sua profissão.

Seção 2.1

Órgãos do Sentido

Diálogo aberto

A bióloga Joana foi chamada pelo secretário do Meio Ambiente de sua cidade, João Manoel, para elaborar um projeto de enriquecimento ambiental nos recintos do zoológico.

João Manoel tem sido pressionado pelas entidades protetoras dos animais para que melhore a qualidade de vida dos animais selvagens sob sua responsabilidade, alguns grupos inclusive são contra a manutenção de animais selvagens em cativeiro e fizeram várias passeatas na cidade questionando a atenção que a gestão atual tem dado a eles.

Sendo assim, ele pede que Joana escolha um grupo de animais e faça um projeto-piloto de enriquecimento ambiental e, posteriormente, que ela elabore outros para os demais animais do zoológico, pois precisa mostrar para os protetores que serão realizadas ações que trarão melhoria na qualidade de vida dos animais.

Joana escolheu então o recinto de aves de rapina para realizar seu projeto. O que é fundamental que ela conheça para poder ajudar esses animais?

Você sabe o que é enriquecimento ambiental?



Comparando os animais

Será que as aves e mamíferos possuem diferenças em relação aos seus órgãos do sentido?

Não pode faltar

Os órgãos do sentido de um animal são fundamentais para garantir sua sobrevivência em um ambiente, através deles é que conseguem visualizar os obstáculos, ouvir

predadores, farejar animais intrusos em seu grupo, sentir o gosto e assim não ingerir substâncias potencialmente tóxicas em seu alimento, sua pele pode sentir tato, pressão e temperatura, percebendo então tudo em sua volta. Existem diversos órgãos do sentido, alguns com células sensoriais bastante especializadas e outros mais simples, como terminações nervosas periféricas especializadas, todos com a função de captação dos sinais, através de seus receptores.

Existem três tipos de receptores:

- Exteroceptores – captam sinais do meio externo.
- Visceroceptores (Interoceptores) – captam sinais do próprio organismo, estão localizados nas vísceras.
- Proprioceptores – monitoram o posicionamento dos músculos e articulações.

Nesta seção, falaremos somente dos estímulos recebidos do ambiente externo, portanto, captados pelos exteroceptores, relacionados com os estímulos conscientes.

Os órgãos sensoriais atuam como transdutores convertendo o sinal ambiental em uma alteração do potencial de membrana da célula receptora. Desta forma, transformam sinais mecânicos, químicos ou luminosos em potenciais de ação para que possam então ser conduzidos e interpretados pelo Sistema Nervoso Central (SNC).

Vamos ver como isso funciona em cada grupo dos vertebrados?

Algumas espécies animais possuem modalidades sensoriais ausentes no ser humano.



Exemplificando

Algumas serpentes podem detectar energia térmica emitida, se utilizam dela para localizar a presença dos mamíferos que caçam, pois estes animais são de “sangue quente”.

Os receptores são responsáveis pela captação dos estímulos, são divididos em: quimiorreceptores, mecanorreceptores, eletorreceptores, termorreceptores e fotorreceptores. Os nomes baseiam-se no tipo de energia a que são mais sensíveis: química, mecânica, elétrica, térmica e luminosa.

Quimiorreceptores

O estímulo químico é bastante antigo na escala filogenética, até mesmo organismos

unicelulares podem apresentar quimiotaxia. Esses estímulos fazem parte de seus comportamentos alimentares, sexuais, locomotores, defensivos etc.



Vocabulário

Quimiotaxia: atração em relação a um estímulo químico.

Fonte: Randall, Burggren e French (2011).

Alguns animais produzem feromônios, fazem esta comunicação química, eles sinalizam diferentes situações, como marcar uma trilha ou caminho, sinalizar um perigo, fase reprodutiva etc. A detecção desses sinais é feita por receptores especializados, chamados quimiorreceptores.

Os principais sentidos químicos são olfato e paladar. Os sistemas sensoriais químicos podem ser muito sensíveis.

Os peixes possuem quimiorreceptores bastante desenvolvidos para detectar sabores e odores e, como vivem em ambiente aquático, os órgãos gustativos não se limitam nas regiões de cabeça e boca, mas também podem estar espalhados por outras partes da superfície externa do corpo.



Exemplificando

O salmão tem as barbatanas peitorais modificadas com receptores para gustação, que ele utiliza para "provar" o fundo do ambiente onde vive.

Nos anfíbios, os botões gustativos estão restritos ao teto da cavidade oral, à língua e mucosa que recobre as maxilas, já nos répteis estão localizados principalmente na região faríngea. As aves não possuem botões gustativos na língua, localizam-se na cavidade oral e faringe e nos mamíferos estão concentrados na língua.

Na maioria dos peixes, seus órgãos olfatórios são constituídos de um par de cavidades revestidas por pregas de epitélio sensitivo.



Refleta

O olfato é um sentido primitivo, os primeiros vertebrados já apresentavam olfato acurado, o encéfalo rostral era destinado a sinais olfatórios.

Nos anfíbios, o epitélio olfatório restringe-se à região superior das passagens nasais e surge nestes animais uma outra estrutura olfatória: o órgão de Jacobson, também

conhecido como órgão vômero-nasal, que está relacionado com percepção dos feromônios. É rudimentar ou ausente em tartarugas, crocodilianos, aves e mamíferos aquáticos e primatas mais complexos, inclusive no homem.

Os vertebrados que respiram acrescentam células mucosas ao epitélio olfatório, para dissolução das partículas e melhor detecção do cheiro. Nestes animais também ocorre um aumento da cavidade nasal, que passa a ter função importante na limpeza, umidificação, filtração e aquecimento do ar inspirado, preparando-o antes de atingir os pulmões.

As aves apresentam o sentido olfato pouco desenvolvido.

Mecanorreceptores

Os mecanorreceptores se apresentam de várias formas, desde bastante simples, que são as terminações nervosas indiferenciadas, até alguns mais complexos. Eles respondem a estímulos mecânicos como vibração, toque, pressão, gravidade, estiramento e são responsáveis pelos sentidos do tato, dor e audição.

Todos os animais podem sentir contato físico sobre a superfície de seus corpos. Os peixes e as larvas dos anfíbios possuem a linha lateral, que está relacionada com determinação de pressão e correntes na água, são mecanorreceptores sensíveis que detectam movimento na água.

Para o tato existem dois tipos de receptores, os de adaptação lenta e os de adaptação rápida. A distribuição destes receptores não é homogênea, alguns locais são mais sensíveis que outros.

Os nociceptores são os responsáveis pelo sentido da dor, que é muito importante aos seres vivos, para que possam se livrar dos estímulos nocivos.

A audição permite aos indivíduos o reconhecimento dos sinais ambientais e ainda a comunicação com outros indivíduos. Nos vertebrados, primeiramente surgiu a orelha interna, como órgão do equilíbrio. Os mamíferos possuem orelha externa, média e interna. Sua sede da audição é a orelha interna. No local onde se localiza a cóclea, existe um pavilhão externo que conduz as ondas sonoras até a membrana timpânica, que vibra e transfere os estímulos aos ossículos localizados na orelha média, que por sua vez transmitem esta vibração à cóclea.

A cóclea é preenchida por líquido, tem formato de caracol e possui as células sensoriais auditivas, que são ciliadas; ao estimular estes cílios gera-se impulso nervoso que é transmitido ao nervo (coclear – vestibulococlear) e daí segue ao centro de audição, no córtex cerebral.

Os peixes não possuem orelha externa, nem média e tampouco uma cóclea, e sua parte interna está relacionada muito mais com o equilíbrio do que com a audição. Mas então os peixes não possuem audição?

Na orelha interna dos peixes existe uma dilatação onde estão localizados os otólitos, concreções de carbonato de cálcio que são deslocadas com vibrações sonoras e assim entram em contato com células ciliadas ali localizadas e onde ocorre uma transformação de ondas sonoras em estímulo sensorial que é conduzido por um nervo até o Sistema Nervoso Central (SNC).

Alguns grupos de peixes ósseos adquiriram audição de longo alcance de sons de baixa frequência, adaptando a bexiga natatória como uma caixa de ressonância.

Quando os animais passaram a habitar os ambientes terrestres houve adaptação do sistema auditivo para perceber as variações de pressão sonora no ar, surgiu então a orelha média. A cavidade timpânica surgiu nos tetrápodes e possibilitou a percepção de frequências sonoras acima de 1 kHz.

O homem não consegue localizar os sons de forma tão precisa como alguns predadores que conseguem caçar no escuro, como gatos e corujas.

As corujas usam sons provenientes da presa para determinar a localização da presa, mas alguns animais obtêm informações a partir de ecos de sons produzidos por eles mesmos, chamado de sonar animal. Os morcegos conseguem voar em um ambiente totalmente escuro graças a este mecanismo.

Os golfinhos e baleias também fazem uso de reflexões acústicas para evitar colisão com objetos e também para encontrar alimento.

As serpentes possuem dois sistemas sensoriais que respondem ao som transmitido no ar e à vibração do substrato.



Pesquise mais

RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. Eckert **fisiologia animal: mecanismos e adaptações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

Eletrorreceptores

Você sabia que alguns peixes possuem sentido elétrico?

Alguns peixes são elétricos e possuem a capacidade de produzir descargas por órgãos elétricos, este mecanismo é utilizado para obter informações do meio. A maioria dos peixes elétricos vive em águas turvas, onde a visibilidade é precária, seus olhos são pouco desenvolvidos.

Outros peixes possuem eletrorreceptores e não são peixes elétricos, seus eletrorreceptores servem para percepção de corrente elétrica, em tubarões e arraias são chamados de ampolas de Lorenzini.

Salamandras e o ornitorrinco também podem gerar campo elétrico.

Termorreceptores

A temperatura é uma variável ambiental importante, muitos organismos adquirem informações sensoriais sobre a temperatura através de terminações nervosas especializadas localizadas na pele dos animais que são sensíveis à temperatura. Esses impulsos contribuem para os mecanismos de termorregulação corpórea.

A cascavel possui detector de infravermelho na fosseta loreal capaz de detectar animais de sangue quente ao seu redor.

Figura 2.1 | Fosseta loreal da cascavel



Fonte: <<https://pixabay.com/pt/cascavel-t%C3%B3xico-snake-perigosas-653642/>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

Fotorreceptores

Desde a formação da Terra, a luz do Sol tem sido uma força seletiva potente no processo de evolução dos organismos vivos, e a maioria é capaz de responder à luz de alguma maneira. A fotorrecepção é a transdução de fótons de luz em sinais elétricos

que podem ser interpretados pelo SNC.

Os olhos dos vertebrados possuem internamente a retina, onde estão localizadas as células fotossensíveis, os cones (capazes de distinguir cores) e bastonetes. Na retina encontramos também a fóvea, local de maior acuidade visual.



Assimile

Nos animais de hábitos diurnos predominam os cones, já nos noturnos há predominância dos bastonetes.

O olho dos anfíbios é semelhante aos dos demais vertebrados, geralmente a pálpebra inferior é mais móvel que a superior. Como a córnea dos vertebrados terrestres ressecaria, resultado da evaporação e por não estarem no ambiente aquático, as glândulas lacrimais são encontradas em muitos anfíbios, apesar de serem pouco desenvolvidas, mas o olho mantém-se úmido por uma secreção oleosa da glândula de Harder.

As pálpebras estão presentes em muitos répteis e geralmente são mais móveis que nos anfíbios, mas nas serpentes e alguns lagartos não existem pálpebras móveis e o olho é coberto por pele transparente, elas são contínuas com as escamas que cobrem todo o corpo e são eliminadas periodicamente, junto com essas escamas.

As aves têm os olhos extremamente desenvolvidos e proporcionalmente grandes em relação ao tamanho do corpo.



Atenção!

Aves possuem a maior acuidade visual entre os vertebrados.

Algumas aves mergulhadoras têm uma janela transparente na terceira pálpebra para facilitar a visão sob a água.



Exemplificando

As aves de rapina possuem uma notável visão para objetos distantes, adaptada para encontrar suas presas, que muitas vezes está longe; para tanto apresentam maior densidade de cones em sua retina.

Os olhos dos mamíferos domésticos encontram-se mais protrusos da superfície da face que os dos primatas, incluindo o homem. A posição está relacionada com o ambiente, os hábitos e alimentação de cada animal. Em geral, as espécies predadoras

(carnívoros) possuem olhos situados bem à frente, ao passo que as espécies que são caçadas, os herbívoros: equídeos, ruminantes, coelhos etc., apresentam os olhos mais lateralizados, conforme podemos observar na Figura 2.2 a seguir.

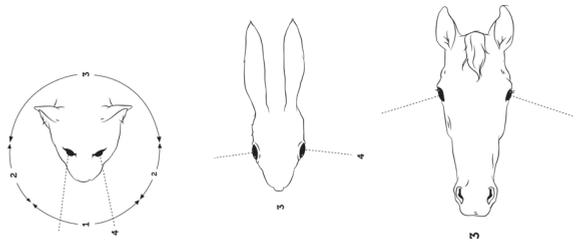


Assimile

Posição dos olhos dos predadores – proporciona amplo campo de visão binocular, permite concentração em objetos próximos e a percepção de profundidade.

Posição dos olhos das presas – a lateralização dos olhos dificulta sobreposição dos campos de visão direito e esquerdo, eles têm pouca visão binocular, mas conseguem visualizar grandes áreas ao seu redor, o que é importante para percepção de seus predadores.

Figura 2.2 | Posição dos olhos dos mamíferos e campos visuais



Fonte: Dyce, Sack e Wensing (2004).



Faça você mesmo

Como você faria um enriquecimento ambiental no recinto de uma onça pintada?

São animais de hábitos noturnos, será que vale a pena colocar objetos coloridos?

Sem medo de errar

Agora que você já conhece um pouco sobre órgãos dos sentidos, vamos ver como este conhecimento pode ajudar a Joana em seu projeto de enriquecimento ambiental? Você já sabe o que é enriquecimento ambiental?

São atividades realizadas com animais em cativeiros com objetivo de minimizar o estresse e a monotonia, mas para realizá-las é preciso conhecer bastante a biologia da espécie que irá trabalhar.

Alguns animais em cativeiro podem apresentar algumas mudanças de comportamento que indicam sinais de estresse, tais como: comportamento estereotipado, isolamento, apatia.



Exemplificando

Comportamento estereotipado – animal realizando movimentos repetitivos, como, por exemplo: andando de um lado para o outro.

Para que seja realizado um enriquecimento ambiental, é necessário profundo conhecimento da biologia da espécie a ser trabalhada, caso contrário, pode até se tornar uma armadilha.

Existem várias modalidades de enriquecimento, mas fundamentalmente deve-se proporcionar aos animais estímulos que despertem seu interesse, inclusive estímulos sensoriais: visual, olfativo, auditivo, tátil e gustativo.

Agora acho que já conseguimos ajudar a Joana em seu enriquecimento ambiental no recinto das aves de rapina.

Você sabe quais animais pertencem a este grupo?

São aves que caçam, possuem uma visão muito desenvolvida para localização de seu alimento, garras fortes para preensão da presa e bico forte e curvo para rasgar a carne. Elas se alimentam de vertebrados e insetos, algumas consomem carniça.

Algumas possuem hábitos diurnos, são os falconiformes, e outras noturnos, são as corujas (strigiformes), são predadores de topo da cadeia alimentar.

Vamos pensar então em uma prática de enriquecimento ambiental que se adeque às características sensoriais desse grupo de animais?



Atenção!

Aves de rapina são animais com excelente acuidade visual.

Como são animais com excelente acuidade visual, podemos pensar em inserir no recinto estímulos visuais, trabalhando objetos coloridos e com bastante movimento.

Podemos realizar outros estímulos com o próprio alimento, deixando-o mais escondido, dificultando seu acesso ou ainda colocando em dispositivos mecânicos que simulam uma presa em movimento.

Acha que funcionaria utilizar como principal estratégia estímulos olfativos?

As aves possuem olfato pouco desenvolvido, sendo assim estímulos olfativos não seriam interessantes para elas.

Estímulos de práticas de enriquecimento ambiental podem tornar a vida de um animal em cativeiro muito mais agradável, isso acaba prevenindo uma série de doenças.

Estímulos sensoriais fazem parte dos enriquecimentos ambientais: inserir sons com vocalização de outros animais, odores de fezes e urina de predadores nos recintos das presas e de presas nos recintos de predadores são exemplos destes estímulos, pois podem oferecer oportunidade destes animais expressarem seus comportamentos naturais.



Comparando os animais

Pudemos aprender que as aves e mamíferos possuem diferenças em relação aos órgãos do sentido, não é mesmo?

Em relação à visão, quem é mais eficiente?

E quanto ao olfato?

Essas diferenças estão relacionadas com mecanismos adaptativos dos animais à sua sobrevivência!

Avançando na prática

Pratique mais	
Instrução Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.	
"Enriquecimento ambiental em um recinto de leão"	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Órgãos do sentido dos vertebrados.
3. Conteúdos relacionados	Visão, tato, olfato, paladar e audição dos vertebrados.
4. Descrição da SP	Você precisa realizar um projeto de enriquecimento ambiental em um recinto de leão. Quais as estratégias que poderia utilizar?
5. Resolução da SP	Como se trata de um predador, poderia trabalhar com estímulos sensoriais de outros animais do próprio zoológico, que são presas deste na natureza, por exemplo, colocar fezes de uma zebra em seu recinto. Deve-se tomar cuidado com controle de parasitas, mas é só realizar exames periódicos para controle adequado.



Lembre-se

O estímulo químico é bastante antigo na escala filogenética, até mesmo organismos unicelulares podem apresentar quimiotaxia. Estes estímulos fazem parte de seus comportamentos alimentares, sexuais, locomotores, defensivos etc.



Faça você mesmo

E se você fosse fazer um enriquecimento no recinto da zebra?

O que poderia ser feito estímulo olfativo como enriquecimento ambiental, sendo que neste zoológico você tem leões que são predadores das zebras?

Faça valer a pena

1. Os órgãos do sentido de um animal são fundamentais para garantir sua sobrevivência em um ambiente. Existem diversos órgãos do sentido, todos com a função de captação dos sinais, através de seus receptores. Quais são tipos de receptores?

- a) Audição, visão e tato.
- b) Exteroceptores, proprioceptores e viscerceptores.
- c) Exteroceptores e viscerceptores.
- d) Cóclea e retina.
- e) Linha lateral e feromônios.

2. Quais são os receptores responsáveis pela captação de estímulos do meio externo?

- a) Exteroceptores.
- b) Viscerceptores.
- c) Proprioceptores.
- d) Exteroceptores e viscerceptores.
- e) Viscerceptores e proprioceptores.

3. Os receptores são sensíveis aos seus estímulos seletivos e podem amplificar o sinal que está sendo recebido, então mudam a energia do estímulo para a energia de um impulso nervoso. Assinale alternativa correta:

- a) Os quimiorreceptores estão relacionados com paladar e olfato.
- b) Os eletrorreceptores estão relacionados com a visão.
- c) Os mecanorreceptores são responsáveis pelo olfato.
- d) Os nociceptores são responsáveis pelo tato.
- e) Os fotorreceptores estão relacionados com a dor.

Seção 2.2

Anatomia e fisiologia das glândulas endócrinas

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção iremos estudar as glândulas endócrinas, que junto com o sistema nervoso controlam o funcionamento do organismo como um todo.

Vamos continuar acompanhando a rotina de trabalho da bióloga Joana no zoológico, onde acontecem várias situações envolvendo os animais que ali vivem.

Atualmente ela tem enfrentado alguns problemas relacionados com um grupo de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) que tem aumentado bastante, uma vez que no local existem condições ambientais adequadas e ainda oferta abundante de alimentos.

No município onde o zoológico está localizado foram registrados 3 óbitos de pessoas vítimas da febre maculosa, que é uma doença transmitida pela larva do carrapato-estrela (ou micuim) da espécie *Amblyomma cajennense* infectado pela bactéria *Rickettsia rickettsii*. O carrapato *Amblyomma cajennense* pode ser encontrado em vários animais, como bovinos, equinos, cães e também na capivara.

Em razão das mortes, muitas pessoas deixaram de frequentar o zoológico com medo de se infectar e reclamam do aumento exagerado no número de capivaras, fato que obrigou a equipe técnica a elaborar um plano de controle populacional destes animais.

Como você faria este controle populacional? Qual método utilizaria? A castração dos machos e das fêmeas seria indicada?



Comparando os animais

Todos os vertebrados possuem as mesmas glândulas endócrinas?

Os hormônios têm as mesmas funções nos diferentes animais?

As aves produzem prolactina? Qual a sua função, já que elas não produzem leite?

Não pode faltar

As glândulas endócrinas são glândulas sem ductos, produzem os hormônios e os liberam na corrente sanguínea para serem transportados até o local onde irão agir, que chamamos de órgão-alvo. Cada glândula possui sua função distinta e particular e colaboram coletivamente com o sistema nervoso na manutenção do meio interno e na garantia de respostas genéricas e específicas apropriadas aos estímulos provenientes de fontes externas e internas. Ao contrário das ações do sistema nervoso, as dos hormônios tendem a ser mais lentas nos efeitos, porém de maior duração.



Assimile

Hormônios são mensageiros químicos que, para agirem em um determinado órgão, precisam ter os receptores específicos.

Muitas funções fisiológicas são controladas pelo sistema endócrino ou são influenciadas por ele, como, por exemplo, funções metabólicas e manutenção da homeostase, crescimento, desenvolvimento e reprodução.

As glândulas endócrinas são pequenas e altamente vascularizadas, em vertebrados menos complexos tendem a ser difusas e nos mais complexos são diferenciadas.

Muitos hormônios são semelhantes em todas as classes de vertebrados, outros têm funções específicas que diferem de um grupo a outro, por exemplo, a prolactina é um hormônio que em mamíferos estimula a secreção de leite, e em pombos estimula a formação do "leite do papo" e em peixes atua na função renal e permeabilidade das brânquias.

Os hormônios são classificados em três grupos distintos, de acordo com sua natureza química:

- Hormônios esteroides – são derivados do colesterol.
- Hormônios peptídeos e proteicos – os peptídeos contêm de 3 a 14 aminoácidos e os proteicos podem conter até centenas de aminoácidos.
- Hormônios derivados da tirosina – este aminoácido é precursor dos hormônios da tireoide, da adrenalina e noradrenalina.

Os órgãos endócrinos podem ser divididos em três grupos:

- Órgãos endócrinos de natureza primária: aqueles cuja função primordial é produção hormonal: hipófise, pineal, tireoide, paratireoide e adrenais.

- Órgãos endócrinos de natureza secundária: órgãos que combinam função endócrina importante e outras funções relacionadas relevantes: testículos, ovários, pâncreas e a placenta.

- Órgãos endócrinos de natureza terciária: aqueles que possuem uma natureza primária muito diferente, mas incluem um componente endócrino discreto: os rins, o fígado, o coração, o timo, tecido adiposo e o trato gastrointestinal.

O Sistema Nervoso Central (SNC) está intimamente relacionado com o controle da função endócrina, uma vez que o hipotálamo, localizado na base do cérebro, exerce papel dominante neste controle e está logo acima da glândula hipófise.

O hipotálamo, além de ser a sede de várias funções de controle nervoso, como regulação de temperatura e ingestão de água e alimentos, também tem grande importância no sistema endócrino, pois controla o funcionamento da hipófise, através de conexões neurais com a neuro-hipófise, e ainda se conecta com a adeno-hipófise por meio do sistema porta-hipofisário.

A hipófise nos mamíferos está localizada em uma bolsa óssea do osso basisfenoide, embora seja pequena, é considerada a regente de todo o sistema endócrino, pois controla o funcionamento de outras glândulas endócrinas, está dividida em neuro-hipófise e adeno-hipófise, que é composta por várias partes: a parte distal que é a mais ativa, a parte intermediária; e os tetrápodes possuem ainda a parte tuberal.

A neuro-hipófise é formada por prolongamentos de células nervosas que se originam no hipotálamo, onde são produzidos seus hormônios, que serão armazenados e liberados pela neuro-hipófise, são eles:

- Vasopressina ou hormônio antidiurético – contribui para osmorregulação, fazendo com que o rim reabsorva fluido.

- Ocitocina – nos mamíferos inicia secreção de leite e a contração do útero.

A parte distal da adeno-hipófise produz vários hormônios e grande parte deles estimula outras glândulas endócrinas:

- Hormônio tireo-estimulante (TSH) – estimula a glândula tireoide.

- Hormônio corticotrópico adrenal (ACTH) – atua sobre o córtex da adrenal.

- Hormônios gonadotróficos (FSH – hormônio folículo estimulante e LH – hormônio luteinizante) – atuam nas gônadas, relacionados com processos reprodutivos.

Esses hormônios possuem um controle de sua produção, que é feito pela produção de hormônios nos órgãos-alvo, que suprimem a produção dos mesmos.

Ainda na parte distal ocorrem as secreções dos hormônios:

- Hormônio do crescimento (GH) – relacionado com o crescimento e metabolismo de lipídeos.

- Prolactina – necessário para lactação nos mamíferos e em outros vertebrados tem outras funções, em algumas aves, como pombos e pinguins, é responsável pela produção do "leite do papo", uma secreção utilizada na alimentação dos filhotes.

A parte intermediária secreta o hormônio melanócito-estimulante (MSH), que faz com que a melanina se disperse nas células pigmentares, tornando a pele mais escura, age no controle da pigmentação da pele de peixes, anfíbios e répteis e também tem ação na coloração das penas de aves e pele e pelos de mamíferos.



Assimile

Hormônios da hipófise:

- Vasopressina.
- Occitocina.
- TSH.
- ACTH.
- Gonadotróficos – FSH e LH.
- GH.
- Prolactina.
- MSH.

A glândula pineal está localizada entre os dois hemisférios cerebrais e produz o hormônio melatonina, que é sintetizado a partir da serotonina. A melatonina regula o ciclo circadiano, sua produção e liberação são induzidas à noite, com a diminuição de estímulos luminosos.

A glândula tireoide produz os hormônios tiroxina (T4) e tri-iodotironina, (T3), ambos intimamente relacionados, a liberação deles ocorre em resposta ao hormônio liberador de tireotropina (TSH) secretado pela hipófise. Os hormônios da tireoide contêm iodo, que é captado e armazenado pela glândula.



Atenção!

Todos os vertebrados possuem esta glândula, nos mais complexos seus hormônios estão relacionados com metabolismo, em anfíbios está

relacionado com a metamorfose das larvas para a fase adulta – se ocorrer a remoção da tireoide de um girino, ele permanecerá na fase larval.

Nos ciclóstomos e teleósteos a tireoide é relativamente difusa, nos tetrápodes geralmente situa-se perto da laringe, traqueia ou brônquios.



Refleta

Alguns animais hibernam no inverno, época de escassez de alimentos, sendo assim seu metabolismo fica muito reduzido, com objetivo de poupar energia.

O sistema endócrino está diretamente ligado aos mecanismos de hibernação, sobretudo a glândula tireoide, que regula o metabolismo.

Os animais e seres humanos podem apresentar distúrbios da tireoide, o hipertireoidismo, quando aumenta produção de seus hormônios, e hipotireoidismo, quando seus hormônios estão diminuídos.

Animais com hipotireoidismo apresentam seu metabolismo todo diminuído, assim ficam menos ativos que o normal, tendem a ganhar peso e sentem muito frio.

Animais com hipertireoidismo tendem a ficar muito agitados, emagrecem em razão de seu metabolismo acelerado e sentem muito calor.

As glândulas paratireoides produzem o paratormônio (PTH) que é responsável pelo metabolismo do cálcio, na sua ausência o animal apresenta tetania muscular e evolui para morte. Elas estão presentes somente nos tetrápodes, estão localizadas próximas da tireoide.

As glândulas adrenais nos amniotas estão situadas próximas ao rim, são compostas por dois tecidos glandulares, um córtex externo e a medula interna.

O córtex da adrenal produz hormônios reprodutivos, mineralocorticoides, que regulam a função renal e os glicocorticoides que têm várias funções, como mobilização de aminoácidos e glicose e ações anti-inflamatórias, e também produz a aldosterona, que promove retenção de sódio e excreção de potássio pelos rins. Nos peixes ósseos o tecido equivalente ao córtex da adrenal é chamado tecido inter-renal.

A medula secreta adrenalina e noradrenalina, o corpo reage a estes hormônios de várias maneiras capacitando-o a enfrentar emergências.



Exemplificando

Adrenalina e noradrenalina são hormônios secretados em situações de emergência, eles preparam o animal para situações de luta ou de fuga, levando ao aumento do açúcar no sangue e da pressão sanguínea, inibição dos músculos lisos, vasoconstrição periférica etc.



Assimile

As glândulas endócrinas discutidas até agora são essencialmente endócrinas, pois têm como sua principal função a produção de hormônios, são elas: Hipófise, Pineal, Tireoide, Paratireoides e Adrenais.

Agora apresentaremos as glândulas endócrinas de natureza secundária, que combinam uma função endócrina importante, mas também desempenham outras funções relevantes: as gônadas femininas e masculinas (ovários e testículos), o pâncreas e a placenta.

Os testículos são as gônadas masculinas, consideradas uma glândula mista, com função endócrina e exócrina. A porção exócrina dos testículos é responsável pela produção dos gametas masculinos, os espermatozoides.



Vocabulário

Glândula exócrina: possui uma porção secretora e um ducto excretor.

Fonte: Junqueira e Carneiro (2013).

A porção endócrina dos testículos produz os hormônios reprodutivos masculinos, os andrógenos, a partir do colesterol. Estes hormônios também são produzidos no córtex da adrenal.

A produção e secreção dos andrógenos (androstenediona e testosterona) são promovidas pelos hormônios gonadotróficos da hipófise (FSH e LH), que por sua vez são liberados em resposta ao hormônio hipotalâmico liberador de gonadotropina (GnRH).

Quando os níveis dos andrógenos se elevam na corrente sanguínea, realizam o que chamamos de *feedback* negativo nos secretores de GnRH no hipotálamo e nas células secretoras de FSH e LH da hipófise, controlando assim sua produção.

A testosterona é o principal hormônio sexual masculino, ele é importante em

vários aspectos do crescimento, desenvolvimento e da diferenciação morfológica, bem como no desenvolvimento e comportamento reprodutivo e nas características sexuais masculinas secundárias.



Exemplificando

Características sexuais masculinas: juba do leão, crista do galo, pelos faciais no homem etc.

Os testículos em geral são órgãos pares, mas podem estar parcialmente fundidos nos elasmobrânquios e são completamente fundidos em ciclóstomos adultos, são alongados em vertebrados delgados (ciclóstomos e maioria dos peixes), porém são compactos e ovoides em alguns peixes cartilagosos, anuros e nos amniotas.



Vocabulário

Elasmobrânquios = placa + brânquia: os tubarões e as raias são representantes deste grupo de animais.

Fonte: Hildebrand e Goslow (2006).

Os ovários são as gônadas femininas e também consideradas glândulas mistas, possuem porção exócrina, responsável pela produção dos gametas femininos (ovócitos ou óvulos) e sua porção endócrina produz os hormônios femininos, dentre eles destacam-se a progesterona, relaxina e o estrógeno, que estimula o desenvolvimento das características sexuais primárias como útero, ovário e vagina e também as características sexuais femininas secundárias, como regulação de ciclo reprodutivo, dimorfismo sexual e também o comportamento reprodutivo.

A produção de estrógenos nos ovários é estimulada pelo hipotálamo e hipófise, como ocorre com a produção de andrógenos nos testículos.

Os ovários apresentam-se diferentes nas diversas classes de vertebrados e também de acordo com a fase do ciclo reprodutivo, a produção de óvulos é cíclica. Os anfíbios de corpo longo possuem ovários longos e delgados, em lampreias e alguns teleosteos os dois ovários podem se fundir parcialmente nos adultos, para uma melhor acomodação em um corpo aerodinâmico, em alguns peixes cartilagosos pode estar ausente o ovário esquerdo e a maioria das aves não apresenta o ovário direito.

A placenta dos mamíferos é rica em estrógenos, relaxina e progesterona e também de gonadotropinas e prolactina, que também são produzidas pela adeno-hipófise.

O pâncreas também é uma glândula mista, sua porção exócrina produz suco

pancreático com as enzimas digestivas e a endócrina produz insulina e glucagon, relacionados com o metabolismo dos carboidratos e a somatostatina, que inibe o hormônio de crescimento (GH).

A presença de glicose no sangue estimula o pâncreas a liberar a insulina, que vai permitir a entrada da glicose nas células, para ser utilizada como fonte de energia. Quando existe uma falha na produção de insulina, temos a *diabetes mellitus* e ocorre aumento dos níveis séricos de glicose, pois ela não conseguiu entrar nas células.

A liberação do glucagon é estimulada quando os níveis de glicose diminuem, ele vai agir no tecido adiposo, fígado e músculos, mobilizando energia a partir de lipólise, glicogénólise, neoglicogênese e proteólise.



Lembre-se

Além dessas glândulas, o fígado, coração, rins, timo, tecido adiposo, estômago e intestino também produzem hormônios.

Pois é, esses órgãos, apesar de terem sua função principal completamente diferente de produção de hormônios, também desempenham função endócrina.

Sem medo de errar

Agora vamos ver se com estes conhecimentos sobre as principais glândulas endócrinas nos vertebrados já conseguimos ajudar Joana a estabelecer um plano de controle populacional das capivaras?

Vamos primeiro entender um pouco da organização social desses animais, que vivem em grupo e que é baseada em relações sociais interindividuais. Os grupos sociais são de tamanhos e composições variáveis dependendo do tipo de ambiente.

Em populações de vida livre, o sistema social da espécie é geralmente composto por três tipos de unidades:

- A - grupos mistos - machos e fêmeas;
- B - pequenos grupos de machos;
- C - machos solitários.

Nos grupos mistos, a proporção de fêmeas é sempre maior que a de machos porque os machos jovens, ao atingirem a maturidade sexual, são expulsos do grupo pelo dominante, mantendo-se próximos às unidades sociais de origem, por isso a ocorrência dos pequenos grupos de machos e dos machos solitários.



Pesquise mais

FERRAZ, K. P. M. B.; VERDADE, L. M. **Ecologia comportamental da capivara:** bases biológicas para o manejo da espécie. 2001. Disponível em: <http://docentes.esalq.usp.br/lea/Artigos_pdf/Ferraz%20e%20Verdade%202001.PDF>. Acesso em: 17 nov. 2015.

Percebe que a organização social é baseada no gênero dos animais?

Quando castramos os machos, retiramos os testículos, que são os principais responsáveis pela produção dos hormônios masculinos. Sem essa “sinalização” hormonal, com certeza causaríamos danos hierárquicos e estruturais nesta população de animais.

E da mesma maneira, se castrarmos as fêmeas, retiramos os ovários, que são as glândulas responsáveis pela produção dos hormônios femininos, o que levaria também a danos sociais.

Como podemos resolver esta questão?

Em razão da importância dos hormônios nas organizações sociais e repertórios comportamentais da espécie, o mais adequado seria a realização de cirurgia de vasectomia nos machos, em que se faz uma ressecção do ducto deferente, responsável pelo transporte dos espermatozoides até a uretra no momento da ejaculação, sendo assim, não há interferência em produção de hormônios.

Joana e os demais membros da equipe técnica do zoológico, além de programarem as cirurgias nos animais, acionaram a equipe da Vigilância Sanitária do município e juntos implementaram medidas de controle dos carrapatos e conscientização da população sobre a febre maculosa.



Faça você mesmo

E nas fêmeas?

Também não deveriam ser castradas, retirando útero e ovários como fazemos em cadelas e gatas, mas poderia ser realizada a cirurgia de retirada das tubas uterinas, chamadas de salpingectomia, mantendo os ovários e assim a produção dos hormônios femininos.



Comparando os animais

Vimos nesta seção que existem diferenças entre as glândulas endócrinas dos vertebrados.

Alguns hormônios desempenham funções diferentes nas diversas famílias dos vertebrados. Conseguiu descobrir o papel da prolactina nas aves?

Avançando na prática

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.

“Controle populacional de macacos-pregos em um zoológico”

1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Morfofisiologia das gônadas.
3. Conteúdos relacionados	Morfofisiologia dos órgãos endócrinos.
4. Descrição da SP	Você, como biólogo, trabalha em um zoológico e precisa elaborar um plano de controle populacional de macacos-pregos (<i>Cebusapella</i>). Sabendo que esta espécie tem uma organização social com hierarquia de dominância, como faria?
5. Resolução da SP	Veja no texto a importância dos hormônios sexuais nos comportamentos dos animais. Para resolver esta situação-problema você deve ler no item “Não pode faltar” deste livro didático sobre o funcionamento das glândulas endócrinas.



Lembre-se

Os testículos são glândulas mistas: endócrinas e exócrinas!



Faça você mesmo

Um cão apresenta-se com sinais clínicos de apatia, ganho de peso e intolerância ao calor, foi levado ao médico veterinário e diagnosticado com hipotireoidismo. Porque ele apresenta estes sinais clínicos?

Para responder a esta questão, volte no texto e veja as funções dos hormônios tireoidianos.

Faça valer a pena

1. As glândulas endócrinas trabalham juntas com o sistema nervoso com

o objetivo de manter a homeostase corpórea. Em relação a elas, assinale a alternativa correta.

- a) São glândulas sem ductos que produzem os hormônios.
- b) São glândulas com ductos que produzem hormônios.
- c) Somente algumas glândulas endócrinas produzem hormônios.
- d) Todas as glândulas endócrinas produzem noradrenalina.
- e) Todas as glândulas endócrinas produzem hormônios esteroides.

2. As glândulas endócrinas produzem os hormônios, que são mensageiros químicos que, para agirem em um determinado órgão, este precisa ter os receptores específicos. Em relação aos tipos de hormônios, de acordo com sua natureza química, assinale a alternativa correta.

- a) Os hormônios da tireoide são derivados do colesterol.
- b) Os hormônios peptídeos e proteicos são derivados da tirosina.
- c) Os hormônios adrenalina e noradrenalina são derivados da tirosina.
- d) Os hormônios peptídeos contêm mais de 100 aminoácidos.
- e) Os hormônios esteroides são derivados do colesterol.

3. A hipófise nos mamíferos está localizada em uma bolsa óssea do osso basisfenoide; embora seja pequena, é considerada a regente de todo o sistema endócrino, pois controla o funcionamento de outras glândulas endócrinas. Assinale a alternativa que corresponde aos hormônios produzidos pela hipófise.

- a) Vasopressina, ocitocina, estrógeno e progesterona.
- b) Vasopressina, ocitocina, TSH, FSH, LH, ACTH, GH, prolactina e MSH.
- c) T3, T4, ocitocina e testosterona.
- d) Insulina, glucagon, estrógenos e progesterona.
- e) Adrenalina, noradrenalina e aldosterona.

Seção 2.3

Anatomia e fisiologia do aparelho locomotor

Diálogo aberto

O zoológico onde a bióloga Joana trabalha recebeu uma estagiária, Lígia, que está cursando o primeiro ano de Ciências Biológicas e irá acompanhar o dia a dia de Joana em sua rotina de trabalho. Ela está pronta para ajudar, aprender e conhecer de perto os animais e os problemas de um zoológico.

Joana entende a importância de seu papel como supervisora de estágio de Lígia e quer contribuir em sua formação profissional. Já no primeiro dia combinou que a cada semana a aluna iria formular um questionamento e que juntas buscariam subsídios para responder; sendo assim, pediu que ela fosse dar uma volta no zoológico no período da manhã, com um olhar crítico, observação criteriosa e que retornasse com uma pergunta.

Lígia cumpriu o combinado e retornou com o seguinte questionamento: observei aqui diversos animais, com diferentes hábitos de locomoção, alguns nadam, outros voam, saltam, sobem em árvores, gostaria de saber se o esqueleto destes animais, com hábitos tão distintos, possuem semelhanças.

Os mesmos ossos presentes nas asas das aves estão presentes nos membros torácicos dos felinos?

E os membros torácicos das aranhas e lontras, que são mamíferos com hábitos aquáticos, possuem os mesmos ossos que os demais mamíferos?

Quais as características do aparelho locomotor, da musculatura e das articulações de aves e mamíferos?



Comparando os animais

Quais são as principais diferenças do aparelho locomotor das aves e dos mamíferos?

Não pode faltar

A maioria dos tecidos do corpo de um animal é mole, então, se faz necessário um suporte interno que impeça que o corpo de um animal terrestre ceda ao seu próprio peso, ou que o corpo de um animal aquático seja deformado por forças externas, como a provocada pela água que flui ao seu redor. Quem oferece este suporte interno é o esqueleto.

Além de servir como arcabouço do corpo e suporte das partes moles, o esqueleto também protege vísceras e órgãos vitais, serve de reservatório de minerais, participa da locomoção, junto com as articulações e músculos e está relacionado com a hematopoese, que ocorre dentro da medula óssea.



Vocabulário

Hematopoese: formação de células sanguíneas.

Fonte: Junqueira e Carneiro (2013).

O esqueleto é a principal estrutura com a qual os músculos se conectam e tracionam, geralmente é constituído por uma estrutura rígida e articulada, mas em alguns organismos, estruturas hidrostáticas atuam como esqueletos.

Podemos classificar o esqueleto em:

- Rígido: pode ser subdividido em:

Endoesqueleto – estrutura esquelética dos vertebrados.

Exoesqueleto – cutícula resistente e flexível que cobre o corpo dos insetos e crustáceos.

- Hidrostático:

Líquido + partes moles: vermes, polvos, estrelas-do-mar.

Líquido + elementos rígidos: patas das aranhas.

Músculos como paredes e fluido: língua dos vertebrados, tentáculos dos polvos e lulas, trombas dos elefantes.

Apesar de o exoesqueleto nos insetos e caranguejos funcionar de forma eficiente na locomoção, em animais maiores e, principalmente, terrestres seria incômodo e

pesado e impediria fraturas ocasionadas pelo contato com o ambiente. A recepção de estímulos externos, a termorregulação nos animais homeotérmicos e ainda a respiração cutânea por certas formas aquáticas seriam melhor desempenhadas com a presença de um endoesqueleto.



Assimile

A maioria dos vertebrados possui um esqueleto formado por ossos e articulações, mas não podemos esquecer que existem os peixes cartilagineos (tubarões e raias) que possuem o esqueleto cartilaginoso.

As articulações dos esqueletos dos vertebrados devem permitir os movimentos dos ossos em ângulos apropriados, mas precisam impedir que eles se separem, suportar pressões intensas e ainda necessitam de uma lubrificação para facilitar os movimentos e evitar desgaste de suas superfícies.

Existem diferentes formas de um osso se articular ao outro, então existe uma classificação das articulações, que são de acordo com o tipo de tecido interposto entre os ossos e também com os tipos de movimentos que elas permitem. Sendo assim elas podem ser de três diferentes tipos:

- Articulações fibrosas – apresentam tecido conjuntivo interposto entre os ossos, são imóveis.
- Articulações cartilagineas – apresentam tecido cartilaginoso entre os ossos e são pouco móveis.
- Articulações sinoviais – são as que permitem maior amplitude de movimentos, existe um espaço entre os ossos, chamado de cavidade articular, que é delimitado por uma cápsula, cuja membrana interna produz o líquido sinovial, de consistência viscosa, que diminui o atrito entre os ossos, facilitando os movimentos, além de nutrir a cartilagem articular, que reveste as extremidades dos ossos articulados por meio das articulações sinoviais.



Pesquise mais

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004, p. 32-82.

O endoesqueleto pode ser dividido em:

- Esqueleto axial: cabeça, tronco e cauda.
- Esqueleto apendicular: apêndices torácicos e pélvicos.

A análise do esqueleto dos animais apresenta grande importância no estudo da morfologia, ossos homólogos e tendências evolutivas são demonstrados nos esqueletos. Além disso, ele desempenha papel funcional fundamental. As amplas variações sempre têm se sobreposto ao padrão geral que evoluiu gradualmente, o esqueleto tem sido suficientemente modificado para responder aos hábitos específicos dos diferentes animais, então fornece informações confiáveis sobre as diversas adaptações específicas dos vertebrados: postura e adaptações locomotoras são reveladas com segurança através do estudo dos esqueletos.



Refleta

Em razão de sua rigidez e durabilidade, o esqueleto e os dentes fossilizam com frequência, o que contribui para o estudo do conhecimento dos ancestrais dos vertebrados.

Vamos comparar algumas estruturas do esqueleto dos peixes com as dos demais vertebrados?

Nos ciclóstomos, o crânio é cartilaginoso e bastante incompleto, o crânio da lampreia é mais complexo, nos peixes cartilaginosos não existe nenhum osso verdadeiro, embora o crânio possa ser parcialmente calcificado. Nos peixes ósseos, a cartilagem mandibular é revestida por ossos dérmicos.

Não existe uma verdadeira coluna vertebral nos ciclóstomos, nos peixes ósseos as vértebras podem ser divididas em 2 grupos: do tronco e caudais.

Os ciclóstomos não possuem nadadeiras pares, mas nadadeiras medianas ímpares, sustentadas por raios cartilaginosos, diferente dos peixes ósseos e cartilaginosos, que apresentam nadadeiras pares.

E como apareceram os membros nos tetrápodes?

Os seus ancestrais peixes já tinham usado fortes nadadeiras para andar sobre o fundo e rastejar para praias úmidas a fim de fugir de inimigos aquáticos ou em busca de alimentos. A transformação em membros requereu perda dos raios das nadadeiras, aquisição de dígitos e reorientação. Flexões no cotovelo e pulso, joelho e tornozelo permitiram a elevação do corpo, a rotação medial apontou o pé para frente.

Como é o esqueleto dos anfíbios?

Os anfíbios têm um crânio proporcionalmente largo e achatado, em contraste com a maioria dos peixes. São os primeiros vertebrados que apresentam o esterno, entretanto as costelas são pouco desenvolvidas e não têm contato com o esterno, como ocorre nos répteis, aves e mamíferos.

A maioria dos anfíbios apresenta quatro membros, com quatro dedos nos membros torácicos e cinco nos pélvicos, em algumas espécies o número de dedos pode ser reduzido. Os membros pélvicos estão ausentes em algumas salamandras, semelhantes a enguias, e nas cobras-cegas os quatro membros estão ausentes.

E o esqueleto nos répteis?

A ossificação do crânio dos répteis é maior do que nos anfíbios. Exceto nas serpentes e lagartos ápodos, a coluna vertebral dos répteis apresenta considerável diferenciação em regiões cervical, torácica, lombar, sacral e caudal. O côndilo occipital único articula-se com a primeira vértebra cervical, o atlas. Nos quelônios, todas as vértebras, exceto as cervicais e caudais, estão fundidas com as placas dérmicas da carapaça.

Em relação ao esqueleto apendicular, existe grande variação nos répteis, os membros estão ausentes nas serpentes e alguns lagartos, as tartarugas marinhas possuem membros adaptados para nadar, em forma de nadadeiras. Em alguns crocodilianos os dedos podem estar parcialmente unidos por membranas, que é uma adaptação à vida aquática.

E como é o esqueleto nas aves?

Os ossos das aves são leves, condição essencial para o voo, além disso, os ossos maiores possuem cavidades pneumáticas conectadas ao seu sistema respiratório, mais especificamente aos sacos aéreos.



Assimile

As aves possuem toda sua anatomia adaptada ao voo e isto também é aparente no esqueleto, que apresenta alguns ossos pneumáticos, preenchidos por ar, para que seu peso seja diminuído.

Os ossos do crânio, em sua maioria, estão fundidos, as maxilas superior e inferior são alongadas e sustentam o bico córneo. As aves modernas não possuem dentes, o crânio articula-se com a primeira vértebra cervical também somente por meio de um côndilo do osso occipital.



Atenção!

Muito cuidado na contenção das aves, no momento em que fazemos contenção da cabeça com as mãos, precisamos estar atentos de que estes animais possuem somente um côndilo do occipital, qualquer movimento brusco poderá resultar em uma fratura de cervical, que levará o animal à morte súbita.

A coluna vertebral das aves possui muitas adaptações, as vértebras cervicais são numerosas e variáveis entre as espécies. As vértebras torácicas mais caudais, bem como as lombares, sacrais e as primeiras caudais fundem-se com a cintura pélvica para formar o osso sinsacro. As poucas vértebras caudais livres são comprimidas e as caudais mais distais fundem-se e formam o chamado, pigóstilo, a extremidade da pequena cauda.

As costelas e o esterno são achatados, no esterno, que também é bastante largo e em forma de quilha, ocorre a fixação de diversos músculos usados para o voo.

O esqueleto apendicular das aves é bastante modificado, pela conversão dos membros torácicos em asas e pelos membros pélvicos terem assumidos sozinhos a responsabilidade pela locomoção no solo e pela resistência de aterrissagem.

A união dos membros torácicos ao esterno se faz através da chamada cintura escapular, que nas aves é bastante desenvolvida. A escápula das aves é longa e delgada, e ela possui um osso, chamado coracoide, que é curto e forte, as duas clavículas são fundidas, formam a fúrcula, que é aquele osso da sorte.

Nas asas, apresentam modificação óssea notável em relação aos ossos do punho e da mão. Possuem somente dois ossos do carpo: radial e ulnar, que se articulam respectivamente com o rádio e a ulna. Na região distal do punho existe o osso complexo: carpo metacarpo. Quatro ossos pequenos, que são remanescentes dos três dedos, são articulados ao carpo metacarpo, nota-se então uma redução nos ossos distais da asa.

Nos membros pélvicos, a fíbula é proporcionalmente menor e funde-se parcialmente com a tíbia e também alguns elementos do tarso se fundem à extremidade distal da tíbia, recebendo o nome de tibiotarso.

Algumas aves aquáticas apresentam membranas interdigitais, facilitando seu deslocamento na água.

Nos mamíferos há uma ossificação maior, uma redução na quantidade de elementos ósseos, sobretudo no crânio, que é relativamente grande para acomodar o encéfalo, proporcionalmente aumentado. O crânio se articula com a primeira vértebra cervical através de dois côndilos.

Embora a maioria dos mamíferos possua quatro membros pentadáctilos, existem algumas adaptações em algumas espécies. O osso coracoide não existe, ele está reduzido a um processo na escápula, as clavículas são bem desenvolvidas em alguns mamíferos, mas podem estar reduzidas e até mesmo ausentes em outros.



Vocabulário

Membro pentadáctilo: membro com cinco dedos.

Fonte: Hildebrand e Goslow (2006).

Agora que já conhecemos um pouco sobre os esqueletos das diferentes classes dos vertebrados, falaremos um pouco sobre os músculos, que são as partes realmente ativas no movimento, isto porque são formados por células com capacidade de contração.

Existem três tipos de músculos:

- Músculo estriado esquelético – possui estrias e em geral está unido ao esqueleto.
- Músculo estriado cardíaco – também possui estrias e está presente somente no coração, apresenta algumas características próprias, que quando inicia a contração em uma região do músculo cardíaco, ela rapidamente se espalha por toda a massa muscular.
- Músculo liso – não apresenta estrias, está presente na parede dos vasos sanguíneos e das vísceras ocas.

Independentemente do tipo de músculo, todos possuem as proteínas actina e miosina e utilizam ATP para realizar a contração. O músculo quando estimulado encurta enquanto exerce uma força na direção do encurtamento, então o encurtamento é combinado com a produção de força.

Como é desencadeada a contração muscular?

Conforme vimos na seção 1.3, quando estudamos Sistema Nervoso Periférico, a contração ocorre quando chega um impulso nervoso na junção neuromuscular (placa motora). Este comando chega até a fibra muscular através de um neurotransmissor, a acetilcolina.

Apesar de facilmente associarmos os movimentos à locomoção dos animais, não podemos deixar de relacionar também a outras funções, como passagem do alimento no trato alimentar e do sangue dentro dos vasos sanguíneos. Através dos movimentos os animais também conseguem se reproduzir, lutar contra outros animais invasores e se alimentar.

Vamos agora tentar fazer uma relação da morfologia do esqueleto dos animais e suas habilidades na locomoção?

O ar e a água são meios fluidos e os animais que neles se movimentam têm problemas semelhantes, não há substratos sólidos para sustentar seu peso.

Os peixes nadam oscilando a cauda, a energia para este movimento é gerada pelos músculos do corpo, que empurram a coluna vertebral, para movimentar a cauda para

esquerda e para direita. Outros animais que nadam, mas não são peixes, apresentam adaptações nos membros para realização de movimentos que irão movimentar a água na direção oposta, os mamíferos aquáticos (Figura 2.3) ou semiaquáticos (Figura 2.4) apresentam membros torácicos transformados em nadadeiras peitorais. Outros animais, como, por exemplo, o rato do banhado, em razão de hábitos aquáticos possuem membranas interdigitais, que facilitam seu movimento na água.



Exemplificando

Mamíferos aquáticos: baleias, golfinhos, botos.

Mamíferos semiaquáticos: ariranhas, lontras, focas, leão marinho etc.

As aves para realizarem o voo precisam bater as asas para gerar forças, então apresentam adaptações em seus membros, que se transformaram em asas.

Figura 2.3 | Golfinho branco



Fonte: <<https://pixabay.com/pt/golfinho-branco-mam%C3%ADfero-golfinho-1057362/>>. Acesso em: 2 dez. 2015.

Figura 2.4 | Lontra



Fonte: <<https://pixabay.com/pt/natureza-animal-lontra-768552/>>. Acesso em: 2 dez. 2015.

Alguns animais são excelentes saltadores, em geral são bípedes e seus membros pélvicos são muito mais desenvolvidos que os torácicos e utilizados simultaneamente em uma série de saltos, como é o caso dos cangurus, o passo é chamado de ricochete.

Outros animais que correm sobre o solo são estruturalmente modificados para aprimorar a velocidade ou a resistência, são chamados de cursoriais, geralmente possuem membros delgados, proporcionalmente longos, com massas musculares concentradas junto ao corpo. Os dígitos funcionais frequentemente podem estar reduzidos a dois ou até mesmo a um. As articulações restringem o movimento, para frente e para trás, com objetivo de reduzir o perigo de deslocamento durante os movimentos rápidos.

Quanto mais longo for o membro, mais longo o passo, a velocidade será maior simplesmente pelo crescimento do corpo, mas para contribuir com a velocidade, é necessário tornar os membros pélvicos relativamente longos em relação às demais partes do corpo.

O cavalo é um animal cursorial e um exemplo de aumento do tamanho do corpo e do comprimento dos membros, através da mudança de apoio dos membros, ele apresenta uma postura chamada unglígrado e apoia na ponta do casco (úngula) de seu único dedo. Registros mostram que o ancestral do cavalo era muito menor e tinha mais dedos, mas que estas mudanças favoreceram sua velocidade e com isto habilidade de fuga de predadores.

Enfim, de acordo com os hábitos dos animais existem adaptações esqueléticas específicas.

Sem medo de errar

Agora que já aprendeu um pouco sobre a morfologia dos esqueletos dos animais, será que consegue responder os questionamentos da Lígia?

Animais com diferentes hábitos de locomoção possuem semelhanças em seu esqueleto?

Existem algumas semelhanças sim, mas algumas adaptações que permitem que cada um possua habilidades específicas.

Os mesmos ossos presentes nas asas das aves estão presentes nos membros torácicos dos felinos?

As asas das aves apresentam particularidades que permitem seu voo, isso envolve modificação óssea notável em relação aos ossos do punho e da mão. Possui somente

dois ossos do carpo: radial e ulnar, que se articulam respectivamente com o rádio e a ulna. Na região distal do punho existe o osso complexo: carpo metacarpo. Quatro ossos pequenos, que são remanescentes dos três dedos, são articulados ao carpo metacarpo, nota-se então uma redução nos ossos distais da asa.

E os membros torácicos das ariranhas e lontras, que são mamíferos com hábitos aquáticos, possuem os mesmos ossos que os demais mamíferos?

Os membros torácicos destes animais são transformados em nadadeiras peitorais e possuem os mesmos ossos que os demais mamíferos, mas em formato e tamanhos diferentes, adaptados para que possam nadar.



Comparando os animais

Comparando o aparelho locomotor das aves e dos mamíferos podemos identificar inúmeras diferenças, não é mesmo?

Quais seriam as principais?

Avançando na prática

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.

“Acidentes na contenção das aves”

1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Conhecer as particularidades do aparelho locomotor das aves.
3. Conteúdos relacionados	Anatomia e fisiologia do aparelho locomotor.
4. Descrição da SP	Um Centro de Recuperação de Animais Selvagens (CRAS) recebeu o cadáver de uma Arara Canindé (<i>Ara ararauna</i>) que morreu quando era examinada por um balconista de uma loja agropecuária. O animal estava sem comer e menos ativo que o normal e o proprietário, em vez de levar ao médico veterinário, especialista em animais selvagens, resolveu levá-lo a loja em que compra a ração do animal, já que o animal foi comprado lá e também trabalha uma pessoa que entende muito de aves. Logo no momento da contenção do animal, antes mesmo de começar a ser examinado, o animal morreu subitamente, então o proprietário decidiu levar ao CRAS para realização de uma necropsia e verificar a causa do óbito do animal. O que aconteceu com o animal? Qual a causa de sua morte?

<p>5. Resolução da SP</p>	<p>As aves apresentam somente um côndilo no osso occipital que se articula com a primeira vértebra cervical, sendo assim, se trata de uma região frágil, com sério risco de trauma em caso de uma contenção inadequada. No momento da contenção destes animais, se faz necessário conter o pescoço, mas isso deve ser feito com cuidado.</p> <p>Na realização da necropsia foram observadas alterações em pulmões, compatíveis com pneumonia, provavelmente por isso o animal havia parado de comer e estava menos ativo que o normal, mas o motivo do óbito foi um trauma na região cervical que levou a um trauma medular, levando o animal à morte súbita.</p>
----------------------------------	---



Lembre-se

Os animais devem ser manejados e examinados somente por profissionais habilitados para tal, e o conhecimento da anatomia das diferentes espécies é fundamental para um manejo adequado.



Faça você mesmo

Um animal que apresente membranas interdigitais indica que vive em qual ambiente?

Faça valer a pena

1. O esqueleto serve de suporte para as partes moles do corpo dos vertebrados, além disso, desempenha outras funções. Em relação às funções do esqueleto, leia as alternativas a seguir e depois assinale a alternativa correta.

- I – Funciona como reserva de minerais.
- II – Protege vísceras e órgãos vitais.
- III – Está relacionado com hematopoese.
- IV – Participa da locomoção.

Estão corretas somente as afirmativas:

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

- d) I, II, III e IV.
- e) II e IV.

2. As articulações são as formas como um osso se articula com o outro e pode ser classificada de acordo com o tipo de tecido interposto em:

- a) Fibrosas, cartilagíneas e sinoviais.
- b) Fibrosas e cartilagíneas.
- c) Fibrosas e sinoviais.
- d) Cartilagíneas e sinoviais.
- e) Sinoviais e esqueléticas.

3. O esqueleto é a principal estrutura com a qual os músculos se conectam e tracionam, geralmente é constituído por uma estrutura rígida e articulada, mas, em alguns organismos, outras estruturas atuam como esqueletos, quais são elas?

- a) Estruturas fibrosas.
- b) Estruturas hidrostáticas.
- c) Estruturas lipídicas.
- d) Estruturas sanguíneas.
- e) Estruturas lisas.

Seção 2.4

Componentes anatômicos dos órgãos do sentido, ossos, músculos e articulações e glândulas endócrinas

Diálogo aberto

Nas primeiras seções da Unidade 2 estudamos os órgãos do sentido, as glândulas endócrinas e o sistema locomotor dos vertebrados, com ênfase nos aspectos funcionais e comparativos.

Agora, nesta unidade iremos conhecer no laboratório os componentes anatômicos destes diferentes sistemas, tomaremos como base os mamíferos e faremos as devidas comparações com as demais famílias de vertebrados.

Na seção anterior, chegou ao zoológico onde Joana trabalha, Lígia, uma estagiária, que está bastante empolgada com os animais e todas as situações que está tendo oportunidade de vivenciar em seu estágio.

Nesta semana, ela irá acompanhar um procedimento que será realizado por um médico veterinário americano, especialista em reprodução de felinos, que veio ao Brasil para implantar embriões de jaguatirica coletados e congelados há 4 anos, quando esteve no Brasil pela última vez.

Para tanto será necessário anestésiar as fêmeas que irão receber estes embriões, e quando os animais são anestesiados, aproveita-se a oportunidade para fazer uma avaliação clínica detalhada e coletar material para exames laboratoriais complementares.

Logo que uma das jaguatiricas foi anestesiada e então removida com segurança para o centro cirúrgico do zoológico, Lígia observou que havia uma região mais opaca em sua córnea e logo perguntou ao médico veterinário.

O que é aquela lesão?

A jaguatirica era cega de um dos olhos porque tinha aquela opacidade na córnea?



Comparando os animais

Será que as aves e mamíferos possuem diferenças em relação a audição, paladar, olfato e tato?

Todos os vertebrados possuem as mesmas glândulas endócrinas?

Os hormônios têm as mesmas funções nos diferentes animais?

As aves produzem prolactina? Qual a sua função, já que elas não produzem leite?

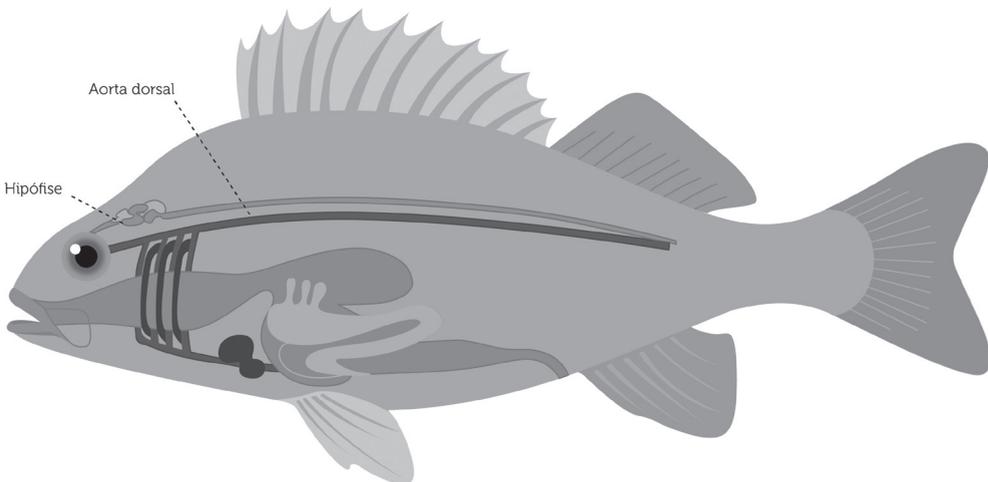
Quais são as principais diferenças do aparelho locomotor das aves e dos mamíferos?

Não pode faltar

Vamos ver onde estão localizadas as glândulas endócrinas primárias?

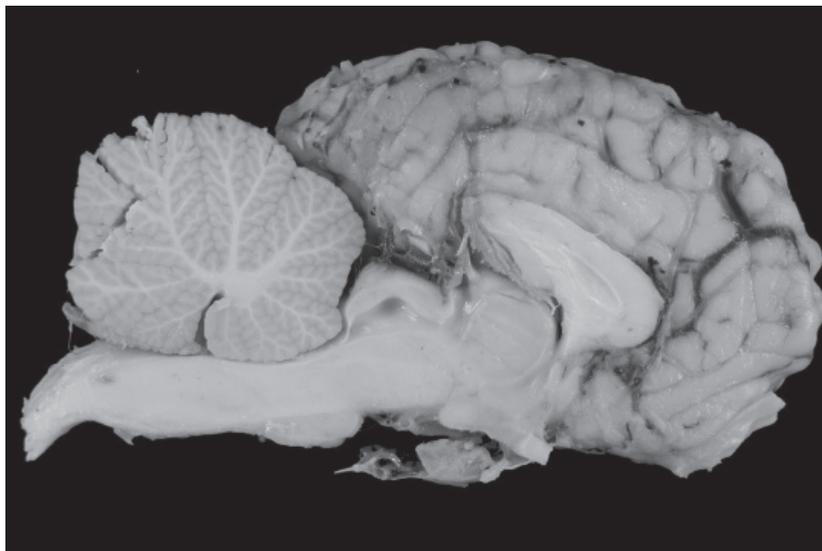
Começaremos então pela hipófise, que é considerada a regente de todo o sistema endócrino, pois controla o funcionamento de outras glândulas endócrinas e está intimamente relacionada com o Sistema Nervoso Central, em todos os vertebrados.

Figura 2.5 | Desenho esquemático mostrando a hipófise de um peixe



Fonte: Kültz (2012).

Figura 2.6 | Encéfalo de cavalo, mostrando a localização da glândula hipófise



Fonte: <<https://pixabay.com/pt/c%C3%A9rebro-cavalo-se%C3%A7%C3%A3o-anatomia-114079/>>. Acesso em 14 dez. 2015.

A glândula pineal está localizada entre os dois hemisférios cerebrais, também presente em todos os vertebrados, produz a melatonina, hormônio responsável pelo controle do ciclo circadiano.

A glândula tireoide produz hormônios relacionados com o controle do metabolismo e está localizada na região da garganta, próximo aos primeiros anéis traqueais. Começa a funcionar cedo durante o desenvolvimento embrionário, contribui para o controle da diferenciação, do crescimento, da metamorfose, da distribuição dos pigmentos e do desenvolvimento sexual, pode influenciar a muda nos anfíbios e répteis, a forma das penas, a temperatura do corpo e funções dos sistemas nervoso, digestório e excretor.



Atenção!

Uma diminuição na produção dos hormônios da tireoide leva ao hipotireoidismo, com sinais clínicos associados a uma diminuição no metabolismo, o animal fica menos ativo que o normal, com pelagem escassa, diminuição da temperatura, aumento de peso e anemia também pode estar presente.

O aumento da produção dos hormônios tireoidianos acontece nos casos de hipertireoidismo, cujos sinais clínicos são agitação, polifagia, emagrecimento, aumento da temperatura corpórea, em razão da aceleração do metabolismo.



Vocabulário

Polifagia: aumento do apetite.

Fonte: Dyce, Sack e Wensing (2010).

As paratireoides estão localizadas próximas à glândula tireoide, produzem paratormônio (PTH), que controla o metabolismo de cálcio. Estão presentes somente nos tetrápodes, embora tenha sido identificado em ciclóstomos e peixes tecido glandular que pode ser homólogo à paratireoide.

As adrenais, antes chamadas de suprarrenais, nos amniotas estão localizadas junto aos rins. Estas glândulas possuem dois tecidos distintos, que geralmente estão misturados, mas em elasmobrânquios e mamíferos estão separados nas regiões de córtex e medula. Nos peixes ósseos, o tecido equivalente ao córtex da adrenal é chamado de tecido inter-renal. Em ciclóstomos o tecido inter-renal está espalhado ao longo das veias cardinais caudais e outros vasos.

O córtex da adrenal produz hormônios reprodutivos, os mineralocorticoides, que regulam a função renal, e os glicocorticoides, que têm várias funções, como mobilização de aminoácidos e glicose e ações anti-inflamatórias, e também produz a androsterona, que promove retenção de sódio e excreção de potássio pelos rins. A medula secreta adrenalina e noradrenalina, o corpo reage a estes hormônios de várias maneiras capacitando-o a enfrentar emergências. Além destas glândulas endócrinas primárias, que essencialmente produzem hormônios, temos também as glândulas endócrinas de natureza secundária, que combinam uma função endócrina importante, mas também desempenham outras funções relevantes: as gônadas femininas e masculinas (ovários e testículos), o pâncreas e a placenta.



Faça você mesmo

Um animal castrado, sem as suas gônadas, fica sem nenhuma produção dos hormônios reprodutivos?



Assimile

O fígado, coração, rins, timo, tecido adiposo, estômago e intestino produzem hormônios, apesar de terem sua função principal completamente diferente, também desempenham função endócrina.

Agora vamos conhecer os órgãos dos sentidos, que são fundamentais para garantir a sobrevivência dos animais no ambiente em que vivem, pois permitem que eles

consigam visualizar obstáculos, ouvir predadores, farejar alimentos e animais intrusos, sentir o gosto e identificar substâncias potencialmente tóxicas, sentir o tato, pressão e temperaturas, e perceber tudo em sua volta.



Assimile

Os órgãos sensoriais transformam sinais mecânicos, químicos ou luminosos em potenciais de ação para que possam ser conduzidos e interpretados pelo Sistema Nervoso Central (SNC).

Os principais sentidos são: olfato, paladar, tato, audição e visão.

O olfato é um sentido primitivo e químico, o epitélio olfatório está localizado nos peixes nas fossas nasais e no interior de evaginações protegidas das passagens respiratórias dos vertebrados que respiram ar, as aves apresentam olfato pouco desenvolvido.

O paladar é um sentido químico, os peixes possuem receptores distribuídos em algumas regiões de sua superfície externa, nos demais vertebrados os botões gustativos estão restritos à cavidade oral e faringe, sendo que nos mamíferos estão concentrados na língua.

O tato está presente em todos os vertebrados, é responsável pela percepção do contato físico sobre a superfície de seus corpos. Os peixes e larvas dos anfíbios possuem a linha lateral, com função de determinar pressão e correntes na água.

A sede da audição está localizada na orelha interna, onde se localiza a cóclea, nos mamíferos. A orelha interna surgiu nos vertebrados primeiramente como um órgão do equilíbrio, nos peixes é formada por um utrículo dorsal, que se liga aos canais semicirculares, e por uma dilatação ventral que é o sáculo, a partir deste surgiu a lagena nos anfíbios, répteis e aves e depois a cóclea nos mamíferos.



Refleta

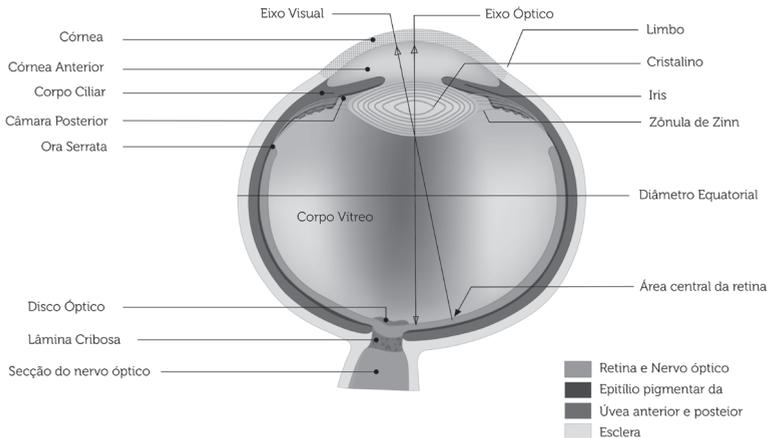
Alguns animais obtêm informações a partir de ecos produzidos por eles mesmos, chamado sonar animal, os morcegos, golfinhos e baleias fazem uso destas reflexões acústicas para evitar colisão e encontrar alimento.

O sentido da visão é captado através de fotorreceptores localizados no globo ocular, mais especificamente na retina, que é a camada interna do olho. As células fotossensíveis são os cones e bastonetes.

Todos os vertebrados possuem um par de olhos, que é constituído por três camadas:

- Camada externa: representada pela córnea e esclera.
- Camada média – vascular: coroide, corpo ciliar e íris.
- Camada interna – nervosa: formada pela retina, onde estão localizados os fotorreceptores.

Figura 2.7 | Representação esquemática do globo ocular de um cão



Fonte: Walde, Schäffer e Köstlin (1998).

A córnea é a camada mais externa do olho, transparente e sem vascularização, por ser a mais externa está sujeita a lesões, as chamadas úlceras de córnea, que são reparadas mediante processos normais de cicatrização, entretanto eventualmente podem deixar cicatrizes, que se forem pequenas, pouco comprometem a visão dos animais.

Os elasmobrânquios apresentam cartilagem em sua esclera, bem como os peixes ósseos e a maioria deles também apresenta diversas placas ósseas.

A larva dos anfíbios tem olhos semelhantes aos dos peixes, durante a metamorfose desenvolve pálpebras e glândulas, além de uma córnea uniformemente curva.

Os répteis e aves apresentam excelente acuidade visual, nas aves os olhos são proporcionalmente grandes e a esclera é reforçada por um cálice cartilaginoso e ossos sobrepostos.

Os mamíferos não apresentam cartilagem nem osso na esclera.



Pesquise mais

SILVÉRIO, F. C. Evolução da visão e a relação predador e presa. **Revista Logos**, n. 21, set. 2013. Disponível em: <<http://www.feucriopardo.edu.br/logos/>>

artigos/2013/REVISTA_LOGOS_n_21_2013.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2016.

Para finalizar esta unidade, iremos apresentar as estruturas anatômicas relacionadas com a locomoção dos animais, que são adaptadas ao ambiente em que vivem.

O aparelho locomotor é formado pelo esqueleto, articulações e músculos.

O esqueleto é formado por ossos e cartilagens e nos peixes cartilaginosos, somente por cartilagens. O estudo do esqueleto fornece informações confiáveis sobre as diversas adaptações específicas dos vertebrados, como a postura e adaptações locomotoras que são reveladas com segurança através do estudo dos esqueletos.

As articulações dos esqueletos dos vertebrados devem permitir os movimentos dos ossos em ângulos apropriados, mas precisam impedir que eles se separem, suportar pressões intensas e ainda necessitam de uma lubrificação para facilitar os movimentos e evitar desgaste de suas superfícies.

Os músculos são as partes realmente ativas no movimento, isto porque são formados por células com capacidade de contração.

O esqueleto é dividido em esqueleto axial – cabeça, tronco e cauda – e esqueleto apendicular – apêndices torácicos e pélvicos.

Os membros aparecem nos tetrápodes, a transformação das nadadeiras em membros requereu perda dos raios, aquisição de dígitos e reorientação.

Os ossos das aves são leves, condição essencial para o voo, além disso, os ossos maiores possuem cavidades pneumáticas conectadas ao seu sistema respiratório.

O esqueleto apendicular das aves é bastante modificado, pela conversão dos membros torácicos em asas. Possui somente dois ossos do carpo: radial e ulnar, que se articulam respectivamente com o rádio e a ulna. Na região distal do punho existe o osso complexo: carpo metacarpo. Quatro ossos pequenos, que são remanescentes dos três dedos, são articulados ao carpo metacarpo, nota-se então uma redução nos ossos distais da asa.

Nos mamíferos há uma ossificação maior, uma redução na quantidade de elementos ósseos, sobretudo no crânio, embora a maioria dos mamíferos possua quatro membros pentadáctilos, existem algumas adaptações em algumas espécies.



Assimile

De acordo com os hábitos dos animais existem adaptações esqueléticas específicas.

Animais saltadores são bípedes e seus membros pélvicos são muito mais

desenvolvidos que os torácicos. Animais que correm geralmente possuem membros delgados, proporcionalmente longos, com massas musculares concentradas junto ao corpo. Os dígitos funcionais frequentemente podem estar reduzidos a dois ou até mesmo a um.



Exemplificando

Animal saltador: canguru.

Animal que corre – cursorial: cavalo.



Refleta

Mamíferos aquáticos apresentam seus membros torácicos adaptados em nadadeiras peitorais, para que possam se movimentar na água.

Sem medo de errar

Agora vamos voltar para a situação-problema do início desta seção, em que a estagiária Lígia verificou uma opacidade na córnea da jaguatirica e perguntou à equipe o que era e se poderia ter comprometido a visão do animal.

O médico veterinário responsável pelo zoológico, Dr. Paulo, respondeu que este animal havia sido resgatado pelo IBAMA de uma pessoa que a criava como animal de estimação em condições inapropriadas de recinto e alimentação.

Quando chegou, apresentava uma úlcera na córnea, que já cicatrizou, mas ficou com uma cicatriz, que era pequena e, portanto, não atrapalhava o campo visual do animal. Foram realizados exames oftalmológicos em que se examinou o fundo do olho do animal e se verificou que não havia nenhuma outra lesão interna, descartando a possibilidade de comprometimento de acuidade visual.



Comparando os animais

Agora que você já conhece sobre órgãos do sentido, glândulas endócrinas e aparelho locomotor dos vertebrados, é capaz de nos responder:

- 1- Quais as principais diferenças nos órgãos do sentido das aves e mamíferos?
- 2- Quais as principais diferenças entre as glândulas endócrinas dos

vertebrados?

3- Quais são as principais diferenças do aparelho locomotor das aves e dos mamíferos?

Avançando na prática

Pratique mais	
Instrução Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.	
"Hipotireoidismo em chimpanzé"	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Função das glândulas endócrinas.
3. Conteúdos relacionados	Morfofisiologia dos órgãos do sentido, glândulas endócrinas e aparelho locomotor comparada entre os diferentes grupos de animais.
4. Descrição da SP	Juca, um chimpanzé de 20 anos que vive em um zoológico, sempre foi brincalhão e gostava de interagir com o público, era a grande atração do local. Há dois meses ele começou a apresentar sinais de apatia, ganho de peso, pelagem escassa e sem brilho. O médico veterinário examinou-o clinicamente e coletou sangue para o hemograma, no qual foi identificada uma anemia moderada, e nenhuma alteração em funções renais e hepáticas.
5. Resolução da SP	Após verificar o resultado do hemograma, o médico veterinário solicitou dosagem dos hormônios tireoidianos onde identificou diminuição da tiroxina (T4), que junto com os demais sinais clínicos indicam um hipotireoidismo. Foi prescrito a hormonioterapia e rapidamente ele apresentou melhora clínica, voltando a brincar e interagir com o público.



Lembre-se

Os hormônios da tireoide regulam o metabolismo corpóreo, quando estão diminuídos levam o animal a apresentar os sinais clínicos que o Juca demonstrava.

A reposição hormonal logo reestabelece os índices normais do hormônio e a melhora clínica aparece rapidamente.

**Faça você mesmo**

E se o animal apresentasse hipertireoidismo, quais sinais clínicos ele apresentaria?

Faça valer a pena

1. O epitélio olfatório está localizado nos peixes nas fossas nasais e no interior de evaginações protegidas das passagens respiratórias dos vertebrados que respiram ar, as aves apresentam olfato pouco desenvolvido. Em relação ao olfato, assinale a alternativa correta:

- a) Está presente somente nos tetrápodes.
- b) As aves apresentam olfato acurado.
- c) Os peixes e anfíbios não apresentam o sentido do olfato.
- d) É um sentido bastante antigo na escala filogenética, presente nos peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.
- e) Somente os répteis, entre os vertebrados, não apresentam olfato.

2. O paladar é um dos sentidos químicos. Em relação a ele, assinale a alternativa correta.

- a) Está presente somente nas aves e mamíferos.
- b) As aves não apresentam botões gustativos.
- c) Os peixes apresentam receptores gustativos distribuídos em algumas regiões de sua superfície externa.
- d) Os peixes não apresentam botões gustativos.
- e) Nos tetrápodes os botões gustativos estão localizados somente na língua.

3. As glândulas endócrinas trabalham junto com o sistema nervoso com objetivo de manter a homeostase. Em relação às glândulas endócrinas e aos hormônios que elas produzem, assinale a alternativa correta.

- a) A glândula pineal produz a melatonina, que regula o ciclo circadiano.
- b) As paratireoides são responsáveis pela produção dos hormônios que

regulam o metabolismo dos vertebrados.

c) A hipófise controla o metabolismo de cálcio.

d) As adrenais estão presentes somente nos mamíferos.

e) A glândula tireoide controla o funcionamento de outras glândulas endócrinas.

Referências

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

HILDEBRAND, Milton; GOSLOW, George. **Análise da estrutura dos vertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2013.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica** – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

KARDONG, Kenneth V. **Vertebrados: anatomia comparada, função e evolução**. 5. ed. São Paulo: Roca, 2011.

KÜLTZ, **The combinatorial nature of osmosensing in fishes**. 8 august, v. 27, n. 4, 2012. Disponível em: <<http://physiologyonline.physiology.org/content/27/4/259>>. Acesso em: 6 dez. 2015.

ORR, Robert. **Biologia dos vertebrados**. 5. ed. São Paulo: Roca, 2009.

WALDE, I.; SCHÄFFER, E. H.; KÖSTLIN, R. G. **Atlas de clínica oftalmológica do cão e do gato**. São Paulo: Manole, 1998.

MORFOFISIOLOGIA DE ÓRGÃOS URINÁRIOS E SISTEMA CARDIOVASCULAR COMPARADA ENTRE OS DIFERENTES GRUPOS DE ANIMAIS

Convite ao estudo

Caro aluno,

Agora que você já conhece um pouco sobre os vertebrados, seguiremos nossos estudos nesta unidade com a morfofisiologia dos órgãos urinários e do sistema cardiovascular dos animais, sempre relacionando-os com o ambiente onde vivem e fazendo as análises comparativas entre as diferentes famílias.

Os órgãos urinários estão relacionados com a eliminação de resíduos do corpo e também com o controle da quantidade de líquidos e solutos, que é bastante influenciado ao ambiente onde os animais vivem.

No estudo do sistema cardiovascular você irá ver que o coração apresenta importantes diferenças entre as famílias dos vertebrados e que as artérias, veias e capilares são responsáveis pelo transporte de nutrientes e oxigênio para todas as células do corpo além de participarem do processo de excreção dos catabólitos. Terminaremos a unidade com uma aula prática na qual você poderá conhecer os órgãos urinários e ainda os componentes anatômicos do sistema cardiovascular de várias espécies animais e verificar as diferenças.

Nesta unidade, a competência de fundamentos da área será de conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.

A competência técnica é conhecer os órgãos urinários, sistema cardiovascular, aparelhos respiratório e digestório dos diferentes tipos de animais com suas particularidades para identificar cada grupo.

Os objetivos específicos de aprendizagem da unidade são:

- Conhecer a anatomia e fisiologia dos órgãos urinários: rins, ureteres, bexiga e uretra, com seus aspectos comparativos.
- Estudar a anatomia e fisiologia do coração, ressaltando também os aspectos comparativos entre as espécies.
- Aprender sobre vasos, artérias, veias e capilares, sistema linfático e tecido hematopoiéticos.
- Conhecer no laboratório os componentes anatômicos dos órgãos urinários e sistema cardiovascular e comparar suas formas nas diferentes famílias de vertebrados.

Nesta unidade você continuará acompanhando o trabalho da bióloga Joana, que trabalha em um zoológico e que precisa a cada dia resolver diferentes situações envolvendo os animais e os recintos onde vivem. Ela sempre se preocupa com o bem-estar dos animais e tenta garantir a todos uma vida digna, mesmo estando em cativeiro.

Seção 3.1

Anatomia e fisiologia dos órgãos urinários

Diálogo aberto

A equipe do zoológico está observando atentamente o comportamento de uma onça pintada (*Panthera onca*), chamada Gaby, que vive lá já há muito tempo e tem uma idade estimada de 19 anos; em cativeiro esses animais vivem em média 20 anos. Ela apresenta sinais de emagrecimento, diminuição do apetite e pelagem opaca.

Como não é possível examinar esses animais sem estarem anestesiados, em geral uma vez ao ano eles são submetidos à anestesia e então são realizados exames de rotina. No último ano já havia sido identificado um aumento nos níveis séricos de creatinina e ureia, o que é indicativo de insuficiência renal.

Durante a manhã, Joana sempre faz uma ronda nos recintos para verificar se não há nada de errado com animais, sobretudo com os mais velhinhos, como é o caso da Gaby. E, hoje, ela observou que Gaby estava apática, com sinais de moderada desidratação e no recinto encontraram alguns vômitos espalhados.

Foram imediatamente chamar o médico veterinário responsável pelo zoológico e quando ele estava preparando o material para examiná-la, infelizmente Gaby veio a óbito.

O que será que causou a morte da Gaby? Será que os rins pararam mesmo de funcionar?

Qual a relação de insuficiência renal com os vômitos e a desidratação que ela apresentou?

E a pelagem opaca? Tem alguma relação com a insuficiência renal?

Não pode faltar

Nos vertebrados o sistema excretor tem várias funções: controlar a quantidade de água e de solutos do corpo e eliminar os resíduos do organismo, inclusive os resíduos nitrogenados, resultantes do metabolismo proteico.

Os órgãos excretores têm a função de eliminar quantidades variadas de substâncias que possam alterar o equilíbrio osmótico e volêmico do organismo, sejam eles elementos ingeridos, que entraram no corpo por difusão, produtos do metabolismo ou qualquer outra substância que apareça no meio interno.

Cada ambiente traz um desafio osmótico e volêmico diferente, alguns animais vivem em água do mar, outros em água doce e ainda existem os vertebrados do meio terrestre, sendo assim, é de se esperar que existam diferenças entre os sistemas excretores destes diferentes animais.

Para a compreensão da fisiologia renal dos vertebrados, precisamos lembrar o que é osmose. Você se lembra?

Osmose é a passagem do solvente de um meio pouco concentrado em soluto para outro meio mais concentrado em soluto, sem nenhum gasto de energia. A água corresponde a cerca de 60% do organismo e para garantir o equilíbrio interno é necessário manter essa quantidade estável nos seres vivos.

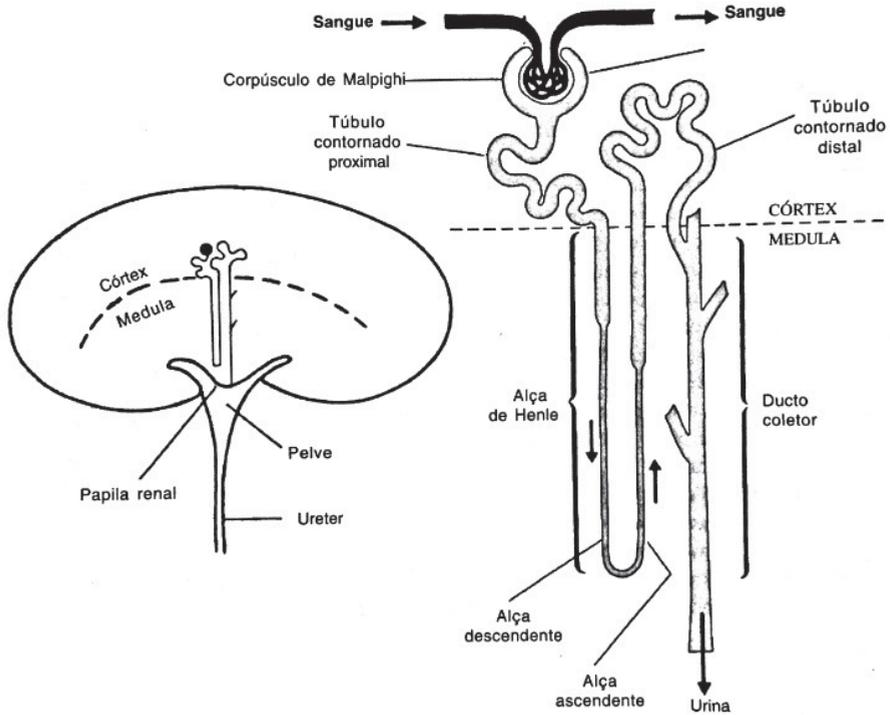
Todos os animais precisam de mecanismos para eliminação de resíduos metabólicos, que poderíamos chamar de "lixo celular". Alguns dos animais pouco complexos fazem isso através de simples difusão na superfície corporal, como nos protozoários, esponjas e cnidários, que os sais, a amônia e o CO_2 são excretados pela parede do corpo.

Já os animais mais complexos possuem órgãos especializados para realizar sua excreção. Os rins são os órgãos excretores primários nos vertebrados adultos, entretanto outros órgãos também podem contribuir para eliminação dos resíduos do corpo, como as brânquias, os pulmões, a pele, partes do aparelho digestório e diversas glândulas de sal.

Os rins dos vertebrados são órgãos compactos e formados pelos néfrons, que são suas unidades morfofuncionais, pois desempenham a principal função do órgão. Um peixe pequeno tem poucas dezenas de néfrons em seus rins, já um mamífero de grande porte possui vários milhares.

Um néfron inicia-se com um corpúsculo renal, no qual ocorre a filtração do plasma sanguíneo. Cada um desses corpúsculos recebe uma arteríola que se divide em tufo de capilares, o *glomérulo*. A pressão sanguínea faz com que o fluido passe através da parede dos capilares glomerulares, este filtrado glomerular entra no túbulo renal ou néfrico, onde é modificado, tanto por reabsorção quanto por secreção tubular, para formar a urina final (Figura 3.1).

Figura 3.1 | Representação esquemática de um rim de mamífero à esquerda e de um néfron à direita, o corpúsculo renal anteriormente era chamado de corpúsculo de Malpighi



Fonte: Schmidt-Nielsen (2011, p. 253).

Os rins desempenham vários papéis na manutenção da homeostase, além da excreção de dejetos metabólicos. Eles participam do controle hidroeletrólítico e ácido-básico do sangue e também produzem hormônios que regulam a pressão arterial e a produção de eritrócitos (hemácias).



Vocabulário

Controle hidroeletrólítico: quantidade de líquidos e eletrólitos corpóreos.

Controle ácido-básico do sangue: equilíbrio do pH do sangue. Precisa ser controlado com precisão porque quando alterado pode afetar muitos órgãos.

Os rins funcionam sob o princípio de *filtração-reabsorção*, com adição de secreção tubular, entretanto, alguns peixes teleósteos não realizam o mecanismo de filtração e dependem inteiramente de um rim do tipo secretor.



Assimile

A filtração ocorre nos glomérulos e o filtrado inicial contém os principais elementos presentes no sangue, exceto moléculas grandes como proteínas e hemácias.



Reflita

Quando ocorre um problema nos glomérulos (glomerulopatias) a filtração pode ficar comprometida e então substâncias maiores, como as proteínas acabam “passando” para os túbulos renais.

Após a filtração ocorre então a *reabsorção*.

Grande parte dos compostos filtrados não podem ser eliminados pela urina, então existe o mecanismo de reabsorção para recuperar substâncias filtradas, mas que precisam permanecer no organismo. Em geral, 99% do filtrado é reabsorvido e menos de 1% é excretado como urina.

A glicose é um exemplo de substância que é filtrada, mas em seguida reabsorvida. Se ocorrer uma quantidade muito elevada de glicose no plasma, irá exceder o limite da capacidade de reabsorção, então nem toda glicose será reabsorvida e parte dela permanecerá na urina, o que chamamos de glicosúria. Isso acontece em indivíduos com *diabetes mellitus*, que apresentam a glicemia com níveis acima do normal, excedendo a capacidade de reabsorção.



Reflita

Mas então tudo é filtrado para depois reabsorver? Qual a vantagem nesse processo?

Nos animais que fazem a filtração, qualquer substância filtrada pode ser eliminada através da urina, a menos que seja reabsorvida. Um organismo frente a novas substâncias a serem excretadas consegue eliminá-las sem a necessidade de desenvolver um mecanismo secretor especializado para cada substância com a qual se depara. Esse fato traz a possibilidade de explorar novos ambientes e alterar hábitos alimentares, aumentando assim sua capacidade adaptativa.



Exemplificando

Os rins do tipo secretor, que não realizam a filtração, estão presentes em alguns peixes marinhos que vivem em ambientes estáveis.



Vocabulário

Glicemia: nível de glicose no sangue.

Glicosúria: presença de glicose na urina.

E o que é a secreção *tubular*?

Além da filtração e reabsorção, os rins conseguem realizar a secreção tubular, que é importante na formação da urina. A secreção tubular permite a eliminação de substâncias que não foram filtradas, é um processo inverso ao da reabsorção, as substâncias são transportadas do interior dos capilares para a luz dos túbulos renais, para então serem eliminadas.

A urina é formada pela soma do que foi filtrado e do que foi secretado. O processo de secreção promove a saída de produtos finais do metabolismo, de produtos orgânicos exógenos, tais como drogas, antibióticos e anti-inflamatórios. A secreção é uma maneira de desintoxicação orgânica e possibilita a eliminação de diversas substâncias.

Como ocorre o controle hídrico dos organismos?

Todos os vertebrados podem produzir urina isotônica ou hipotônica em relação ao sangue, mas somente as aves e mamíferos conseguem produzir urina mais concentrada que os fluidos corpóreos.



Vocabulário

Isotônica em relação ao sangue: com a mesma concentração osmótica do sangue.

Hipotônica em relação ao sangue: com menos concentração osmótica.

Hipertônicos em relação ao meio: com maior concentração osmótica.

Os peixes de água doce e os anfíbios são hipertônicos em relação ao meio onde vivem, o que permite a entrada de água em seus corpos o tempo todo. A pele pode ser moderadamente impermeável, mas as brânquias e as membranas orais permitem a entrada de muita água, além da água de seu alimento. Esses animais praticamente não bebem água e precisam eliminar grande quantidade de urina, que é hipotônica, para manter seu equilíbrio hídrico.



Assimile

Sabe por que peixes de água doce e anfíbios são hipertônicos em relação ao meio onde vivem?

Porque em seu corpo existe mais soluto do que na água onde vivem.

Os peixes ósseos marinhos enfrentam um problema oposto em relação à osmose: seus fluidos tendem a “escapar” para o mar através das brânquias, e para conservar a água de seu corpo eles precisam eliminar pouca urina. Esses animais bebem água livremente, mas, com isso, ingerem um excesso de sais, que são excretados por células especiais nas brânquias, bem como túbulos proximais dos rins. As brânquias também excretam ativamente ureia.



Refleta

Por que os fluidos dos peixes marinhos “escapam” para o mar? Porque o ambiente onde vivem tem mais soluto do que o ambiente interno destes animais.

Lembra da osmose? O solvente passa do meio com menos soluto para o meio com mais soluto.

Os peixes cartilagosos também vivem no mar, mas controlam o equilíbrio hídrico de outra maneira. Os resíduos nitrogenados dos vertebrados, produtos do metabolismo das proteínas, são produzidos e excretados de diversas maneiras, mas na corrente sanguínea ocorrem primeiramente como ureia.

A ureia é eliminada pelos rins dos anfíbios, testudines (tartarugas) e mamíferos, porque não precisam dela. Os peixes cartilagosos retêm a ureia. Suas brânquias são impermeáveis à substância e seus túbulos néfricos são capazes de retornar a ureia ao sangue a partir do filtrado. Sendo assim, seu sangue contém ureia o suficiente para ser ligeiramente hiperosmótico em relação à água do mar, um pouco de água entra pelas brânquias, pouca água é bebida e o volume de urina é moderado. O excesso de ureia é excretado pelos rins, e também excretam através

da glândula retal, que se abre no intestino caudal.

Os amniotas precisam ter métodos eficientes para conservação de água dentro de seu corpo, pois vivem em um ambiente seco e perdem água pela pele. A sua fonte de água é somente através da ingestão. Eles ainda utilizam água para transportar resíduos excretores.

Quais são estes resíduos nitrogenados excretados através da urina?

Os animais ingerem alimentos que possuem três componentes nutricionais principais: carboidrato, lipídeos e proteína.

Os produtos finais da metabolização dos carboidratos e lipídeos são H^2O (água) e CO^2 (dióxido de carbono), já as proteínas, além desses dois elementos, produzem o nitrogênio ligado quimicamente a eles (H^2O e CO^2), levando à formação de alguns produtos simples que contêm nitrogênio, que podem ser três: amônia (NH^3), ureia (CH^4ON^2) e ácido úrico ($C^5H^4O^3N^4$).

Os animais são classificados segundo suas principais formas de excreção como: *amniotélicos*, *ureotélicos* e *uricotélicos*.

- *Amoniotélicos*: excretam principalmente amônia, que é muito tóxica. Tem difusão bastante rápida e demanda grande quantidade de água para ser eliminada, podendo ser perdida pela superfície do corpo para a água. A maioria dos invertebrados aquáticos, crocodilos e os peixes teleosteos excretam amônia.

- *Ureotélicos*: excretam principalmente ureia, que tem toxicidade moderada e é bastante solúvel em água. Sua síntese ocorre a partir da amônia e CO^2 . Os elasmobrânquios, anfíbios e mamíferos a têm como principal excreta.

Os mamíferos excretam ureia removida do sangue por corpúsculos renais. O rim dos mamíferos é mais eficiente do que qualquer outro e, para retornar água do filtrado para o sangue, eles possuem as alças de henle. Os mamíferos são os únicos vertebrados a eliminar urina mais concentrada do que o sangue. As aves também possuem alças de Henle, mas são mais curtas. Os corpúsculos renais e as partes mais convolutas dos túbulos localizam-se no córtex, já as alças de Henle localizam-se na medula. Os mamíferos de deserto, que possuem pouco acesso à água, apresentam tecido medular estendido, e então a urina é bastante concentrada.

Os rins dos mamíferos marinhos possuem grande capacidade de concentração e resolvem seus problemas de sal pela excreção renal.



Lembre-se

Você se lembra que os peixes cartilaginosos utilizam a ureia no sangue como forma de osmorregulação?

- *Uricotélicos*: excretam principalmente ácido úrico, menos solúvel em água. Insetos, répteis e aves excretam ácido úrico, em forma de pasta, junto com as fezes.

A maioria das aves e répteis dispõe de água em quantidade insuficiente para a produção de urina diluída, então excretam ácido úrico insolúvel e que pode ser eliminado em estado semissólido contendo pouca água. Como a formação de grandes quantidades de filtrado seria prejudicial, esses animais possuem corpúsculos renais pequenos e pouco vascularizados. Os túbulos néfricos são curtos nos répteis e de comprimento moderado nas aves. Grande parte desses animais pode eliminar o excesso de sais pela urina, mas muitos ingerem sal junto com o alimento (serpentes marinhas, iguanas marinhas, albatrozes, gaivotas, patos-marinhos) e muitas vezes só têm água do mar disponível para ingestão, então possuem glândulas de sal que excretam uma solução muito concentrada. Estão localizadas perto dos olhos, das maxilas, da língua ou no interior da câmara nasal.

Outros produtos nitrogenados não proteicos são também excretados, sejam derivados da dieta ou oriundos de outras vias metabólicas, como ureia e creatinina.



Exemplificando

A urina dos vertebrados, normalmente contém ureia e creatinina. A primeira pode ser originada da dieta e outros processos metabólicos, enquanto a segunda é um processo do catabolismo muscular exclusivamente eliminado do organismo por filtração glomerular. Portanto, qualquer alteração nessa função leva ao aumento dos níveis de creatinina no sangue, já que sua eliminação urinária é deficiente.

Um comprometimento funcional dos rins acarreta falha no equilíbrio hídrico do organismo e também no processo de excreção dos resíduos corpóreos, principalmente nos resíduos nitrogenados, gerando a insuficiência renal, que ocorre quando 75% ou mais dos néfrons são afuncionais.

Um rim doente perde a sua capacidade de filtração, de reabsorção e secreção tubulares. O acúmulo de resíduos que deveriam ser excretados leva os animais a quadros tóxicos. A ureia em excesso na circulação causa severa irritação nas mucosas gastrointestinais, provocando vômitos e até sinais neurológicos, como convulsão.

Os níveis séricos de ureia e creatinina são utilizados como indicadores de

função renal nos vertebrados.

A doença renal crônica é comum em animais velhos e pode ter várias causas, inclusive um processo normal de envelhecimento do órgão.



Assimile

Uremia é o acúmulo de ureia no sangue, uma síndrome tóxica polissistêmica resultante de uma função renal anormal.

Animais com uremia podem apresentar fadiga, emagrecimento, inapetência, redução da atividade, depressão, fraqueza, vômito, diarreia, pelame opaco, desidratação, úlceras orais.

Além dos rins, fazem parte dos órgãos urinários dos mamíferos, os ureteres, a bexiga e a uretra, que é via final de eliminação da urina.

Os ureteres transportam a urina dos rins até a bexiga, que a estoca temporariamente.

A maioria dos peixes possui bexiga urinária, mas tende a ser pequena, pois o ambiente aquático torna desnecessário a retenção da urina. Os anfíbios possuem uma bexiga diferente e interessante do ponto de vista evolutivo, é uma evaginação ventral da cloaca. Alguns répteis possuem uma bexiga cloacal similar à dos anfíbios, outros répteis e aves não possuem bexiga urinária porque excretam urina semissólida contendo ácido úrico. Os ureteres entram nos lados da cloaca e a urina se mistura com material fecal antes de ser eliminada.

A uretra nos mamíferos machos combina função urinária e reprodutora, pois transporta urina e sêmen. Nas fêmeas pertence exclusivamente aos órgãos urinários, pois transporta somente urina.



Pesquise mais

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal**: adaptação e meio ambiente. São Paulo: Santos, 2011. p. 355-388.



Faça você mesmo

Qual a relação da baixa ingestão de água pelos peixes de água doce e sua osmorregulação?

Sem medo de errar

Vamos voltar para a situação-problema de nossa unidade e tentar entender o que aconteceu com a onça Gaby, de 19 anos, que foi encontrada pela manhã apática, com sinais de moderada desidratação e com muito vômito espalhado no recinto. Imediatamente foram chamar o médico veterinário responsável pelo zoológico e, quando ele estava preparando o material para examiná-la, infelizmente Gaby veio a óbito.

Na última vez que ela havia sido examinada já apresentava níveis ligeiramente elevados de ureia e creatinina, sinais de emagrecimento, diminuição do apetite e pelagem opaca.

O que será que causou a morte da Gaby? Será que os rins pararam mesmo de funcionar? Qual a relação de insuficiência renal com os vômitos e a desidratação que ela apresentou? E a pelagem opaca? Tem alguma relação com a insuficiência renal?

Após a realização da necropsia, foi constatado que ela morreu em decorrência de uma doença renal crônica, foram encontradas úlceras em toda mucosa gastrointestinal, que provocaram os vômitos encontrados no recinto e havia alterações macroscópicas e microscópicas no parênquima renal compatíveis com a doença renal.

A desidratação é comum em doentes renais, pois os rins perdem a sua capacidade de concentrar a urina reabsorvendo água, promovendo assim sua perda por osmose nos túbulos renais. A pelagem também fica afetada, pois com o rim comprometido o animal perde vitaminas importantes.



Atenção!

A doença renal crônica é comum em animais velhos e pode ter várias causas, inclusive um processo normal de envelhecimento do órgão.



Lembre-se

A insuficiência renal ocorre quando 75% ou mais dos néfrons já não estão mais funcionais.

Avançando na prática

Pratique mais!

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.

"Glicosúria em macaco-prego (*Cebus apella*)"

1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Conhecer as particularidades dos órgãos urinários dos vertebrados.
3. Conteúdos relacionados	Anatomia e Fisiologia dos órgãos urinários: rins, ureteres, bexiga e uretra - aspectos comparativos.
4. Descrição da SP	Chico é um macaco-prego (<i>Cebus apella</i>) recebido em um centro de recuperação de animais silvestres (CRAS). Ele foi criado como animal de estimação durante anos por uma família, mas começou a apresentar sinais de agressividade e então foi encaminhado ao CRAS. Logo foi examinado pela equipe de médicos veterinários, que observou que o animal estava magro e bastante estressado. Coletaram vários materiais para exames laboratoriais, entre eles sangue e urina. Foi detectado aumento de glicose na corrente sanguínea e também foi observada glicose na urina. É normal encontrar glicose na urina? Ela é filtrada pelos glomérulos?
5. Resolução da SP	Apesar de ser proibido no Brasil, é comum as pessoas manterem animais silvestres em casa, como se fossem de estimação. Em geral são provenientes de tráfico de animais e com o tempo acabam apresentando problemas comportamentais indesejáveis, inclusive agressividade. Neste momento as pessoas acabam procurando uma forma de "se livrar" desses animais, e na maioria das vezes eles nunca mais poderão ser reintroduzidos em seu hábitat. Muitos simplesmente os soltam em qualquer lugar e alguns procuram os centros de recuperação de animais silvestres para fazerem a doação. Como na maioria das vezes eles foram submetidos a um manejo alimentar inadequado, quase sempre chegam doentes. No caso do Chico, ele tinha diabetes mellitus, uma doença endócrina caracterizada pelo aumento da glicose no sangue. Não é normal encontrar glicose na urina, só é encontrada quando se encontra em níveis elevados na corrente sanguínea.



Lembre-se

A glicose é um exemplo de substância que é filtrada, mas em seguida reabsorvida. Se ocorrer uma quantidade muito elevada de glicose no plasma, irá exceder o limite da capacidade de reabsorção, então nem

toda glicose será reabsorvida e parte dela permanecerá na urina, o que chamamos de glicosúria. Isso acontece em indivíduos com diabetes mellitus, que apresentam a glicemia com níveis acima do normal, excedendo a capacidade de reabsorção.



Faça você mesmo

A presença de proteínas na urina pode estar relacionada com problemas renais. Especificamente, qual a região dos néfrons pode estar acometida?

Faça valer a pena!

1. Quais são as principais funções dos órgãos excretores?

- a) Produção de hormônios.
- b) Produção de células sanguíneas.
- c) Controlar a quantidade de água e solutos do corpo e eliminar os resíduos do organismo.
- d) Controlar a temperatura corpórea.
- e) Disponibilizar energia.

2. Os animais mais complexos possuem órgãos especializados para realizar sua excreção. Os rins são os órgãos excretores primários nos vertebrados adultos, entretanto outros órgãos também podem contribuir para eliminação dos resíduos do corpo. Quais são esses outros órgãos?

- a) As brânquias, os pulmões, a pele, partes do aparelho digestório e diversas glândulas de sal.
- b) Fígado e pâncreas.
- c) Hipófise e hipotálamo.
- d) Tireoide e paratireoide.
- e) Fígado e tireoide.

3. Os rins desempenham vários papéis na manutenção da homeostase. Além da excreção de dejetos metabólicos, eles participam do controle hidroeletrolítico e ácido-básicos do sangue e também produzem hormônios. Quais as funções dos hormônios produzidos pelos rins?

- a) Controle do ciclo circadiano.
- b) Crescimento e reprodução.
- c) Controle do metabolismo.
- d) Metabolismo dos carboidratos.
- e) Regulam pressão arterial e a produção de eritrócitos.

Seção 3.2

Anatomia e fisiologia do sistema cardiovascular

Diálogo aberto

A equipe do zoológico onde Joana trabalha está envolvida em anestésiar e examinar o chimpanzé (*Pan troglodytes*) Tião, de 30 anos. Ele viveu desde filhote em um circo, foi vítima de maus-tratos e teve todos os seus dentes extraídos por causa de uma prática infelizmente comum nos circos para se evitar acidentes com os treinadores.

Quando esses animais são doados a zoológicos ou santuários, chegam bastante traumatizados e muitas vezes desenvolvem síndrome de automutilação. Com o Tião foi assim, mas ele já está adaptado ao recinto e aos tratadores, pois mora no zoológico há 8 anos.

Hoje ele será anestesiado para um exame clínico detalhado e coleta de materiais para exames laboratoriais, alguns tratadores relataram que o animal havia tido alguns episódios de síncope (desmaio).

Após o procedimento anestésico, o animal foi examinado cuidadosamente, foram coletadas amostras de sangue, realizados eletrocardiograma, radiografia de tórax e ecocardiograma.

As imagens mostraram aumento de ventrículo esquerdo, indicando uma cardiomiopatia.

O coração dos chimpanzés é igual ao nosso? Qual o prejuízo funcional de um aumento de ventrículo esquerdo? A síncope pode estar associada a algum problema cardíaco?

Essa e outras dúvidas iremos esclarecer com o estudo da anatomia e fisiologia do coração.

Bons estudos!

Não pode faltar

Os invertebrados apresentam volume corporal menor, facilitando a difusão das substâncias para realização das trocas de substâncias e resíduos entre os meios intra e extracelular, já os vertebrados possuem volume corpóreo maior, então precisam de estruturas especializadas para realização dessas funções.

O sistema cardiovascular é o primeiro a se tornar funcional durante o desenvolvimento, que apresenta como centro o coração.

O coração apresenta diferenças significativas entre as diferentes famílias de vertebrados.



Exemplificando

O coração de uma galinha começa a pulsar após 30 horas de incubação.

O coração humano se torna funcional em 4 semanas de gestação, quando o embrião mede apenas 5 mm de comprimento.

As funções do sistema cardiovascular são:

- Transportar os gases, nutrientes, resíduos metabólicos, hormônios e anticorpos.
- Auxiliar, conjuntamente com outros sistemas, na manutenção da homeostase.
- Participar da regulação térmica, em alguns animais.

Os vertebrados possuem o sistema cardiovascular mais diferenciado do reino animal, dividido em sistema vascular sanguíneo e sistema linfático.

O sistema vascular sanguíneo é composto pelo coração, vasos sanguíneos e sangue. Nos vertebrados é um contínuo sistema de ductos, por isso é chamado de sistema fechado. O coração é um órgão muscular responsável pela distribuição do sangue para os vasos sanguíneos.

A ontogenia e a filogenia relacionam-se em todos os sistemas, mais ainda no sistema cardiovascular do que em qualquer outro.



Vocabulário

Ontogenia: estudo do desenvolvimento de um organismo.

Vamos conhecer o coração dos diferentes vertebrados?

O anfioxo não possui coração, em seu lugar existe um vaso contrátil.

Dos ciclóstomos aos teleósteos, com exceção dos dipnoicos, o sistema cardiovascular é essencialmente simples, em que apenas o sangue não oxigenado passa pelo coração, depois ele é bombeado para a brânquias, oxigenado e distribuído para o todo o corpo. O coração possui quatro câmaras, mas somente duas (o átrio e ventrículo) correspondem às câmaras dos vertebrados mais complexos.

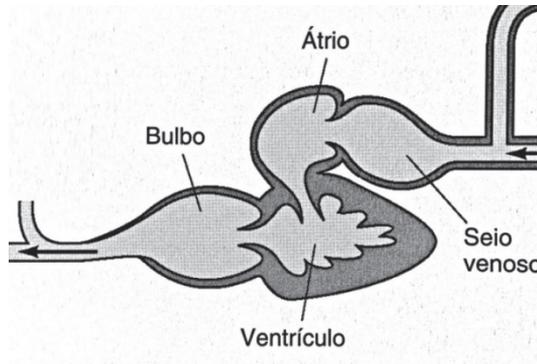


Vocabulário

Dipnoicos: também chamados de peixes pulmonados.

A primeira câmara do coração de um peixe é o seio venoso, que apresenta parede fina, bem como a do átrio, que é a câmara seguinte, para qual o sangue passa. Do átrio o sangue segue para o ventrículo, que tem paredes mais espessas, e é bombeado para o bulbo arterial para depois atingir a aorta ventral de onde vai para a região branquial para ser oxigenado (Figura 3.2).

Figura 3.2 | Desenho esquemático de coração de um peixe teleósteo



Fonte: Randall, Burggren e French (2011, p. 171).



Assimile

No coração dos peixes, exceto dos dipnoicos, somente o sangue não oxigenado passa pelo coração.

O coração dos peixes dipnoicos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, recebe sangue oxigenado e não oxigenado, mas apresentam diferenças entre eles. Nas aves e mamíferos não ocorre a mistura dos dois tipos de sangue, já os dipnóicos, anfíbios e répteis não apresentam uma separação estrutural completa que impeça essa mistura, sendo assim, em algumas condições a mistura dos sangues pode ocorrer.



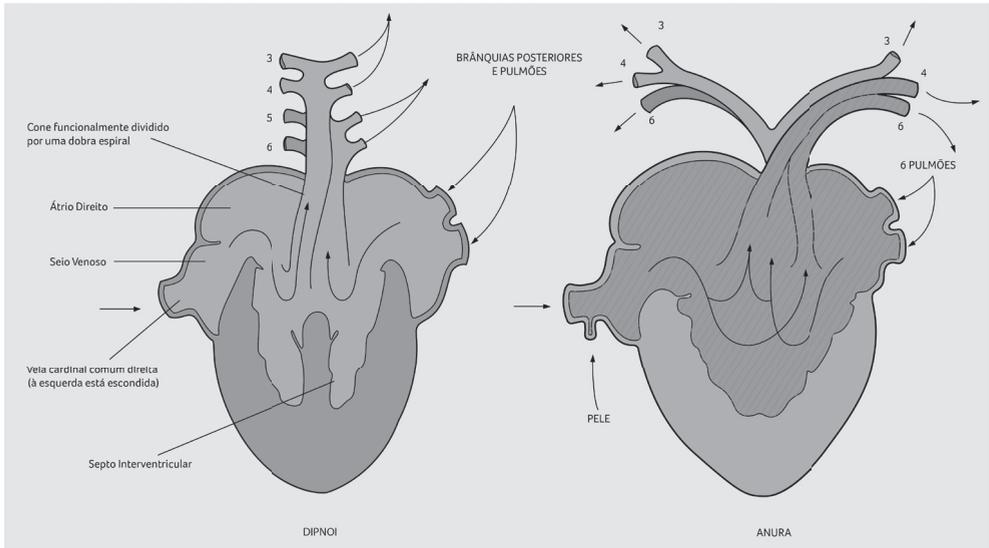
Atenção!

Os peixes dipnoicos apresentam, além das brânquias, pulmões como órgãos respiratórios. As brânquias recebem em parte sangue que já passou pelos pulmões.

O átrio do coração dos peixes dipnoicos é dividido em duas câmaras e o ventrículo é parcialmente dividido. O sangue proveniente dos pulmões retorna ao átrio esquerdo e o átrio direito recebe sangue da circulação geral. A divisão parcial do ventrículo tende a manter separado os dois tipos de sangue: oxigenado e não oxigenado. O sangue oxigenado tende a fluir em direção à cabeça e o não oxigenado do lado direito do coração para os pulmões (Figura 3.3).

Nos anfíbios (rãs, sapos, salamandras), o coração também apresenta os átrios divididos e um único ventrículo. O seio venoso possui parede fina e está conectado ao átrio direito. Apesar de o ventrículo não ser dividido, os dois tipos de sangue tendem a não se misturar, de modo que o sangue oxigenado segue para circulação geral e o sangue pobre em oxigênio entra separadamente na circulação pulmonar. O bulbo arterial apresenta parede espessa e sai da base do ventrículo, de onde emergem dois ramos simétricos, os troncos arteriais, que possuem em seu interior uma prega que direciona os fluxos sanguíneos do lado direito para os pulmões e para pele e do lado esquerdo para o arco sistêmico. A artéria pulmonar também envia ramificações para a pele, porque nestes animais também é realizada a captação de oxigênio, uma vez que anfíbios apresentam respiração cutânea. (Figura 3.3).

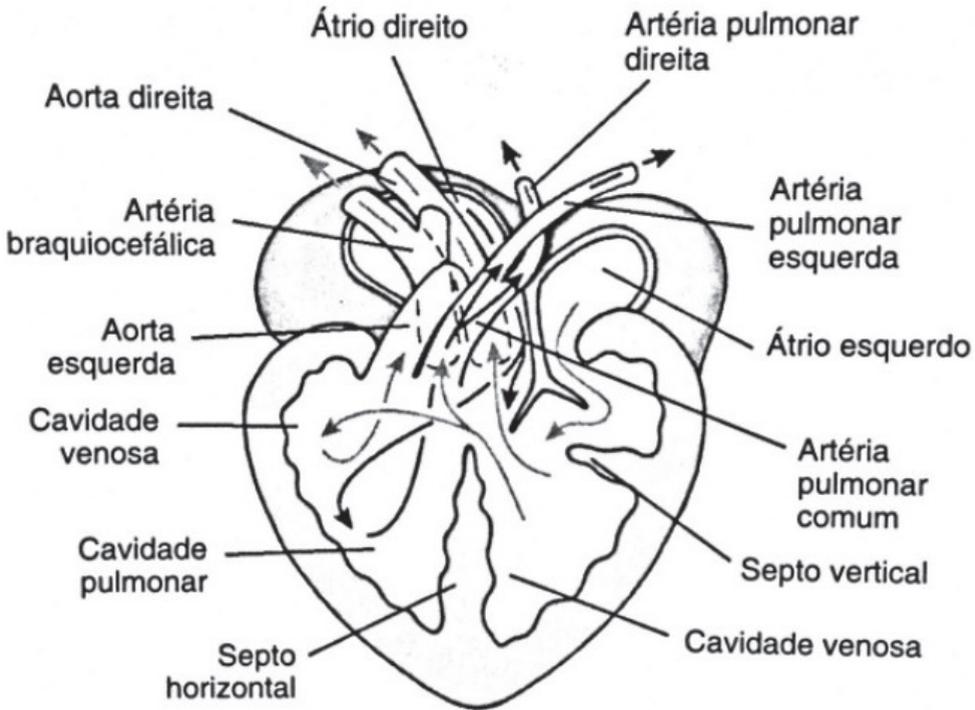
Figura 3.3 | Desenho esquemático: à esquerda coração de peixe dipnoico e à direita coração de um anfíbio



Fonte: Hildebrand e Goslow (2006, p. 129).

Nos répteis não crocódilianos (quelônios, serpentes e lagartos), os átrios são completamente separados, mas o ventrículo é parcialmente dividido. As duas correntes de sangue, oxigenado e não oxigenado, são mantidas bem separadas, por isso ocorre pouca mistura (Figura 3.4). Alguns répteis, apesar de terem somente os pulmões como órgãos respiratórios, conseguem inativar a função pulmonar nos períodos em que permanecem submersos com mecanismos adaptativos que permitem longos períodos de apneia, e a mistura dos sangues, no caso de tartarugas e serpentes, dentro do ventrículo.

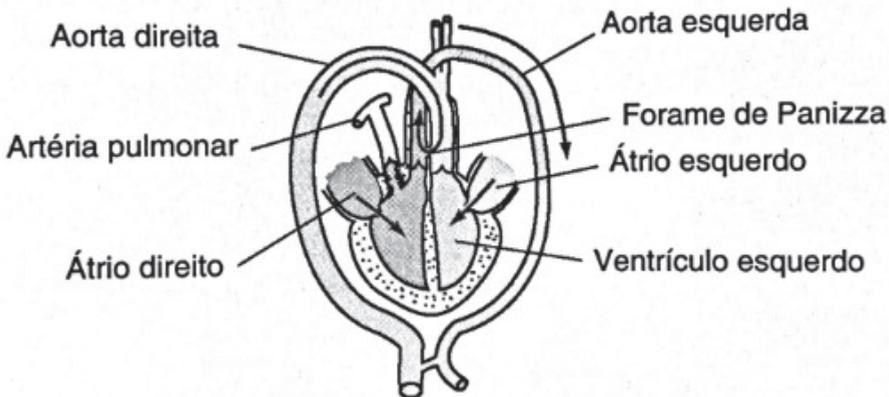
Figura 3.4 | Desenho esquemático de coração de um réptil não crocodiliano (quelônio)



Fonte: Randall, Burggren e French (2011, p. 130).

Nos crocodilianos, ambas as câmaras cardíacas são completamente separadas, mas existe uma comunicação entre os vasos que saem do ventrículo direito e do ventrículo esquerdo, chamado forame de Panizza (Figura 3.5). O seio venoso é discreto e o bulbo arterial é dividido em três troncos arteriais: pulmonar, arcos sistêmicos direito e esquerdo.

Figura 3.5 | Desenho esquemático de coração de um réptil crocodiliano evidenciando a separação completa dos ventrículos e a presença do forame de Panizza



Fonte: Randall, Burggren e French (2011, p. 131).



Refleta

Nos crocódilios, durante o mergulho, a circulação é modificada, ocorre uma diminuição do fluxo sanguíneo para os pulmões, e a parte do sangue que sai do ventrículo direito é ejetado para o vaso que sai do ventrículo esquerdo (arco aórtico esquerdo), através do forame de *Panizza*. Esse desvio permite a mistura de sangue nesta situação.



Lembre-se

No coração dos peixes dipnoicos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, passam duas correntes de sangue: oxigenado e não oxigenado, mas somente nas aves e nos mamíferos não ocorre mistura do sangue.

E nas aves e nos mamíferos?

A divisão do coração nesses animais é completa, bem como as circulações pulmonar e sistêmica, este fato leva a uma condição importante: a pressão pode ser diferente nas circulações pulmonar e sistêmica, sendo bem menor na circulação pulmonar.



Assimile

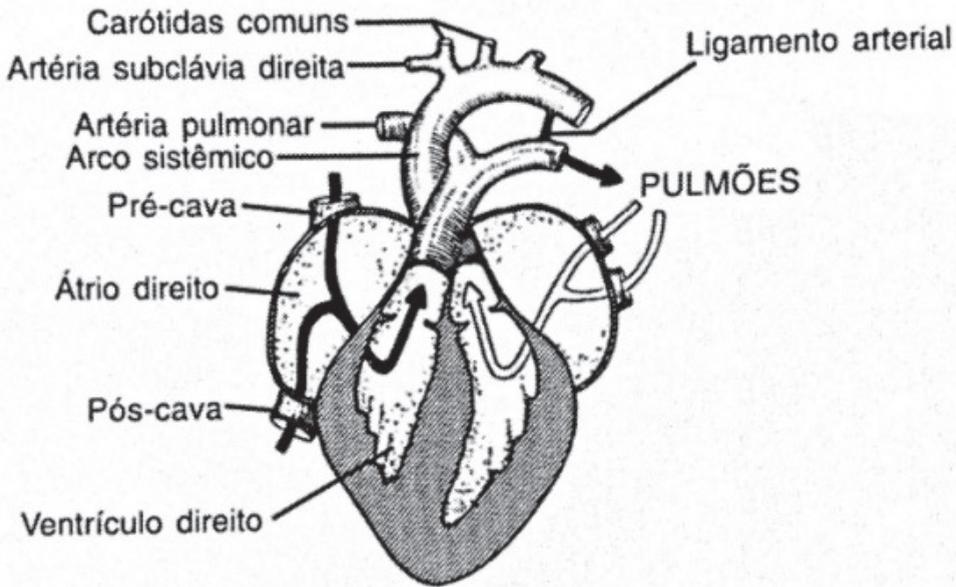
Circulação pulmonar – circulação de baixa pressão.

Circulação sistêmica – circulação de alta pressão.

A circulação pulmonar é baixa para impedir edema e danos ao delicado tecido dos pulmões, a pressão sistêmica é elevada para dirigir sangue através dos tecidos que podem possuir sua própria pressão interna.

O seio venoso é vestigial nas aves e ausente em mamíferos adultos. Os átrios apresentam paredes finas e distensíveis, já os ventrículos, paredes mais grossas. O ventrículo esquerdo é muito mais espesso do lado esquerdo porque precisa vencer uma resistência maior. No lugar do bulbo temos um tronco pulmonar unido ao ventrículo direito e em um tronco sistêmico unido ao ventrículo esquerdo. O arco sistêmico no adulto é único, diferente do que ocorre nos demais vertebrados menos complexos, nos mamíferos o arco aórtico curva-se à esquerda, e nas aves à direita (Figura 3.6).

Figura 3.6 | Desenho esquemático de coração de um mamífero



Fonte: Hildebrand e Goslow (2006, p. 132).

O coração está contido em uma cavidade pericárdica e é envolvido por uma membrana chamada pericárdio, que pode ser delgada e flexível (complacente), quando ocorre pouca variação de pressão durante cada batimento cardíaco, ou pode ser rígido (não complacente), nos casos em que ocorre muita oscilação de pressão durante cada batimento cardíaco.

Crustáceos, moluscos bivalvos, elasmobrânquios e peixes pulmonados apresentam pericárdio não complacente.

Podemos dizer que o coração é um vaso modificado, composto por três camadas: o endocárdio (interno), miocárdio e epicárdio (externo), com válvulas nas saídas de suas cavidades, que têm como função impedir o refluxo do sangue e ainda auxiliar na sua propulsão.

O coração tem a capacidade inerente de contrair-se, de modo rítmico, sem qualquer estímulo externo. Se ele for retirado do corpo, poderá continuar batendo durante um tempo considerável, e isso acontece porque o músculo cardíaco, chamado miocárdio, apresenta características específicas que garantem a capacidade intrínseca de contrair ritmicamente, graças a um sistema próprio de condução elétrica, que estimula continuamente as contrações.

O batimento cardíaco consiste em uma contração rítmica (sístole) e relaxamento (diástole) que também são influenciados pelo sistema nervoso autônomo, por hormônios e pela temperatura.

O débito cardíaco é o volume de sangue bombeado pelo coração por unidade de tempo. Em mamíferos, é definido como o volume ejetado do ventrículo direito ou esquerdo. O volume de sangue ejetado em cada batimento cardíaco é chamado volume sistólico e pode estar alterado em algumas doenças, levando a um comprometimento do suprimento de oxigênio dos tecidos.

Doenças do músculo cardíaco são chamadas cardiomiopatias e podem alterar o débito cardíaco.



Pesquise mais

TAVANO, P. T. **Anatomia comparada do coração dos vertebrados:** aspectos filogenéticos dos vertebrados e ontogenéticos da espécie humana. 2007. Disponível em: <<http://nead.uesc.br/arquivos/Biologia/modulo2/reoferta/anatomia-coracao-vertebrados.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2016.



Faça você mesmo

O cansaço logo após uma atividade física leve pode ser indicativo de problema cardíaco?

Sem medo de errar

Agora que você já conhece um pouco sobre o coração, vamos tentar entender o que está acontecendo como o chimpanzé Tião?

Hoje ele foi anestesiado para um exame clínico detalhado e coleta de materiais para exames laboratoriais, porque parece ter tido alguns desmaios. Os exames de imagem mostraram um aumento de ventrículo esquerdo, indicando uma cardiomiopatia.

O coração dos chimpanzés é igual ao nosso?

O coração do chimpanzé é bastante parecido com o nosso, afinal somos também mamíferos e primatas.

Qual o prejuízo funcional de um aumento de ventrículo esquerdo?

O ventrículo aumentado mostra que o músculo apresenta problemas e pode comprometer a sua capacidade de bombeamento de sangue para todos os tecidos do corpo; como o sangue leva nutrientes e oxigênio para os tecidos, poderá ocorrer inclusive morte celular.

A síncope pode estar associada a algum problema cardíaco?

As síncopes, ou desmaios, podem ter várias origens, inclusive o mau funcionamento do coração, quando chamamos de síncope cardiogênica. No caso do Tião, o miocárdio está tão debilitado que comprometeu seu débito cardíaco, não conseguiu enviar sangue suficiente ao seu sistema nervoso central, levando aos desmaios. Ele foi medicado, mas o seu prognóstico não é bom.



Atenção!

O volume de sangue ejetado em cada batimento cardíaco é chamado volume sistólico e pode estar alterado em algumas doenças, levando a um comprometimento do suprimento de oxigênio dos tecidos.



Lembre-se

O débito cardíaco é o volume de sangue bombeado pelo coração por unidade de tempo.

Avançando na prática

Pratique mais!

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.

"Insuficiência cardíaca em cão"

1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Conhecer a Anatomia e Fisiologia do Sistema Cardiovascular.
3. Conteúdos relacionados	Anatomia e Fisiologia do Coração - Aspectos Comparativos entre as Espécies.
4. Descrição da SP	Bob é um cão da raça labrador, com 10 anos de idade. Sua dona, Lúcia, está muito preocupada pois ele anda menos ativo que o normal. Ele sempre gostou de passear, mas ultimamente tem voltado dos passeios diários muito cansado e com a língua roxa. Sendo assim, resolveu levá-lo ao médico veterinário. O que pode estar acontecendo com ele?
5. Resolução da SP	Bob foi examinado pela Dra. Paula, que solicitou vários exames complementares e conclui que ele apresenta uma cardiopatia. O cansaço fácil e a língua roxa estão relacionados com o mau funcionamento do coração, que não consegue bombear o sangue com eficiência para os tecidos.



Lembre-se

Funções do sistema cardiovascular:

- Transporte de gases respiratórios, nutrientes, resíduos metabólicos, hormônios e anticorpos;
- Auxilia, conjuntamente com outros sistemas, na manutenção da homeostase;
- Participa da regulação térmica, em alguns animais.



Faça você mesmo

Porque o coração poderá continuar batendo durante um tempo considerável após ser retirado do corpo?

Faça valer a pena!

1. Quais são as principais funções do sistema cardiovascular?

- a) Transporte de gases respiratórios, nutrientes, resíduos metabólicos, hormônios e anticorpos.
- b) Somente transporte de gases e nutrientes.
- c) Filtrar o sangue.
- d) Somente transporte de nutrientes.
- e) Absorção de nutrientes.

2. Os vertebrados possuem o sistema cardiovascular mais diferenciado do reino animal, dividido em sistema vascular sanguíneo e sistema linfático. Em relação ao coração do anfíbio, assinale a alternativa correta.

- a) Possui um seio venoso e dois átrios.
- b) Possui um seio venoso, um átrio, um ventrículo e um bulbo arterial.
- c) O anfíbio não possui coração, somente um vaso contrátil.
- d) Possui somente um átrio e um ventrículo.

e) Possui somente o bulbo arterioso.

3. Quais são as características do coração dos peixes teleósteos?

a) Possui somente o bulbo arterioso.

b) Possui somente um átrio e um ventrículo.

c) Não possui coração, somente um vaso contrátil.

d) Possui um seio venoso, um átrio, um ventrículo e um bulbo arterial.

e) Possui dois átrios e um ventrículo.

Seção 3.3

Vascularização corpórea

Diálogo aberto

Hoje será tratada pelos veterinários do zoológico uma iguana (*Iguana iguana*), um réptil, que apresenta uma lesão no dorso. Ela foi mordida por um outro animal que vive no mesmo recinto – infelizmente esses problemas podem acontecer.

Joana e a estagiária Lígia estão acompanhando e auxiliando o Dr. Paulo, médico veterinário responsável pelo procedimento. Logo após a limpeza da ferida, foi aplicada uma medicação intramuscular, no músculo do membro torácico no animal, e Dr. Paulo perguntou à estagiária: “eu poderia aplicar essa medicação na musculatura do membro pélvico da iguana?”.

Esses animais apresentam alguma característica que impedem aplicação intramuscular em membros pélvicos?



Refleta

Existem variações na forma de vascularização corpórea dos vertebrados?

Todos eles apresentam sistema linfático?

As células sanguíneas são iguais em todos os vertebrados?

Não pode faltar

O sistema vascular sanguíneo é composto pelo coração, vasos sanguíneos e sangue, nos vertebrados é um contínuo sistema de ductos, e por isso é chamado de sistema fechado. O sangue está sob pressão elevada na circulação fechada e então permite sua ultrafiltração nos tecidos, especialmente nos rins.

Na ultrafiltração ocorre a separação do plasma de partículas coloidais, através de uma membrana semipermeável, a parede capilar, que usa pressão para forçar o líquido através dela. Todas as paredes capilares são permeáveis e as pressões altas permitem a passagem através delas. Os vertebrados desenvolveram um sistema

linfático em conjunto com o sistema circulatório fechado de alta pressão para recuperar o líquido perdido do sangue para os tecidos.

Os vasos sanguíneos começam a se formar cedo. Durante o desenvolvimento embrionário, artérias, veias e capilares são histologicamente indistinguíveis, pois são formados por uma fina camada de achatadas células endoteliais, os capilares, que irão se manter dessa maneira, mas as artérias e veias retêm essas células como a túnica interna e acrescentam mais tecidos periféricamente à medida que amadurecem.

As artérias desenvolvem uma espessa túnica média, constituída por fibras musculares lisas, que garantem resistência e elasticidade necessárias para manter o sangue se movendo sob alta pressão, apresentam ainda uma túnica externa mais fina, formada por tecido conjuntivo.



Assimile

As artérias *levam* o sangue rico em oxigênio e nutrientes a todos os tecidos, por isso dizemos que elas *irrigam* os tecidos.

As veias apresentam paredes mais finas que as artérias, sobretudo em razão de sua túnica média ser bem mais fina que a das artérias. As veias são vasos de capacitância, com capacidade de armazenar sangue, fazem o transporte de sangue sob baixa pressão.



Assimile

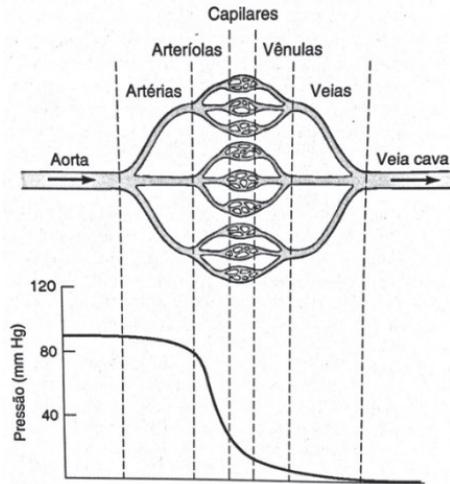
As veias e os vasos linfáticos recolhem (coletam) os catabólitos, produtos finais do metabolismo celular, por isso dizemos que eles drenam os tecidos.

As artérias têm a função de transportar sangue do coração para os tecidos, e as veias transportam no sentido contrário, dos tecidos para o coração.

E os capilares? Os capilares permanecem somente com uma camada de células endoteliais, são finos e fazem as conexões entre as artérias e as veias. São os responsáveis pelas trocas de substâncias com as células (Figura 3.7). A baixa pressão existente nos capilares também facilita a troca de substâncias.

Os leitos microcirculatórios fazem a conexão entre as artérias e veias, onde pequenas artérias terminais subdividem-se para formar arteríolas, que, por sua vez, se subdividem e formam metarteríolas e subsequentemente os *capilares*, que então se coalescem para formar as vênulas e veias (Figura 3.7).

Figura 3.7 | Desenho esquemático mostrando leito microcirculatório e a pressão existente nos diferentes tipos de vasos



Fonte: Randall, Burggren e French (2011, p. 151).



Atenção!

As paredes finais e permeáveis dos capilares permitem trocas de líquidos, eletrólitos, nutrientes, hormônios e outras substâncias entre o sangue e o líquido intersticial ou as células.



Vocabulário

Líquido intersticial: líquido que fica no espaço intercelular.

Coalescer: unir, juntar.

Existem marcantes diferenças entre o padrão das artérias dos vertebrados e para entendermos essas diferenças precisamos estudar um pouco da anatomia do desenvolvimento para verificar como se inicia o desenvolvimento desses vasos ainda nos embriões.

No início do desenvolvimento, o padrão inicial é o mesmo para todos os vertebrados e se mantém dessa maneira no anfíoxo adulto, por isso é estudado e considerado primitivo para a filogenia dos vertebrados.

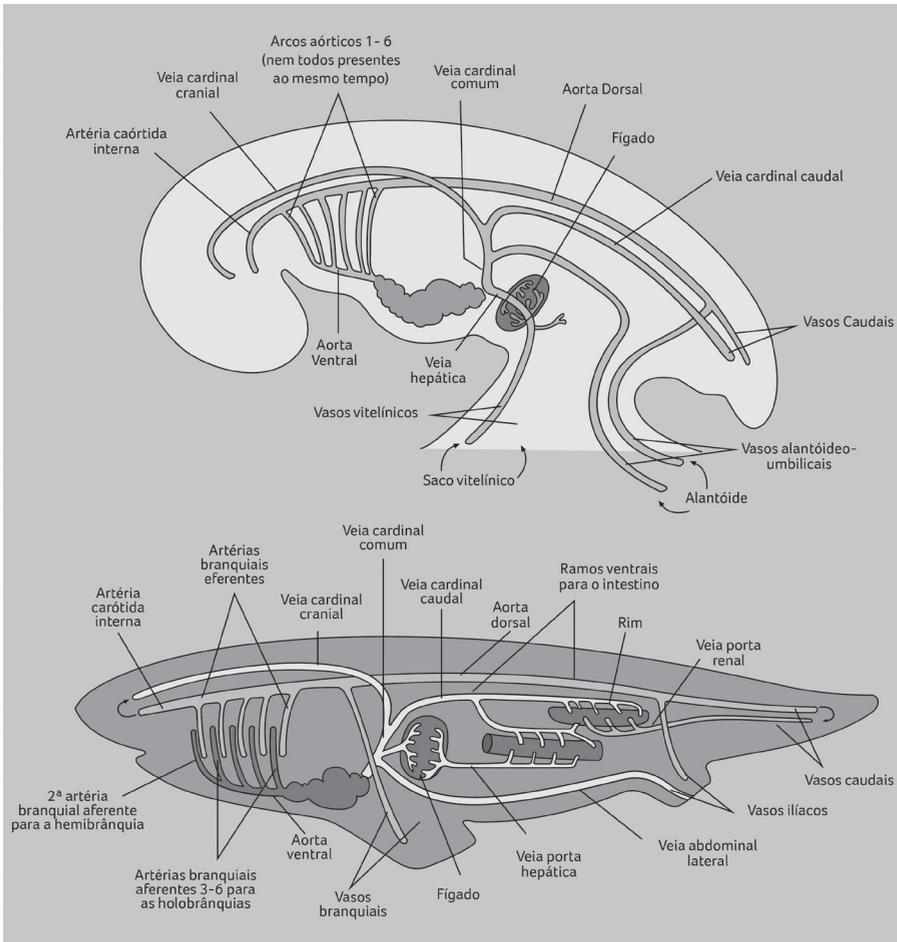
Desde o início, o coração liga-se em uma das extremidades com aorta ventral, que logo se une a uma aorta dorsal através dos arcos aórticos.

Em vertebrados mais simples, nos adultos, esses arcos aórticos se diferenciam

em artérias branquiais aferentes proximais, em capilares branquiais e em artérias branquiais eferentes, nos demais vertebrados alguns arcos desaparecem e outros originam outras artérias (Figura 3.9).

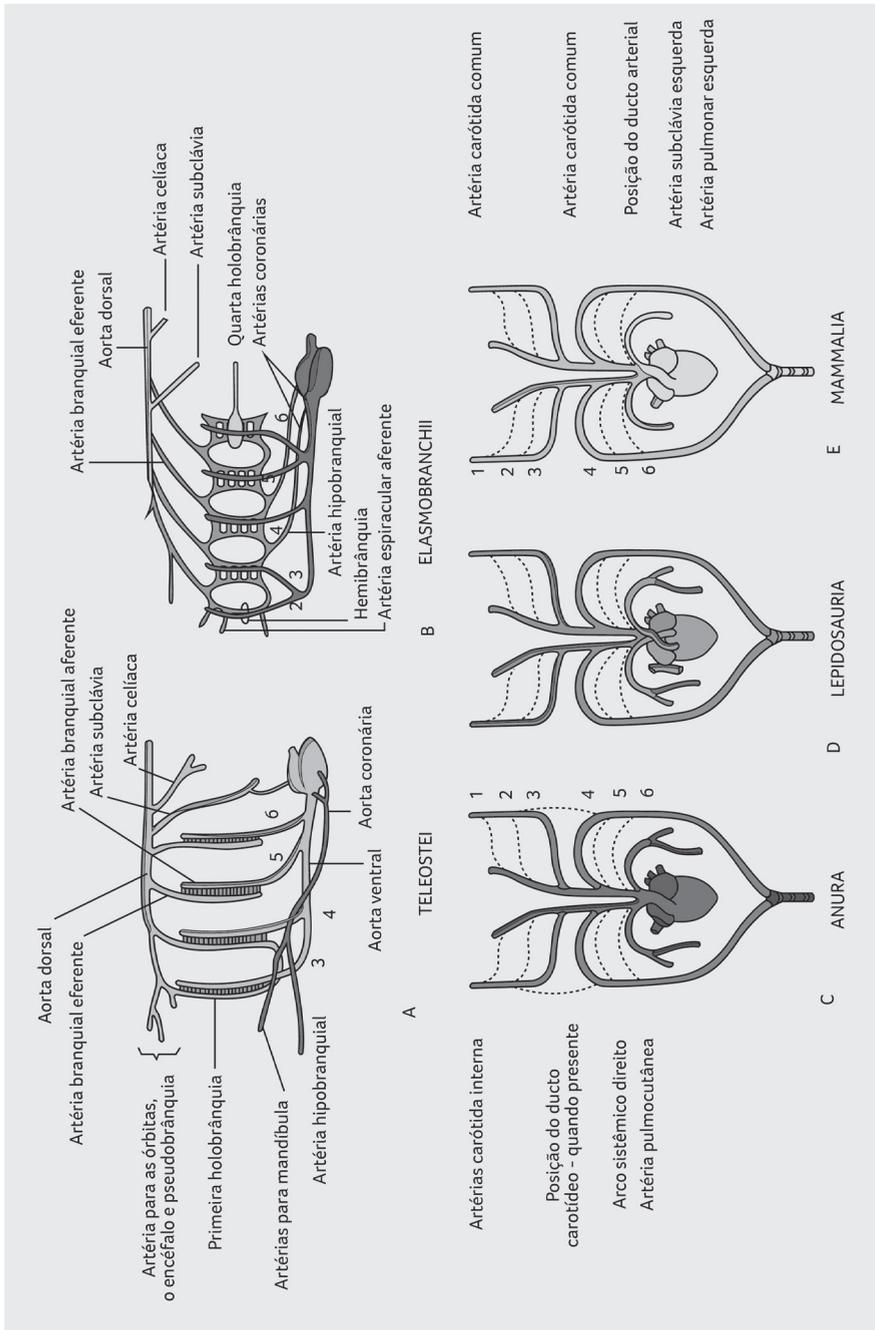
O vaso que vai distribuir o sangue para o corpo é a aorta dorsal, o qual é par em toda extensão. Quando começa a se diferenciar, pode permanecer par dorsalmente à faringe, porém mais caudalmente se funde na linha mediana. O sangue que entra nas aortas dorsais pares pelos arcos aórticos mais craniais dirige-se à cabeça, pelas artérias carótidas internas, que são extensões das aortas. O sangue que entra nas aortas pelos arcos caudais segue pela aorta dorsal ímpar e será distribuído para região caudal do embrião (Figura 3.8).

Figura 3.8 | Desenho esquemático mostrando o padrão básico do sistema circulatório dos vertebrados em um embrião de amniota (acima) e em um adulto de um elasmobrânquio (tubarão - abaixo)



Fonte: Hildebrand e Goslow (2006, p. 152).

Figura 3.9 | Desenho esquemático dos arcos aórticos e vasos relacionados de vertebrados. A – Peixe teleósteo – vista lateral esquerda; B – Elasmobrânquios – vista lateral esquerda; C – Anura – vista ventral; D – Lepidosauria – vista ventral; E – Mamíferos – Vista ventral



Fonte: Hildebrand e Goslow (2006, p. 153).



Vocabulário

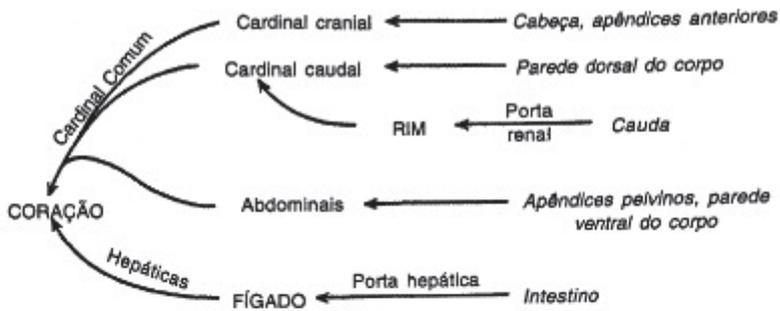
Anura: sapos, rãs e pererecas.

Lepidosauria: lagartos, serpentes e tuataras.

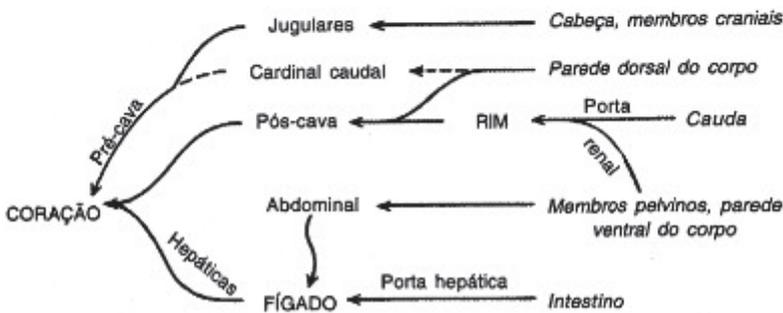
Urodela: são os anfíbios com caudas, as salamandras (*uros* = cauda; *delos* = visível).

Existem também diferenças no padrão de distribuição das veias entre os vertebrados (Figura 3.10).

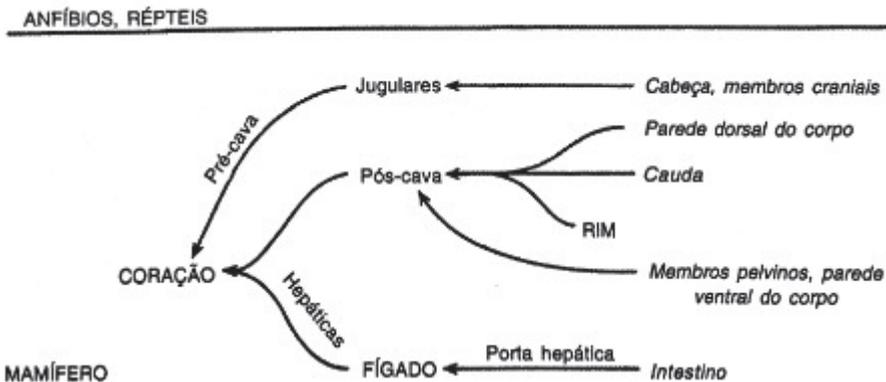
Figura 3.10 | Desenho esquemático do padrão de distribuição das veias nos vertebrados



TUBARÃO



(continua)



Fonte: Hildebrand e Goslow (2006, p. 154).

A drenagem das vísceras do trato digestório é semelhante em todos os vertebrados e apresenta um sistema porta hepático.



Assimile

Sistema porta – quando uma veia se divide em veias menores, depois em capilares e depois estes coalescem e formam outra veia.

O sistema porta hepático é responsável por direcionar todo o sangue recolhido do trato digestório ao fígado, antes de atingir a veia cava, para que o fígado possa neutralizar substâncias tóxicas, provenientes do próprio processo metabólico do alimento ingerido.



Refleta

Alguns animais apresentam como malformação desvio porto-sistêmico (*Shunt porto-sistêmico*), então o sangue é desviado do fígado e chega à circulação geral antes desse processo de neutralização hepático. Esses animais apresentam quadros de intoxicação.

Os peixes, anfíbios, répteis e aves apresentam, além do sistema porta hepático, o sistema porta renal, em que o sangue recolhido das regiões mais caudais do organismo passa pelo rim antes de atingir a veia cava.



Refleta

Toda medicação aplicada em musculatura da região pélvica dos animais que apresentam circulação porta renal através do sangue passará pelos rins. Muito cuidado pois algumas medicações podem causar lesões nos rins.

Nos répteis o sistema porta renal é importante para sua fisiologia renal. O sangue que chega aos rins através da veia porta renal perfunde somente os túbulos e não os glomérulos, então, os túbulos recebem uma mistura de sangue venoso do sistema porta renal e arterial.



Pesquise mais

CARVALHO, Haley Silva de et al. Anatomia do sistema porta renal e suas implicações no emprego de agentes anestésicos na contenção de avestruzes (*Struthio camelus*). **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1688-1694, dez. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600028>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

No espaço entre as células, junto ao leito microcirculatório existem os capilares linfáticos, que são vasos microscópicos com pequenos poros, responsáveis pela captação de líquido intersticial que não conseguiu retornar aos capilares venosos. Assim que esse líquido entra nos capilares linfáticos, passa a se chamar linfa, percorre um sistema de vasos linfáticos, distribuído por todo o corpo.



Lembre-se

O sistema linfático surge nos vertebrados em conjunto com o sistema circulatório fechado de alta pressão para recuperar líquido perdido do sangue para os tecidos.

O sistema linfático inicia-se com os capilares linfáticos em fundo cego. Estes se juntam para formar uma estrutura semelhante a uma árvore com ramos que atingem todos os tecidos. Os vasos linfáticos maiores assemelham-se às veias e se esvaziam através de um ducto na circulação sanguínea. Em mamíferos e muitos outros vertebrados, os vasos linfáticos drenam por meio do ducto torácico até regiões de pressões mais baixas do sistema venoso, próximas ao coração.

O sistema linfático dos mamíferos não possui uma bomba propulsora, como é o coração no sistema sanguíneo que direciona o fluxo da linfa dentro dos vasos, isso é feito por contrações dos músculos e pelas pulsações das artérias próximas.

Répteis e muitos anfíbios possuem corações linfáticos, que ajudam no movimento do líquido dentro dos vasos. Os anfíbios apresentam grande volume linfático decorrente tanto da filtração do plasma como da difusão da água através da pele.

O anfíbio não possui sistema linfático, os ciclóstomos possuem redes de finos vasos semelhantes aos linfáticos, mas diferentes por conterem algumas células sanguíneas vermelhas. Nos peixes dipnoicos o sistema linfático é incompleto, mas já bastante desenvolvido nos teleósteos e totalmente desenvolvido em anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Os mamíferos apresentam numerosos nódulos linfáticos distribuídos no caminho dos vasos linfáticos, que produzem grandes quantidades de linfócitos (célula de defesa). Esses nódulos aparecem em outros tetrápodes, mas em menor quantidade.

O sangue nos vertebrados consiste em células sanguíneas de diversos tipos em suspensão em um líquido chamado plasma, que é uma solução composta de água, nutrientes, restos metabólicos, sais, hormônios e proteínas.

As células sanguíneas são eritrócitos, leucócitos e trombócitos. Os eritrócitos transportam os gases (oxigênio e gás carbônico), e apresentam a hemoglobina, que é a proteína transportadora dos gases que está presente somente dentro dos vasos sanguíneos. Os eritrócitos tendem a ser menores que os leucócitos, embora variem de tamanho. Em anfíbios são relativamente grandes, e pequenos em mamíferos. Geralmente são achatados e nucleados, mas nos mamíferos são anucleados.

Muitas variedades de leucócitos foram identificadas nos vertebrados, e estão presentes também no sistema linfático. Essas células passam através das paredes dos capilares e agregam-se rapidamente nos locais de infecção, alguns leucócitos destroem partículas estranhas através da fagocitose, pois estão envolvidos na resposta imune.



Exemplificando

O hemograma é o exame do sangue. Existe um padrão de normalidade para a quantidade de cada uma das células. Dessa forma, quando existem alterações, sugerem diversas doenças.

Os leucócitos aumentam em resposta a alguma alteração, como presença de vírus, bactérias, parasitas ou processos alérgicos.

Os trombócitos são pequenas células fusiformes e nucleadas. Ocorre em todos os vertebrados, exceto nos mamíferos que, em seu lugar, têm as plaquetas, que são fragmentos celulares anucleados. Os trombócitos e as plaquetas estão relacionados com o processo de coagulação do sangue.



Refleta

As células sanguíneas têm vida curta, uma vez que são destruídas pelo próprio organismo. Por isso são continuamente produzidas e removidas desde o início da vida embrionária.

Durante a vida embrionária as células sanguíneas são produzidas nas **ilhotas sanguíneas**, que são formadas precocemente no saco vitelínico do embrião da maioria dos vertebrados. O trato digestório, o timo, os rins e o fígado também produzem sangue nos embriões de alguns vertebrados e tanto nos embriões como nos adultos de outros. A medula óssea é hematopoética nos tetrápodes.



Vocabulário

Hematopoese: produção de células sanguíneas.



Faça você mesmo

Quais vertebrados apresentam sistema porta renal?

Sem medo de errar

Vamos ajudar a estagiária Lígia a responder as perguntas feitas pelo Dr. Paulo, que hoje está cuidando de uma iguana (*Iguana iguana*), com uma lesão no dorso, resultado de uma briga com outro animal que vive no mesmo recinto.

A medicação intramuscular poderia ser aplicada no membro pélvico deste animal? Esses animais apresentam alguma característica que impedem aplicação intramuscular em membros pélvicos?

Em razão da presença do sistema porta renal, as medicações intramusculares não devem ser aplicadas na musculatura do membro pélvico.



Atenção!

Esses animais apresentam sistema porta renal, a medicação aplicada em musculatura pélvica passará pelos rins e poderá causar lesão renal.



Assimile

Vimos que existem grandes variações no padrão de vascularização dos corpos dos vertebrados. A maior parte deles apresenta sistema linfático bem desenvolvido, mas com algumas características específicas nas diferentes famílias.

As células sanguíneas também apresentam algumas diferenças entre os animais.

Avançando na prática

Pratique mais!	
Instrução Desafiemos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.	
"Desvio porto-sistêmico em cão"	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Conhecer as particularidades da vascularização corpórea dos vertebrados.
3. Conteúdos relacionados	Angiologia – Artérias, Veias e Capilares – Sistema Linfático e Tecido Hematopoieticos.
4. Descrição da SP	Bob, um filhote da raça Yorkshire Terrier, macho, com 3 meses apresenta desenvolvimento corporal inferior em relação aos demais filhotes da ninhada. Ele se alimenta normalmente, mas logo após ingerir a ração fica letárgico, incoordenado e algumas vezes chega a convulsionar. O que pode estar acontecendo com o cão?
5. Resolução da SP	Após ser examinado clinicamente, foi realizado no Bob uma ultrassonografia com <i>doppler</i> , na qual foi possível observar o fluxo de sangue. Ele apresenta uma malformação com desvio da veia porta para a circulação sistêmica, sendo assim, o sangue coletado do trato digestório não está sendo direcionado para o fígado para que possa neutralizar substâncias tóxicas.



Lembre-se

O sistema porta hepático é responsável por direcionar todo o sangue recolhido do trato digestório ao fígado, antes de atingir a veia cava, para que o fígado possa neutralizar substâncias tóxicas provenientes do próprio processo metabólico do alimento ingerido.

**Faça você mesmo**

Quando existe um aumento de leucócitos em um hemograma, o que pode estar acontecendo com este animal?

Faça valer a pena!

1. Quais são os componentes do sistema vascular sanguíneo nos vertebrados?

- a) Artérias e veias.
- b) Artérias, veias e capilares.
- c) Vasos sanguíneos, coração e sangue.
- d) Coração e vasos linfáticos.
- e) Eritrócitos e leucócitos.

2. Os vasos sanguíneos começam a se formar cedo, durante o desenvolvimento embrionário. Quais são eles?

- a) Artérias, veias e linfáticos.
- b) Artérias, veias e capilares.
- c) Artérias e veias.
- d) Linfáticos e capilares.
- e) Eritrócitos e artérias.

3. Os vasos sanguíneos começam a se formar cedo, durante o desenvolvimento embrionário. No início são histologicamente indistinguíveis, pois são formados por uma fina camada de achatadas células endoteliais, depois vão se diferenciando, em relação as características de cada tipo de vaso sanguíneo. Assinale a alternativa correta.

- a) As artérias apresentam somente uma camada de células em sua parede.
- b) As veias apresentam sua túnica média mais espessa que as artérias.
- c) Os capilares apresentam a túnica média mais espessa que as veias.
- d) As artérias apresentam uma espessa túnica média.
- e) As veias não apresentam o endotélio como túnica interna.

Seção 3.4

Práticas sobre órgãos urinários e sistema cardiovascular

Diálogo aberto

Nas seções anteriores estudamos a parte teórica da anatomia e fisiologia dos órgãos urinários, anatomia e fisiologia do sistema cardiovascular e também a vascularização corpórea dos vertebrados, agora vamos conhecer esses componentes em nossa aula prática.

Hoje no zoológico, a equipe técnica precisa fazer exames de rotina na onça-parda (*Felis concolor*), chamada Zelda. Ela tem 10 anos e está aparentemente bem, mas para examiná-la adequadamente é necessário anestesiá-la, para então coletar sangue para exames laboratoriais.

De qual vaso se coleta sangue para realizar um hemograma em uma onça?

O sangue coletado é de veia ou de artéria?



Assimile

E nos demais vertebrados, de qual vaso se coleta sangue para hemograma?

Será que é possível coletar sangue de um peixe?

Não pode faltar

Os rins são órgãos excretores primários do adulto, embora outros órgãos, como as brânquias, pulmões, pele, partes do aparelho digestório e diversas glândulas de sal, possam também contribuir para eliminação de resíduos corpóreos dependendo da espécie animal.

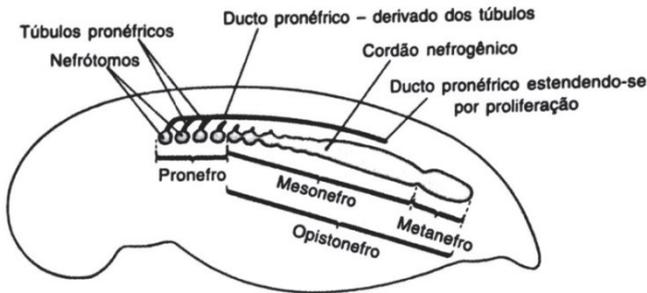


Assimile

Os vertebrados desenvolveram três tipos de rins, que são chamados pelos seus nomes embriológicos: *pronefro*, *mesonefro* e *metanefro*. Todos são semelhantes, mas com algumas diferenças.

O pronefro (Figura 3.11) é o mais primitivo. Está presente durante o desenvolvimento embrionário dos vertebrados, entretanto não é funcional no adulto de nenhum deles. O rim funcional dos peixes, também chamado de opistonefro, é do tipo mesonefrico, apresenta uma série de túbulos renais. Cada túbulo é enrolado e dirige-se para um ducto coletor comum, que se comunica com o meio exterior, em geral, pela cloaca, que recebe também produtos finais da digestão.

Figura 3.11 | Desenho esquemático de um embrião de vertebrado mostrando o desenvolvimento dos rins



Fonte: Hildebrand e Goslow (2006, p. 161).

Os anfíbios apresentam rins do tipo opistonéfrico. Como os peixes elasmobrânquios, nos anfíbios caudados os rins são alongados, mas nos da ordem Anura são mais curtos e compactos. Como são animais que vivem parcialmente ou inteiramente na água doce, eles desenvolveram corpúsculos renais que auxiliam na eliminação de água, para impedir a diluição excessiva dos líquidos do corpo.

Os rins dos répteis, assim como o das aves e mamíferos, são do tipo metanefro, considerado o mais desenvolvido. Durante a vida embrionária, contudo, tanto o pronefro como o mesonefro aparecem. O rim metanefro é semelhante ao mesonefro, mas é mais compacto e contém maior número de unidades renais. Os túbulos renais, em vez de se abrirem em um ducto coletor comum, abrem-se nos ductos coletores maiores, que conduzem a um novo ducto excretor, o ureter.



Atenção!

Nos répteis, o sistema porta renal começou a perder a importância e parte do sangue proveniente da região caudal começou a passar diretamente pelos rins, em vez de ser filtrado vagarosamente pela rede capilar.

Muitos répteis possuem bexiga urinária que, como nos anfíbios, é uma evaginação da parede ventral da cloaca, entretanto essa estrutura não aparece nos crocodilianos, serpentes e em alguns lagartos.

Nas aves, os rins são proporcionalmente grandes, com lobos irregulares e cada rim tem um ureter, que se abre na cloaca. Os mamíferos também apresentam rim metanéfrico, mas com muitas diferenças macroscópicas entre as diferentes espécies.

Durante o desenvolvimento embrionário o rim é constituído por vários lobos renais, os quais internamente permitem reconhecer uma região cortical e outra medular. Esses lobos se fundem de diferentes maneiras nos mamíferos domésticos, tanto na região cortical como na medular. Em cães, gatos, cabras, ovelhas, suínos e cavalos, ele fica completamente liso externamente, entretanto nos bovinos permanece uma lobação externa, embora internamente haja fusão dos lobos.



Refleta

Os mamíferos marinhos não apresentam essa fusão nos rins, de maneira que seus rins apresentam pequenas unidades semi-independentes, cada uma com seu córtex e medula. Essa condição aumenta sua capacidade em reter água e isto é vantajoso, pois eles são hiposmóticos em relação ao meio. Esses rins são classificados como multilobulados.



Exemplificando

Quem são os mamíferos marinhos?

Pinípedes – lobos e leões-marinhos, focas e morsas.

Cetáceos – baleias, golfinhos, botos e orca.

Sirênios – nesta ordem, existem duas famílias: *Trichechidae* (peixe-boi amazônico, peixe-boi africano e peixe-boi marinho) e *Dugongidae* (Dugondugone a vaca-marinha, recentemente extinta).

Em relação ao sistema cardiovascular dos vertebrados, já vimos que existem marcantes diferenças entre as famílias.

O coração dos peixes, exceto os dipnoicos, possui quatro câmaras: a primeira câmara do coração de um peixe é o seio venoso, a seguir o átrio, depois o ventrículo e a última é o bulbo arterial onde o sangue atinge a aorta ventral, que vai para a região branquial para ser oxigenado.

Já nos peixes dipnoicos, o átrio é dividido em duas câmaras por um septo e o ventrículo é parcialmente dividido. Eles também apresentam o seio venoso, mas é menos dominante.

Nos anfíbios o coração também apresenta os átrios divididos e um ventrículo único. O seio venoso apresenta parede fina e está ligado ao átrio direito. Apesar de o ventrículo não ser dividido, os dois tipos de sangue tendem a não se misturar.

Nos répteis não crocodilianos, os átrios são completamente separados, mas o ventrículo é parcialmente dividido, as duas correntes de sangue, oxigenado e não oxigenado, são mantidas bem separadas, ocorrendo pouca mistura.

Já nos crocodilianos, átrios e ventrículos são completamente separados, mas existe uma comunicação entre os vasos que saem do ventrículo direito e do ventrículo esquerdo, chamado forame de Panizza.

Nas aves e mamíferos a divisão do coração é completa, bem como as circulações pulmonar e sistêmica.



Lembre-se

Além do coração, os vasos sanguíneos e o sangue compõem o sistema vascular sanguíneo.

As artérias, veias e capilares são os vasos sanguíneos e apresentam diferenças em seu padrão de distribuição entre os vertebrados.



Assimile

Artérias x Veias

As artérias apresentam a túnica média mais espessa que as veias.

Elas têm a função de transportar sangue do coração para os tecidos, e as veias, no sentido contrário, dos tecidos para o coração.

Dentro das artérias temos alta pressão.

Em geral as artérias ficam localizadas mais profundamente que as veias. Elas ficam mais "protegidas", pois um acidente que venha causar a ruptura de uma artéria, é uma situação muito mais grave do que se fosse uma veia. Você sabe dizer por quê?

Além do sangue arterial ser rico em oxigênio e nutrientes e, portanto, muito mais "nobre" para o organismo, em caso de ruptura, em razão da pressão existente dentro das artérias o volume perdido seria grande.

E quando precisamos fazer exame de sangue coletamos sangue arterial ou venoso?

Na maioria das vezes se coleta sangue venoso, em razão de sua localização mais superficial e ainda pelos riscos envolvidos na punção de uma artéria, pois conforme descrito, em caso de ruptura o volume de sangue perdido é maior.

Em algumas situações específicas se coleta sangue arterial. Quando precisamos avaliar hemogasometria, que é a quantidade de gases que estão sendo transportados no sangue, esse exame é realizado em animais que apresentam alguma doença que comprometa as trocas gasosas.

Será que é possível coletar sangue de todos os vertebrados?

Sim, cada espécie requer um procedimento específico, mas até de peixes conseguimos coletar, inclusive é uma prática frequente em criatório, para se avaliar as condições de saúde de animais que são utilizados como alimentos. Pode-se utilizar veias da região mais caudal do animal ou ainda direto do coração, procedimento que chamamos de cardiocentese.



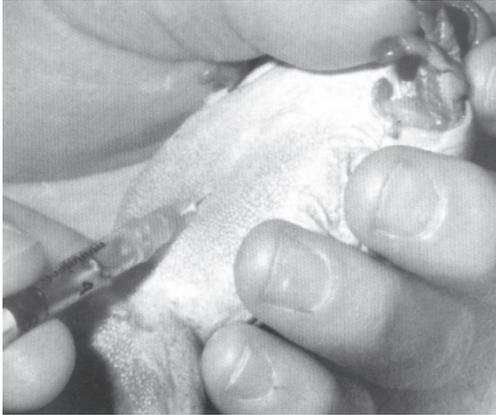
Pesquise mais

ISHIKAWA, M. M. et al. **Procedimentos básicos para colheita de sangue em peixes**. Embrapa - Circular técnica. Dourados. jul. 2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/874164/1/CT201017.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

E nos anfíbios?

Podemos coletar sangue desses animais por meio de punção da veia abdominal ventral (Figura 3.12) e da veia lingual ou por cardiocentese. A contenção adequada do animal pode requerer sedação ou anestesia.

Figura 3.12 | Fotografia de coleta de sangue da veia abdominal ventral de rã arborícola (*Litoria caerulea*)



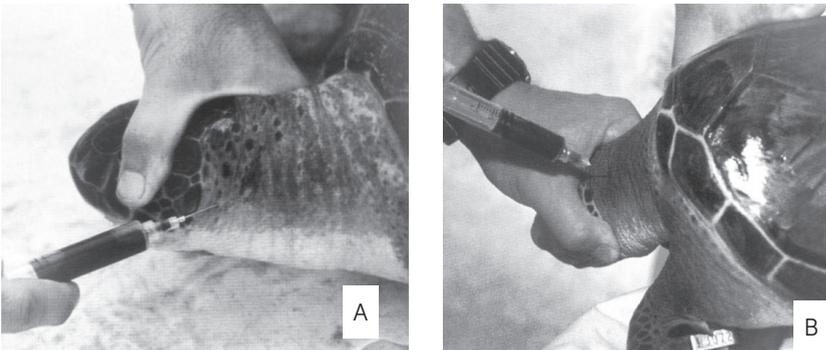
Fonte: Thrall et al. (2006, p. 101).

Nos répteis, a análise do hemograma faz parte da avaliação laboratorial de rotina, sendo útil para identificação de diversas doenças. Para a coleta da amostra de sangue, vários métodos podem ser utilizados, dependendo da espécie, do volume de sangue, do tamanho e condição física do animal e ainda da preferência do profissional. Nesses animais, os vasos linfáticos acompanham os vasos sanguíneos, então, quando se realiza punção periférica, pode haver mistura de linfa com sangue na coleta.

Em quelônios pode-se utilizar venopunção jugular com menor risco de hemodiluição com a linfa. Às vezes pode ser necessária contenção química. Com a cabeça e o pescoço estendidos, localiza-se a veia jugular abaixo da pele (Figura 3.13 A).

Outra opção em quelônios seria na região dorsal do pescoço, onde há o seio venoso supraoccipital, localizado caudalmente ao osso occipital (Figura 3.13 B).

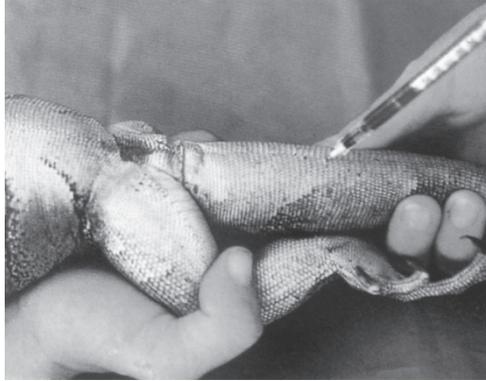
Figura 3.13 | Fotografia de coleta de sangue de tartaruga marinha (*Cheloniemydas*):
A – venopunção jugular; B – punção do seio venoso supraoccipital



Fonte: Thrall et al. (2006, p. 102).

Em lagartos, serpentes e crocodilos pode-se puncionar a veia coccígea ventral, localizada ventralmente na cauda do animal (Figura 3.14).

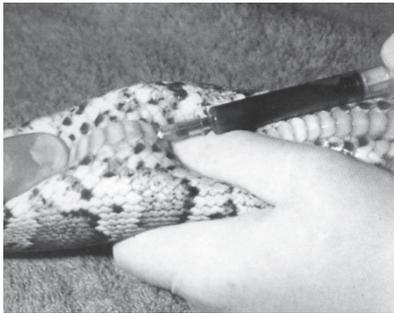
Figura 3.14 | Fotografia de coleta de sangue por punção da veia coccígea ventral em iguana (*Iguana iguana*)



Fonte: Thrall et al. (2006, p. 103).

Em serpentes, a cardiocentese também pode ser uma opção para coleta de sangue (Figura 3.15).

Figura 3.15 | Fotografia de cardiocentese em serpente



Fonte: Thrall et al. (2006, p. 104).

A coleta de sangue em aves é uma prática comum. A quantidade de sangue que pode ser obtida com segurança depende do tamanho do animal. Em geral, um volume correspondente a 1%, ou menos, do seu peso corporal pode ser retirado de aves saudáveis, mas quando os animais estão doentes esse volume deve ser menor. Várias técnicas podem ser utilizadas. O sangue venoso representa o melhor tipo de amostra para estudo hematológico. O sangue colhido do leito capilar, do corte de uma unha, por

exemplo, geralmente não é adequado, pois apresenta distribuição anormal de células. As veias mais comumente utilizadas são: jugular (pescoço), ulnar cutânea (na asa) e metatársica medial (no membro pélvico).

E nos mamíferos? O local de escolha da punção venosa depende da espécie. Em camundongos e ratos se utiliza bastante a veia da cauda; em coelhos, porcos e lhamas uma veia da orelha. A veia jugular também é muito utilizada, bem como a veia cefálica, no membro torácico e a safena lateral no membro pélvico.



Faça você mesmo

Porque a ruptura de uma artéria é mais grave que a ruptura de uma veia?

Sem medo de errar

Agora já podemos ajudar a responder as perguntas da situação-problema desta seção, sobre a coleta de sangue que precisa ser realizada na Zilda. Ela já foi anestesiada e transportada para a clínica veterinária do zoológico.

De qual vaso se coleta sangue para realizar um hemograma em uma onça?

Como ela é um mamífero de porte médio, pode ser utilizada a veia cefálica, localizada no membro torácico, bem como a veia safena lateral, no membro pélvico, e também a veia jugular.

O sangue coletado é de veia ou de artéria?

O sangue coletado será de uma veia.



Atenção!

Na maioria das vezes se coleta sangue venoso em razão da sua localização mais superficial e ainda pelos riscos envolvidos na punção de uma artéria.



Lembre-se

Além de o sangue arterial ser rico em oxigênio e nutrientes e, portanto, muito mais "nobre" para o organismo, em caso de ruptura, em razão da pressão existente dentro das artérias, o volume perdido seria grande.

Somente realizamos punção arterial quando existe a necessidade de realização de alguns exames específicos, como a hemogasometria, por exemplo.



Refleta

E nos demais vertebrados, de qual vaso se coleta sangue para hemograma?

Vimos que é possível coletar amostras de sangue de todas as famílias de vertebrados, mas que o local da punção depende de vários fatores, como espécie, porte, estado de saúde do animal e ainda preferência do profissional.

Até mesmo de um peixe conseguimos coletar amostras de sangue, inclusive é uma prática comum em criatórios, já que sua análise pode indicar vários problemas.

Avançando na prática

Pratique mais!	
<p>Instrução Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.</p>	
"Coleta de sangue em um jabuti"	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Conhecer a anatomia e fisiologia do sistema cardiovascular.
3. Conteúdos relacionados	Vascularização corpórea.
4. Descrição da SP	<p>Em um Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS) foi recebido um jabuti-piranga (<i>Chelonoidis carbonaria</i>), um réptil, da ordem dos Quelônios, da família dos testudinídeos, encontrado em várias regiões do Brasil.</p> <p>Por ser um animal silvestre, de acordo com a legislação brasileira, para tê-lo como animal de estimação, é necessário autorização e que seja procedente de um criadouro registrado junto ao órgão ambiental. Infelizmente é bastante comum as pessoas terem em casa de forma clandestina.</p> <p>De acordo com a pessoa que o trouxe ao CETAS, o animal estava com eles havia mais de 40 anos, mas ultimamente estava mais quieto que o normal e comendo muito pouco, então resolveu se "desfazer" do animal, pois não tinha ideia de como tratá-lo.</p> <p>A equipe técnica do CETAS recebeu a doação do animal, que foi prontamente examinado clinicamente e foram coletadas amostras de sangue e fezes para exames complementares.</p> <p>Como realizar coleta de sangue desse animal?</p>
5. Resolução da SP	Em quelônios, pode-se utilizar venopunção jugular ou no seio venoso supraoccipital, localizado caudalmente ao osso occipital.



Lembre-se

Nesses animais, os vasos linfáticos acompanham os vasos sanguíneos então, quando se realiza punção periférica, pode haver mistura de linfa

com sangue na coleta. Na venopunção jugular existe menor risco de hemodiluição com a linfa.



Faça você mesmo

Se fosse necessário coletar sangue de uma serpente, em qual local você faria a punção?

Faça valer a pena!

1. Quais são os órgãos que em alguns vertebrados podem contribuir, junto com os rins, para eliminação de resíduos corpóreos?

- a) Brânquias, pulmões, pele, partes do aparelho digestório e diversas glândulas de sal.
- b) Fígado e pâncreas.
- c) Coração e brânquias.
- d) Pele e fígado.
- e) Glândulas de sal e pâncreas.

2. Quais são os tipos de rins que se desenvolvem nos embriões dos vertebrados?

- a) Túbulos néfricos craniais e caudais.
- b) Rim cranial e rim caudal.
- c) Glomérulo dorsal e glomérulo ventral.
- d) Pronefro, mesonefro e metanefro.
- e) Néfron proximal e néfron distal.

3. Qual é o tipo de rim mais primitivo, que está presente durante o desenvolvimento embrionário dos vertebrados, entretanto não é funcional no adulto de nenhum deles?

- a) Néfron proximal.
- b) Pronefro.
- c) Glómerulo primordial.
- d) Metanefro.
- e) Néfron primordial.

Referências

- CARVALHO, Haley Silva de et al. **Anatomia do sistema porta renal e suas implicações no emprego de agentes anestésicos na contenção de avestruzes (*Struthio camelus*)**. Cienc. Rural, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1688-1694, dez. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600028>>. Acesso em: 13 jan. 2016.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. **Análise da estrutura dos vertebrados**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2013.
- ISHIKAWA, M. M. et al. **Procedimentos básicos para colheita de sangue em peixes**. Embrapa - Circular técnica. Dourados. jul. 2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/874164/1/CT201017.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- KARDONG, Kenneth V. **Vertebrados: anatomia comparada, função e evolução**. São Paulo: Roca, 2011.
- ORR, Robert. **Biologia dos vertebrados**. São Paulo: Roca, 2009.
- RANDALL, David; BURGGREN, Warren; FRENCH, Kathleen. **Eckert Fisiologia animal: mecanismos e adaptações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente**. São Paulo: Santos, 2011.
- TAVANO, P. T. **Anatomia comparada do coração dos vertebrados: aspectos filogenéticos dos vertebrados e ontogenéticos da espécie humana**. 2007. Disponível em: <<http://nead.uesc.br/arquivos/Biologia/modulo2/reoferta/anatomia-coracao-vertebrados.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2016.
- THRALL, M. A. et al. **Hematologia clínica veterinária**. São Paulo: Roca, 2006.

MORFOFISIOLOGIA DOS APARELHOS RESPIRATÓRIO E DIGESTÓRIO COMPARADA ENTRE OS DIFERENTES GRUPOS ANIMAIS

Convite ao estudo

Caro aluno,

Estamos iniciando a última unidade da disciplina Morfisiologia Animal Comparativa 2 e agora estudaremos os aparelhos respiratório e digestório dos vertebrados.

Você vai observar muitas diferenças na morfofisiologia do aparelho respiratório dos animais, uma vez que as formas de obtenção do oxigênio são realizadas de formas distintas na água e no ambiente terrestre. O aparelho digestório de cada animal é adaptado ao tipo de alimentação recebida, então também há diferenças entre as espécies animais.

A competência geral da disciplina é conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.

A competência técnica é conhecer os órgãos urinários, sistema cardiovascular, aparelhos respiratório e digestório dos diferentes tipos de animais com suas particularidades para identificar cada grupo.

Os objetivos específicos de aprendizagem da unidade são:

- conhecer a anatomia e fisiologia do aparelho respiratório;
- aprender anatomia e fisiologia do aparelho digestório nos vertebrados;
- estudar anatomia e fisiologia das glândulas anexas ao aparelho digestório.

Por fim, teremos uma aula prática, onde irão conhecer os componentes anatômicos dos sistemas respiratório e digestório e verificar as suas respectivas diferenças entre os vertebrados, sempre relacionando com o ambiente onde vivem.

Com o objetivo de mostrar a possibilidade de aplicação dos conhecimentos acadêmicos em sua prática profissional, continuaremos utilizando como Situação da Realidade (SR) a rotina de trabalho da bióloga Joana em um zoológico. Ela precisa conhecer as características marcantes de cada animal para poder intervir nas adversidades que surgem a cada momento e também adequar os recintos, alimentação e manejo para minimizar os problemas relacionados ao cativeiro e garantir qualidade de vida a esses animais.

Bons estudos!

Seção 4.1

Anatomia e fisiologia do aparelho respiratório

Diálogo aberto

Joana e sua estagiária, Lígia, foram procuradas pela manhã por um dos tratadores do zoológico, que disse que uma arara-canindé (*Ara ararauna*) está muito quieta no recinto, afastada dos outros animais, que tem se alimentado pouco e está respirando de uma forma esquisita, com o bico aberto.

Elas foram buscar o animal, junto com o tratador, e encaminharam ao setor veterinário do zoológico para que pudesse ser examinada clinicamente.

Joana já adiantou para Lígia que acredita que a ave esteja com algum problema respiratório. Cheia de dúvidas sobre as características morfofuncionais das aves, a estagiária fez algumas perguntas a Joana, enquanto estavam levando o animal para ser atendido pelo médico veterinário.

As aves podem ter problemas respiratórios, assim como a gente?

Um problema respiratório em aves pode ser grave? Essa ave corre risco de morrer?

Existem diferenças entre os aparelhos respiratórios dos vertebrados?

Como ocorrem as trocas gasosas nos peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos?

Não pode faltar

As células dos organismos animais utilizam oxigênio (O_2) e liberam dióxido de carbono (CO_2); nos unicelulares, a absorção de O_2 e a liberação de CO_2 ocorrem facilmente por difusão através da superfície corpórea, já os animais maiores precisam de estruturas específicas que possibilitem essa troca de gases entre o ambiente externo e o interno.

Os vertebrados apresentam então um aparelho respiratório, composto por órgãos responsáveis por realizar as trocas gasosas com o ambiente onde vivem no processo em que chamamos de respiração externa.



Refleta

Para você ter ideia da importância da respiração para os seres vivos, nós conseguimos sobreviver vários dias sem ingerir água e alimentos, mas não sobrevivemos por muitos minutos sem respirar.

E por que não conseguimos sobreviver?

Os vertebrados apresentam um mecanismo de obtenção de energia aeróbio, eles utilizam gases nas reações que levam à formação da molécula de ATP (adenosina trifosfato), que é essencial para manutenção de energia.

Como existem vertebrados que vivem no meio aquático e no terrestre, é de esperar que existam diferentes órgãos responsáveis pelas trocas gasosas, de acordo com o ambiente onde vivem. Em alguns animais existem as brânquias, em outros os pulmões e em alguns a superfície da pele também participa das trocas gasosas.

O O_2 e o CO_2 são transportados pelo sistema cardiovascular, que possibilita que ocorram as trocas de gases com os tecidos. Esse processo é chamado de respiração interna ou celular, que é um processo oxidativo que promove a produção de energia.



Assimile

Respiração externa – troca de gases com o ambiente externo.

Respiração interna – troca de gases com os tecidos.

Conforme já vimos, quando estudamos o sistema cardiovascular, nos eritrócitos existe a hemoglobina, que é a proteína responsável pelo transporte dos gases. Quando um animal tem diminuição no número de eritrócitos, ele apresenta anemia e pode demonstrar sinais de cansaço fácil, pois com menos eritrócitos terá menor quantidade de hemoglobina e conseqüentemente menor quantidade de oxigênio circulante.

A quantidade de O_2 disponível no ambiente onde o animal vive, bem como a densidade e viscosidade do meio, está relacionada com a forma pela qual ele respira. No ar existe pelo menos 20 vezes mais O_2 do que na água; sendo assim, peixes e aves captam O_2 de diferentes maneiras.



Exemplificando

A água é 50 vezes mais viscosa que o ar, então, o trabalho necessário para bombear é maior.



Assimile

O processo físico responsável pelo movimento de O_2 do meio externo para as células é a **difusão**, em que uma substância passa de uma concentração maior para uma menor. O movimento de CO_2 na direção oposta também segue os gradientes de concentração.

A **difusão** pode ser auxiliada por **movimento em massa**, tal como o movimento do ar entrando e saindo dos pulmões, mas os gradientes de concentração continuam sendo a forma principal de movimentação dos gases respiratórios.

O epitélio respiratório úmido e a sua permeabilidade facilitam a difusão de gases; para os animais aquáticos, o próprio meio garante esta umidade, mas e os animais terrestres, como resolveram este problema?

Eles tiveram que minimizar a perda de água, para evitar a evaporação desnecessária a partir das superfícies respiratórias; elas não devem ficar expostas livremente ao ar externo, então passaram a ficar protegidas dentro do corpo.

Esta alta permeabilidade facilita o processo de difusão, mas também pode permitir perdas de substâncias importantes para o organismo.



Refleta

O maior revés da respiração aérea é a evaporação da água. Os pulmões, que são órgãos especializados em realizar trocas gasosas, são localizados internamente, o que limita o acesso do ar externo.

A troca de gases através de superfície corpórea é possível somente em habitat úmido.

Vamos fazer uma análise comparativa do processo da respiração nos diferentes animais?

Os animais pequenos, como esponjas, cnidários, protozoários e alguns vermes realizam a sua troca gasosa por difusão direta, sem órgãos respiratórios específicos. À medida que aumenta o tamanho dos animais, ocorre a necessidade das brânquias e/ou pulmões, pois a respiração cutânea deixa de ser eficiente.

No meio aquático, existem as brânquias, que são compostas por vários **filamentos branquiais** intimamente associados a capilares sanguíneos, que levam o sangue na direção oposta do fluxo da água com os gases, extraindo desta forma o O_2 da água. A própria locomoção do animal no ambiente aquático otimiza a passagem da água pelas brânquias. Alguns peixes associam movimentos bucais, que também facilitam o direcionamento da água para as brânquias. Para que as trocas gasosas sejam adequadas, são necessários uma alta velocidade de fluxo de água e um estreito contato entre água e brânquia.



Refleta

As brânquias dependem da viscosidade da água para captarem o O_2 , quando um peixe é retirado da água, ocorre o colapamento dos filamentos branquiais e ele morre por falta de O_2 , mesmo o ar tendo muito mais disponibilidade de O_2 .

As brânquias funcionam muito bem em águas frias e correntes, mas águas quentes e estagnadas retêm menos O_2 , e os peixes que vivem em áreas de brejos têm dificuldade de suprir suas necessidades de O_2 somente com as brânquias, então eles mudam, pelo menos em parte, para uma respiração aérea.

Alguns peixes, em resposta à diminuição do O_2 na água, nadam para a superfície para aspirar uma bolha de ar pela boca e com isso melhorar suprimento de O_2 .

Outros peixes já são mais adaptados à respiração aérea, são os chamados peixes pulmonados, e apresentam estruturas que já podem ser chamadas de pulmões.



Exemplificando

Mais de 20 gêneros de peixes ósseos respiram ar habitualmente.

Os pulmões foram aumentando sua área e importância nas trocas de gases durante a evolução.

Os pulmões típicos dos tetrápodes diferem dos pulmões dos peixes por diversas características:

- Por serem pares;
- Por apresentarem uma maior relação entre superfície e volume;
- Unir-se à parte ventral do tubo digestório por meio de tubo chamado traqueia;
- Por receberem sangue com baixo teor de oxigênio;
- Por retornar sangue oxigenado diretamente ao coração sem misturá-lo com o sangue de outros órgãos.

A principal tendência evolutiva dos pulmões tem sido a adaptação a um maior tamanho corpóreo ou ao aumento da taxa metabólica por meio da compartimentalização do órgão.

Os Anura têm pulmões grandes, mas curtos, o interior é um saco aberto, porém as paredes possuem divisões. A traqueia é muito curta e divide-se em dois brônquios também curtos, cada um deles se abre no ápice de um pulmão. O epitélio desses ductos é ciliado, sendo capaz de reter partículas. Cartilagens auxiliam na sustentação das paredes da traqueia e brônquios, evitando seu colapso. A abertura da traqueia na faringe é chamada glote, que é uma fenda limitada lateralmente por um par dorsal de cartilagens aritenoides, que suportam as pregas vocais, e por um par ventral, frequentemente fundido de cartilagens cricoides. Essas cartilagens em conjunto formam a laringe, estrutura característica dos tetrápodes.

Os Apoda possuem corpo longo e alongado, geralmente retêm apenas o pulmão direito, mas suas larvas possuem os dois pulmões; nos demais aspectos, seu aparelho respiratório é semelhante ao dos Anura.

Os pulmões dos Urodela regrediram, e a maioria das espécies perdeu inteiramente seus pulmões. Quando presentes, frequentemente são longos sacos delgados com paredes lisas, com função respiratória diminuída, e atuam como órgãos hidrostáticos; pele ou brânquias é que assume a função respiratória.

Os pulmões dos répteis são grandes e variáveis; nos animais de corpo alongado, como as serpentes, um dos pulmões pode estar reduzido ou ser rudimentar. Pode existir somente uma câmara em cada pulmão e uma repartição limitada das paredes, como na maioria dos lagartos, mas os répteis maiores (tartarugas e crocodilianos) possuem pulmões com compartimentos e repartições ao longo de suas paredes. A traqueia e os brônquios são mais longos que nos anfíbios e

sustentados por anéis cartilagosos fechados ou abertos dorsalmente. A laringe apresenta as cartilagens cricoide e aritenoide, as pregas vocais estão presentes somente em alguns lagartos. Muitos répteis sibilam quando o ar passa lentamente através da glote, em cuja margem pode existir uma lâmina produtora de sons.

O aparelho respiratório dos mamíferos apresenta estruturas extratorácicas e intratorácicas. Inicia-se com as narinas, por onde o ar entra e segue para as cavidades nasais, que são separadas com um septo mediano, são bastante vascularizadas, e têm como função preparar o ar (filtrando, umidificando e aquecendo) antes de chegar aos pulmões. Associados às cavidades nasais estão os seios paranasais, que são ossos da cabeça revestidos por mucosa e preenchidos por ar, a inflamação na mucosa desses seios paranasais resulta na chamada sinusite.

Depois da cavidade nasal, o ar segue para a faringe e então atinge a laringe, formada por um conjunto de cartilagens, passando para a traqueia, que é um tubo com anéis cartilagosos. Da traqueia o ar atinge os brônquios, que penetram no parênquima pulmonar, onde estão localizados os alvéolos.

Os pulmões dos mamíferos estão localizados na cavidade torácica e são amplamente divididos em pequenos sacos delicados, são os alvéolos pulmonares, que aumentam a área disponível para as trocas gasosas. A parede dos alvéolos é extremamente fina e ricamente vascularizada, justamente para facilitar a difusão dos gases.

Como funciona a mecânica da respiração nos mamíferos, como o ar entra e sai dos pulmões nesses animais?

Nos movimentos de inspiração e expiração, existe a participação de músculos, principalmente o diafragma e os músculos intercostais. O diafragma é um músculo presente somente nos mamíferos que separa a cavidade torácica da cavidade abdominal.

Na inspiração ocorre a contração do diafragma e dos músculos intercostais e isso faz com que ocorra um aumento do volume dentro da cavidade torácica; com isso a pressão dentro dela e nos pulmões diminui, então a diferença de pressão entre a atmosfera e o pulmão impulsiona o ar para dentro.

Na expiração, o diafragma e os músculos intercostais relaxam, e o volume da cavidade torácica diminui, aumentando a pressão, agora então com a pressão maior dentro dos pulmões ocorre a expulsão do ar.



Assimile

Inspiração – os músculos contraem – ↑ volume da caixa torácica – ↓ pressão dentro dos pulmões – entrada do ar.

Expiração – os músculos relaxam – ↓ volume da caixa torácica – ↑ pressão dentro dos pulmões – saída do ar.

Alguns mamíferos são aquáticos e apresentam algumas adaptações que permitem a respiração pulmonar, mesmo vivendo na água. Os peixes-bois, que pertencem à ordem dos Sirênios, apresentam abas que fecham suas narinas quando estão submersos. As focas e leões-marinhos, que conseguem mergulhar a grandes profundidades sem sofrer privação de oxigênio, reduzem consideravelmente a frequência do pulso enquanto mergulham.

Os mamíferos que mergulham mais profundamente são os cetáceos, eles conseguem resistir à pressão e segurar a respiração por muito tempo. Durante o mergulho, a frequência cardíaca é reduzida e grande parte do sangue é desviada da pele, musculatura e da região caudal para assegurar suprimento para coração e encéfalo. As “narinas” dos cetáceos estão localizadas do topo da cabeça, e recebem o nome de espiráculo, que se abrem somente quando os animais chegam à superfície, ficando protegidos por “abas” que se fecham quando mergulham.

As aves apresentam um aparelho respiratório peculiar em estrutura, função e eficiência, o que lhes garante alta atividade e taxa metabólica.

As narinas são a entrada da cavidade nasal, que é dividida por um septo, como nos mamíferos, e as aves também apresentam seios nasais, que estão muito próximos ao globo ocular; sendo assim, quando estão inflamados, nos quadros de sinusites, o globo ocular também pode ser acometido.

A glote das aves também se abre na laringe, mas a laringe delas não é um órgão produtor de som, ela modula os sons produzidos na siringe, localizada na extremidade inferior da traqueia, onde ela se bifurca para formar os brônquios direito e esquerdo. A siringe é constituída por uma série de membranas que vibram. Algumas aves, como os urubus e avestruzes, não possuem siringe.

As aves possuem pulmões pequenos, compactos, rígidos e não conseguem se expandir como os pulmões dos mamíferos. Eles estão aderidos à parede dorsal do corpo e unidos a grandes sacos aéreos que servem para ventilá-los. Na maior parte dos pulmões, o ar se move em uma direção, diferentemente do que ocorre nos

outros vertebrados, em que o ar se movimenta para dentro e para fora ao longo das mesmas vias. Os sacos aéreos não são revestidos por epitélio respiratório, servem como reservatório de ar e se comunicam com alguns ossos pneumáticos, como úmero, esterno e vértebras. Elas não possuem alvéolos, como os mamíferos, as trocas gasosas acontecem nos capilares aéreos.

A mecânica da respiração nas aves é diferente da dos mamíferos, as ramificações mais finas dos brônquios terminam nos parabrônquios, onde ocorrem as trocas gasosas e estão localizados os capilares aéreos. Para que o ar inspirado complete seu trajeto e realize as trocas gasosas, são necessários dois ciclos respiratórios: duas inspirações e duas expirações.

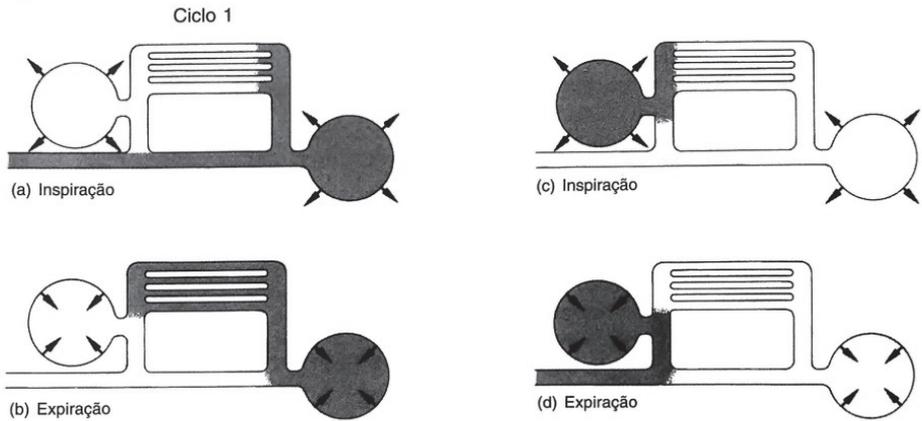
Os sacos aéreos são vários, mas neste momento, para que você possa compreender o funcionamento da respiração das aves, vamos dividi-los em dois grupos: sacos aéreos craniais e caudais.

Na primeira inspiração, o ar vem pela traqueia, que se divide em dois brônquios, um para cada pulmão e segue para os sacos aéreos caudais, aí ocorre a primeira expiração, então o ar sai dos sacos aéreos caudais e se dirige para os pulmões, onde estão os parabrônquios e ocorrem então as trocas gasosas; a seguir temos a segunda inspiração, quando o ar sai dos pulmões e segue para os sacos aéreos craniais e na segunda expiração ele é eliminado daí para o exterior.

Como esses ciclos são contínuos, na inspiração, ao mesmo tempo que o ar está entrando e sendo direcionado aos sacos aéreos caudais, o ar remanescente, da respiração anterior que estava nos parabrônquios fazendo as trocas gasosas, é direcionado aos sacos aéreos craniais, e na expiração, no momento em que o ar dos sacos aéreos caudais é direcionado aos parabrônquios para as trocas gasosas, o ar da respiração anterior que estava nos sacos aéreos craniais é expulso para o ambiente (Figura 4.1).

Como as aves não possuem diafragma, a respiração se faz à custa de movimentos das costelas e do osso esterno. A respiração parece ser sincronizada com os movimentos das asas, durante o voo. Muito cuidado no momento da contenção de uma ave: um impedimento da movimentação do esterno poderá causar a morte do animal.

Figura 4.1 | Representação esquemática da respiração nas aves



Fonte: Schmidt-Nielsen (2011, p. 68).



Pesquise mais

Quer saber mais sobre morfofisiologia respiratória das aves? Leia o capítulo do livro abaixo.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. Anatomia das aves. In: _____. **Tratado de anatomia veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.



Faça você mesmo

Quais os cuidados que precisamos ter no momento da contenção de uma ave, para que ela não tenha uma parada respiratória?

Sem medo de errar!

Vamos agora aplicar os conhecimentos obtidos nesta seção para responder os questionamentos feitos pela estagiária Lígia a Joana.

As aves podem ter problemas respiratórios, assim como a gente?

Sim, as aves podem apresentar alterações clínicas nas diversas estruturas respiratórias, como acontece conosco, até mesmo sinusite e pneumonia elas costumam apresentar com frequência.



Lembre-se

Você se lembra dos sacos aéreos? Eles também podem ser acometidos por processos inflamatórios e/ou infecciosos, chamamos de aerossaculite.

Um problema respiratório em aves pode ser grave? Essa ave corre risco de morrer?

Em geral os problemas respiratórios são graves sim, e a ave corre risco de morrer.



Atenção!

O oxigênio é fundamental para sobrevivência dos vertebrados; por isso, qualquer problema que comprometa o funcionamento dos órgãos respiratórios pode levar o animal à morte.

E o que será que está acontecendo com a arara-canindé?

Como ela tinha uma pneumonia, associada à aerossaculite, o diagnóstico foi feito por meio de exame clínico associado à radiografia e de cultivo microbiológico de secreções do animal. Mas ela foi tratada, se reestabeleceu, e está novamente vivendo em seu recinto após ter recebido todos os cuidados necessários.

As aves, com suas particularidades morfológicas e fisiológicas, são bastante predispostas a doenças respiratórias, sobretudo de origem microbiológica.

Como existem vertebrados que vivem no meio aquático e no terrestre, é de esperar que existam diferentes órgãos responsáveis pelas trocas gasosas, de acordo com o ambiente onde vivem. Em alguns animais existem as brânquias, em outros os pulmões e em alguns a superfície da pele também participa das trocas gasosas.

Avançando na prática

Pratique mais!	
Instrução Desafiemos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.	
“Sinusite em papagaio”	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Anatomia e Fisiologia do Aparelho Respiratório.
3. Conteúdos relacionados	Vias aéreas dos vertebrados.
4. Descrição da SP	Foi trazido para a clínica veterinária do zoológico um papagaio (<i>Amazona aestiva</i>) que apresentava um aumento de volume próximo do globo ocular direito, um aumento de secreção ocular, dificuldade respiratória, ficava o tempo todo com o bico aberto, bastante inquieto. O que esse animal tem?
5. Resolução da SP	O animal apresenta sinusite e pneumonia infecciosa, diagnosticada por meio do exame clínico, raio-X e cultura microbiológica.



Lembre-se

As aves apresentam seios nasais muito próximos ao globo ocular; sendo assim, quando estão inflamados, nos quadros de sinusites, o globo ocular também pode ser acometido.



Faça você mesmo

Por que um comprometimento importante dos órgãos respiratórios coloca o animal em risco de morte?

Faça valer a pena

1. As células dos organismos animais utilizam oxigênio (O_2) e liberam dióxido de carbono (CO_2). Como ocorre esse processo em animais unicelulares?

- Através da superfície da pele, por meio de transporte passivo.
- Através das brânquias, por difusão.
- Através da superfície da pele, por difusão.

- d) Através dos parabrônquios.
- e) Através dos pulmões, por difusão.

2. Os vertebrados são animais que apresentam diferentes órgãos responsáveis pelas trocas gasosas, de acordo com o ambiente onde vivem. Quais são esses órgãos?

- a) Traqueia e pulmões.
- b) Brônquios e superfície da pele.
- c) Laringe e pulmões.
- d) Brânquias, pulmões e em alguns a superfície da pele.
- e) Faringe e brânquias.

3. O oxigênio e gás carbônico são transportados pelo sistema cardiovascular, que possibilita que ocorram as trocas de gases com os tecidos. Quem é responsável pelo transporte desses gases?

- a) A protombina, proteína dos trombócitos.
- b) A interleucina, proteína dos leucócitos.
- c) A protombina, proteína das plaquetas.
- d) A hemoglobina, proteína dos eritrócitos.
- e) A hemoglobina, proteína dos leucócitos.

Seção 4.2

Anatomia e fisiologia do aparelho digestório

Diálogo aberto

Hoje a equipe toda do zoológico está envolvida com o tratamento dentário a que será submetido o tigre siberiano (*Panthera tigris altaica*).

O animal chegou ao zoológico após ser apreendido pelo IBAMA em um criatório clandestino, sem registro no órgão, portanto, sem autorização para criação de animais selvagens. Quando foi apreendido, vivia em um recinto inadequado, sem condições de espaço, alimentação e higiene necessários para que pudesse viver adequadamente, estava magro e apresentava fratura na coroa dos dentes caninos superior e inferior esquerdo.

Ele foi recebido no zoológico, que acionou a equipe de médicos veterinários especialistas em odontologia animal para a realização do tratamento dentário adequado.

Os problemas dentários em animal de cativeiro são comuns?

Eles podem afetar a alimentação dos animais?

Como são os dentes dos vertebrados?

Não pode faltar

Os animais precisam dos alimentos para a obtenção de energia consumida na realização de processos vitais. As plantas utilizam energia solar e o dióxido de carbono da atmosfera para sua sobrevivência. Todos os animais utilizam compostos químicos para fornecer energia e materiais estruturais, eles devem obtê-los dos vegetais ou de outras substâncias orgânicas.

A disponibilidade de recursos está relacionada com a sobrevivência, permanência e reprodução dos animais em um determinado habitat.

Nos vertebrados, o aparelho digestório tem duas aberturas: a boca e o ânus, entre as quais fica o canal alimentar. Além do canal alimentar, existe ainda um conjunto de glândulas anexas ao aparelho digestório, que são as glândulas salivares, o fígado e o pâncreas, que serão estudadas na próxima seção, 4.3.

O alimento é ingerido pela boca e em seu percurso por todo o canal alimentar sofre ação das enzimas digestivas. Os produtos solúveis finais da digestão são absorvidos e, no final, o material que não foi digerido é expelido pelo ânus.



Assimile

No processo de alimentação, há três aspectos distintos, apesar de interligados: **captura de alimentos**, **digestão** e **absorção dos nutrientes**.

A **captura** depende da natureza do alimento e do animal, mas é o processo com o qual o animal realiza a captação de seu alimento. Na **digestão**, ocorre a decomposição de moléculas grandes e complexas presentes no alimento em moléculas menores que possam ser absorvidas e disponibilizadas para ser utilizadas no organismo. Este processo é executado com o auxílio das enzimas. A **absorção de nutrientes** ocorre nas porções finais do aparelho digestório, após ação das enzimas e redução dos nutrientes em moléculas pequenas, que são transportadas pelos vasos sanguíneos até as células.

Muitos animais aquáticos utilizam **mecanismos de filtração** na captura de alimentos, vários peixes usam brânquias modificadas para separar o alimento do fluxo de água que passa através da boca e pelas brânquias, as baleias também utilizam a filtração para sua alimentação, apresentam como estruturas filtradoras uma série de placas córneas anexadas à maxila e pendentes bilateralmente. Pássaros, como os flamingos, também utilizam a filtração para capturar organismos aquáticos em seu hábitat.

Quando o volume da massa alimentar é maior, aumenta a variedade de mecanismos e estruturas responsáveis pela captação. A maioria dos animais ocupa grande parte do comportamento alimentar na obtenção de comida em quantidade e qualidade adequadas. A morfologia e a fisiologia dos animais são o resultado de uma seleção natural que favorece a aquisição de energia do alimento, enquanto evita que eles próprios se tornem alimentos de outros animais.

A **mastigação** e **raspagem** também são métodos mecânicos de captura, desde insetos e outros invertebrados até vertebrados herbívoros e carnívoros. O alimento é capturado, rasgado, cortado ou mastigado antes de ser engolido. Vale ressaltar que alguns carnívoros engolem suas presas inteiras.

A boca e a cavidade oral podem ter diferentes tipos de mandíbulas e dentes – no caso das aves, o bico –, que servem para quebra mecânica do alimento em partículas menores, tornando-o mais exposto à ação das enzimas digestivas. Os dentes possuem grande importância no estudo de morfologia comparada dos vertebrados, pois sua durabilidade permite ser um importante registro fóssil e sua estrutura é tão adaptada, que a dieta de um animal pode ser determinada pela sua forma. Os dentes parecem ter evoluído a partir dos denticulos liberados da carapaça, próximos à margem da boca, à medida que a ossificação do tegumento foi reduzida gradualmente.

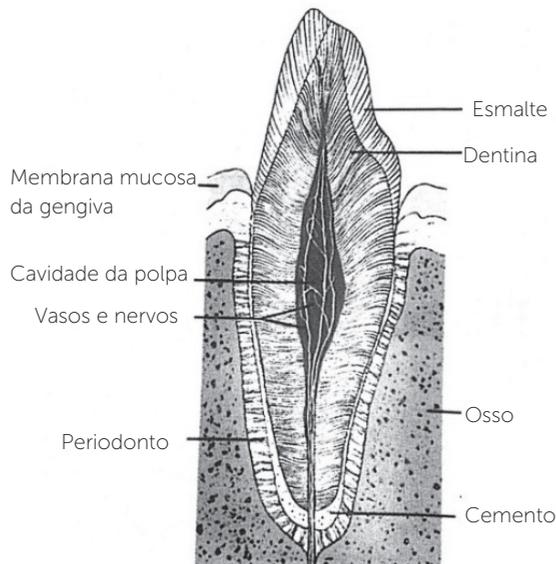


Refleta

Especialistas conseguem identificar a maioria dos mamíferos a partir de um único dente molar.

A porção do dente que fica exposta, sujeita ao desgaste, é a coroa, a raiz se encontra sob a gengiva e é usualmente ancorada à mandíbula. A maior parte do dente é constituída por dentina, que é um tecido conjuntivo mineralizado, rico em cálcio, o que torna os dentes mais duros que os ossos. A cavidade da polpa contém vasos sanguíneos e nervos. A coroa é revestida por esmalte e a raiz por uma fina camada de cimento, embora alguns dentes especializados em maceração possuam cimento em suas coroas (Figura 4.2).

Figura 4.2 | Desenho esquemático de corte longitudinal de um dente incisivo de mamífero



Fonte: Hildebrand e Goslow (2006, p. 172).

A substituição dos dentes é necessária para o crescimento e compensação de desgaste e perdas acidentais. A maioria dos vertebrados substitui seus dentes continuamente e são chamados de polifiodontes; entretanto, a maior parte dos mamíferos e alguns répteis possuem somente duas gerações de dentes, são chamados de difiodontes.

Os ciclostomados possuem dentes cônicos e córneos, a maior parte dos peixes possui dentes altamente variados, numerosos, cônicos ou em forma de lâmina, em geral todos têm a mesma forma e tamanho, por isso são classificados como homodontes.

Os anfíbios modernos tendem a possuir menos dentes que seus ancestrais, são dentes pequenos e simples. Muitos Anura*, por exemplo, não possuem nenhum dente.

Muitos répteis são homodontes (Figura 4.3), a maioria é polifiodonte, mas as tartarugas, como não possuem dentes, são anodontes.

Figura 4.3 | Fotografia da dentição do crocodilo, animal homodonte



Fonte: <<http://www.istockphoto.com/photo/teeth-gm153053747-21439113?st=6639af2>>. Acesso em: 17 fev. 2016

As serpentes peçonhentas, como víboras, najas e cascavéis, têm dentes modificados, chamados presas, que são utilizadas para injetar o veneno (peçonha). Essas presas apresentam um canal por onde sai o veneno.

As aves extintas tinham dentes, mas as atuais não possuem, apresentam o bico córneo, de diferentes tamanhos e formas, que evoluíram para adaptar cada espécie à sua fonte de alimento e aos métodos de obtê-lo. As aves de rapina capturam suas presas com suas garras e bicos.

A maior parte dos mamíferos possui dentes com forma e função distintas, essa dentição é **heterodonte** e esse avanço está relacionado com a mastigação. A maior parte dos vertebrados não mamíferos utiliza os dentes para segurar o alimento e então ele é rapidamente engolido. Os mamíferos também seguram o alimento com os dentes, mas, além disso, geralmente rasgam, maceram e mastigam seu alimento.



Refleta

Essas “novas funções” têm grande importância, pois aumentam a área de superfície de alimento ingerido, em alguns casos remove porções indigestas, acelerando a digestão e aumentando a diversidade de alimentos que podem ser aproveitados.

Os heterodontes apresentam dentes com formas diferentes:

- Incisivos – com a função principal de segurar o alimento e algumas vezes para limpar; no caso dos roedores são bastante desenvolvidos e utilizados para roer; nos elefantes eles estão modificados em um par de presas;
- Caninos – são dentes pontiagudos, utilizados para cortar e rasgar os alimentos, bastante desenvolvidos nos mamíferos carnívoros;
- Pré-molares e molares – têm a função de moer os alimentos.

A cavidade oral dos peixes ósseos e cartilagosos pode ser variada, eles apresentam uma língua firme e pouco móvel, e como o alimento dos peixes sempre está molhado, não precisam de outra lubrificação, então existem poucas células mucosas no lugar de glândulas orais.

Os tetrápodes precisam aumentar a lubrificação oral, a língua está presente e é bastante móvel, mas pode ser fixa e firme em aves e alguns répteis. Alguns animais utilizam a língua na captura de alimentos e ainda em sua manipulação durante a mastigação, na deglutição e para controle dos sons.

Após a deglutição, o alimento ingerido segue para a porção tubular do aparelho digestório, que se inicia com a faringe, depois o esôfago, de onde o alimento segue para o estômago, a porção geralmente dilatada do aparelho digestório, que está relacionada com a armazenagem do alimento e também a digestão. Na maioria dos vertebrados, o estômago tem grande importância na digestão das proteínas, e a principal enzima presente é a pepsina, que age melhor em meio ácido, por isso o estômago contém células que secretam ácido clorídrico.

Nos peixes, anfíbios e répteis, o estômago pode ser retilíneo ou curvo e em alguns peixes pode até estar ausente; nos crocodilianos é muito musculoso e arredondado. Nas aves, o estômago apresenta duas partes, a mais cranial é o proventrículo, que é glandular e produz enzimas digestivas, a porção caudal é chamada de ventrículo ou moela, apresenta revestimento córneo e é muito musculosa, com função de triturar alimentos duros.

Os mamíferos podem apresentar ampla variação na forma do estômago, podendo ser simples e saculiforme no homem, roedores, carnívoros e insetívoros, ou completamente compartimentalizado, como é o caso dos ruminantes, cujo estômago apresenta várias câmaras.

O estômago é seguido de um tubo oco, o intestino, no qual a digestão prossegue e ocorre a absorção dos produtos da digestão, principalmente: açúcares simples, glicerol, ácidos graxos e aminoácidos. O comprimento do intestino varia muito entre os vertebrados e é subdividido em outras partes, as porções mais caudais estão relacionadas com a absorção e na porção final encontra-se o ânus, responsável por expelir o material remanescente do processo digestivo em forma de fezes.

Os intestinos apresentam algumas características que aumentam a sua superfície, na maioria dos vertebrados são enrolados, apresentam pregas circulares no seu revestimento interno, que podem estar ausentes em alguns vertebrados pequenos, e possuem ainda vilos e microvilos.

Nos tetrápodes, as células epiteliais desenvolvem-se nas criptas existentes entre os vilos e migram até o ápice dos vilos, onde se desprendem para a luz do intestino, levando consigo enzimas sintetizadas durante a sua migração; assim, uma variedade de enzimas capazes de quebrar moléculas de gorduras, proteínas e carboidratos são liberadas. Existem ainda algumas células caliciformes esparsas que liberam muco. Hormônios que influenciam as atividades do trato digestório também podem ser secretados. A absorção dos produtos da digestão é um processo complexo e ativo que pode ser completado no interior do citoplasma das células intestinais.

O intestino dos ciclóstomos estende-se sem curvas, nos peixes ósseos já encontramos algumas curvas, os peixes de nadadeiras raiadas apresentam alguns divertículos junto ao estômago, chamados cecos pilóricos.

Os girinos possuem intestino longo e enrolado, mas os anfíbios adultos têm um trato digestório relativamente curto e simples, como nos demais tetrápodes; um intestino delgado enrolado é distinto de um intestino grosso mais curto.

Na maioria dos répteis, os intestinos são moderadamente enrolados, mas nas serpentes é retilíneo. Nas aves o intestino delgado é longo, com várias dobras e

pregas e o intestino grosso é curto, em geral elas apresentam dois cecos cólicos, e a cloaca, comum aos sistemas digestório e urogenital, abre-se para o exterior no ânus.

Os mamíferos apresentam grande variação na morfologia de seus intestinos, nos carnívoros e insetívoros são curtos e nos herbívoros e mamíferos marinhos são muito longos. A dieta dos carnívoros é bastante rica, então eles precisam ingerir um menor volume de alimentos para conseguirem obter a energia necessária, por isso seu intestino é mais curto. Já os herbívoros precisam ingerir um grande volume de alimentos diariamente, pois sua dieta possui baixo valor nutritivo, então apresentam intestinos mais longos, quando comparados ao dos carnívoros.

Os vertebrados não conseguem digerir a celulose presente nas células vegetais; para que ela possa ser utilizada como alimento, no caso dos mamíferos herbívoros, eles precisam de uma câmara de fermentação, onde estão presentes microrganismos simbióticos, bactérias e protozoários que irão biodisponibilizar os nutrientes a eles. Os produtos derivados são ácidos graxos de cadeias curtas, dióxido de carbono e metano. Os compostos nitrogenados são transformados em amônia, a partir da qual os microrganismos sintetizam suas próprias proteínas. Estes próprios microrganismos também acabam sendo utilizados como fonte de proteínas e outros nutrientes.



Exemplificando

Os ruminantes domésticos – bovinos, caprinos e ovinos – são herbívoros e apresentam o rúmen como câmara de fermentação, onde se localizam os microrganismos simbióticos. O rúmen é uma das cavidades de seu estômago, que possui outras três: retículo, omaso e abomaso. No abomaso é realizada a digestão química.



Vocabulário

Simbiose: é uma relação mutuamente vantajosa entre dois ou mais organismos vivos de espécies diferentes. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Simbiose>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

Os vertebrados carnívoros ingerem alimento nutritivo, mas frequentemente comem uma grande refeição rapidamente, uma presa grande pode ser devorada inteira, pois eles necessitam de uma estocagem temporária e apresentam estômago bastante distensível, é o caso dos mamíferos e répteis.

Os onívoros, como ratos, porcos e humanos, ingerem uma dieta variada de acordo com o paladar e a oportunidade. Os alimentos vegetais selecionados em geral são nutritivos, como fungos, frutos, nozes e sementes, a digestão é um pouco mais lenta e os intestinos tendem a ser um pouco mais longos do que o dos carnívoros.

O trânsito alimentar dentro do aparelho digestório ocorre em razão da motilidade. A motilidade é importante na função digestiva, pois permite a propulsão do alimento ao longo do canal alimentar e também a expulsão final do material fecal, e é responsável também por misturar o alimento com secreções digestivas e misturar continuamente o conteúdo, de maneira a renovar o material em contato com a superfície secretora e absorviva do epitélio de revestimento.

A motilidade ocorre graças à presença de fibras musculares lisas na parede dos órgãos que compõem a porção tubular do digestório: esôfago, estômago e intestino, que permite a contração desses órgãos. Essas fibras musculares lisas estão sob o comando do sistema nervoso visceral, você se lembra dele? Realiza o controle de todos os sistemas corpóreos.



Pesquise mais

Quer saber sobre o aparelho digestório dos vertebrados?

RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. Adquirindo energia: ingestão de alimentos, digestão e metabolismo. In: _____. **Eckert fisiologia animal: mecanismos e adaptações**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.



Faça você mesmo

Qual a vantagem que a dentição heterodonte proporcionou aos mamíferos?

Sem medo de errar!

Vamos voltar então para zoológico onde Joana trabalha e entender o que está acontecendo com o tigre que apresenta fratura na coroa de seus dentes caninos.

A equipe técnica conclui que os dentes foram fraturados porque o animal roía a grade de sua jaula frequentemente, isso acontecia em razão das péssimas condições a que ele foi submetido, que desencadeou estresse diário.

Os problemas dentários em animal de cativeiro são comuns?

Os problemas dentários são relativamente comuns em animais de cativeiro, podem estar relacionados a situações como a descrita acima e ainda luta entre indivíduos do mesmo recinto ou manejo inadequado.

Eles podem afetar a alimentação dos animais?

Conforme vimos em nossa seção, os dentes são utilizados para captura e mastigação dos alimentos; sendo assim, quando apresentam algum problema, isso pode afetar sua alimentação e ainda causar dor.

Com a fratura do dente, a cavidade da polpa, também conhecida como “canal do dente” fica exposta e existe a possibilidade de entrada de microrganismos no corpo do animal através desta abertura, fica exposto também o nervo do dente, por isso o animal sente dor e isso pode diminuir o seu apetite.

A equipe teve que realizar, então, um “tratamento de canal” nos dentes do tigre, que se recuperou totalmente, voltou a se alimentar e agora vive em um recinto maior e com os cuidados necessários de manejo, espaço e alimentação.

Vimos que existem várias diferenças na dentição dos vertebrados e que existem inclusive vertebrados que nem possuem dentes, como é o caso das aves.



Atenção!

A mastigação é um método mecânico de captura de alimentos, desde insetos e outros invertebrados até vertebrados herbívoros e carnívoros.



Lembre-se

Os mamíferos carnívoros apresentam dentes caninos bastante desenvolvidos que são utilizados para cortar e rasgar os alimentos.

Avançando na prática

Pratique mais!	
Instrução Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.	
“Corpo estranho em trato digestório de tartaruga marinha”	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Aspectos morfofuncionais do aparelho digestório dos vertebrados.
3. Conteúdos relacionados	Tubo digestório dos vertebrados.
4. Descrição da SP	<p>Foi trazida por um turista uma tartaruga marinha (<i>Caretta caretta</i>) em péssimas condições, ele a encontrou boiando no mar, e a princípio achou que ela estivesse morta, mas mesmo assim se aproximou, resgatou o animal e trouxe para a base de uma ONG de proteção de tartarugas localizada na cidade onde encontrou a tartaruga, que foi recebida e examinada pela equipe técnica local, mas infelizmente morreu logo em seguida.</p> <p>O que pode ter causado a morte deste animal? Somente a realização de uma necropsia vai trazer essa resposta.</p>
5. Resolução da SP	<p>Na necropsia do animal, foi encontrado um pedaço de plástico em seu intestino, que causou uma obstrução de seu trato digestório, levando à morte do animal.</p> <p>Infelizmente essas situações são muito comuns em nossas praias, o lixo que chega ao mar acaba sendo ingerido por esses animais, pois são “confundidos” com seus alimentos.</p>



Lembre-se

Já imaginou algum corpo estranho impedindo o trânsito intestinal normal? Se não for retirado rapidamente, leva o animal à morte.



Faça você mesmo

Os chimpanzés (*Pan troglodytes*) eram muito utilizados em circos, no mundo todo, inclusive no Brasil. Nessas explorações comerciais, era muito comum a retirada de todos os dentes desses animais, para diminuir os acidentes com tratadores e treinadores. Hoje existem santuários onde estes animais podem viver e se recuperar de traumas físicos e psicológicos e ainda têm a possibilidade de viver em grupos sociais e até mesmo se reproduzir.

Você acha que a retirada dos dentes pode afetar a alimentação dos chimpanzés?

Faça valer a pena

1. Quais são os três processos de alimentação que, apesar de distintos, são interligados? Assinale a alternativa em que eles aparecem na sequência correta.

- a) Mastigação, absorção e digestão.
- b) Captura, digestão e absorção.
- c) Filtração, absorção e digestão.
- d) Captura, filtração e digestão.
- e) Mastigação, filtração e absorção.

2. Os dentes parecem ter evoluído a partir dos denticulos liberados da carapaça, próximos à margem da boca, à medida que a ossificação do tegumento foi reduzida gradualmente. Em relação à dentição dos vertebrados, assinale a alternativa correta.

- a) Os peixes e anfíbios são homodontes, e os demais vertebrados heterodontes.
- b) Somente os peixes são homodontes, todos os tetrápodes são heterodontes.
- c) A maior parte dos mamíferos é heterodonte; os peixes, anfíbios e répteis são homodontes.
- d) Os répteis e mamíferos são homodontes; peixes e anfíbios são heterodontes.
- e) Somente os mamíferos são homodontes; peixes, anfíbios e répteis são heterodontes.

3. O estômago é a porção geralmente dilatada do aparelho digestório, está relacionada com armazenagem do alimento e também digestão. Em relação ao estômago dos vertebrados, assinale a alternativa correta.

- a) Nos peixes é sempre de grande tamanho.
- b) Nos anfíbios e répteis é sempre retilíneo.
- c) Nas aves, às vezes pode estar ausente.
- d) Nos mamíferos podem ter ampla variação na forma, podendo ser simples e até completamente compartimentalizado.
- e) Nos crocodilianos é retilíneo e com a parede fina.

Seção 4.3

Anatomia e fisiologia das glândulas anexas ao aparelho digestório

Diálogo aberto

Foi recebido hoje no zoológico um papagaio (*Amazona aestiva*) jovem, com 5 anos de idade, que apresentava fezes volumosas e com presença de partículas de gordura.

O proprietário trouxe o papagaio e gostaria de doá-lo ao zoológico, pois não estava conseguindo cuidar do animal de forma adequada.

Foi perguntado que tipo de dieta era oferecida ao papagaio e ele disse que o alimentava basicamente com semente de girassol e eventualmente banana e mamão.

O que será que está acontecendo com o papagaio?

A dieta tem alguma relação com os sinais clínicos que o animal apresenta?

Todos os vertebrados possuem as glândulas anexas ao aparelho digestório?

Não pode faltar

Além da porção tubular do aparelho digestório, existe um conjunto de glândulas associadas a este tubo que participa do processo de digestão, sobretudo em razão de elas produzirem várias enzimas que irão realizar redução química do alimento, são as glândulas orais ou salivares, o fígado e o pâncreas.

As glândulas orais produzem secreções que lubrificam o alimento e auxiliam na deglutição, em algumas espécies apresentam enzimas digestivas e nesses casos a digestão já começa na cavidade oral. A lubrificação ocorre em razão da presença de um muco deslizando, que tem como principal constituinte um tipo de mucopolissacarídeo chamado mucina. Alguns animais hematófagos apresentam substâncias anticoagulantes na saliva, para que possam ingerir o sangue do

hospedeiro, sem que ele coagule. Essas substâncias são bastante estudadas em razão da possibilidade de seu uso terapêutico em doenças cardiovasculares, por exemplo.



Exemplificando

Sanguessugas e morcegos hematófagos apresentam substâncias anticoagulantes na saliva.



Pesquise mais

Achou interessante esse assunto sobre substâncias anticoagulantes na saliva de animais? Leia este artigo científico que aborda o assunto mais profundamente:

CIPRANDI, A.; HORN, F.; TERMIGNONI, C. Saliva de animais hematófagos: fonte de novos anticoagulantes. **Rev. Bras. Hematol. Hemoter.** São José do Rio Preto, v. 25, n. 4, p. 250-262, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-84842003000400012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 26 fev. 2016.

Os tetrápodes possuem glândulas orais multicelulares, as glândulas salivares. Elas são nomeadas de acordo com sua posição: labial, lingual, palatina, nasal, maxilar, parótida e mandibular.



Refleta

Os peixes, cujo alimento já está sempre úmido, apresentam poucas glândulas mucosas em sua cavidade oral.

Os anfíbios aquáticos, da mesma forma que os peixes, têm pouca necessidade de glândulas orais. Sua alimentação também provém da água, por isso apresentam algumas poucas glândulas mucosas dispersas na cavidade oral. Já os anfíbios terrestres apresentam numerosas glândulas, especialmente na língua, que são usadas para capturar alimento, possuem também uma glândula no teto da cavidade, que produz uma secreção viscosa.

Os répteis não aquáticos apresentam as glândulas orais mais desenvolvidas que os anfíbios, umedecem o alimento facilitando a deglutição, são elas: glândulas

palatinas, labiais, linguais e sublinguais. As glândulas venenosas de alguns répteis originam-se dessas glândulas orais.

As aves não possuem as glândulas labiais, até porque não apresentam lábios e sim bico, mas apresentam as glândulas sublinguais. Alguns mamíferos podem apresentar enzimas na saliva, nesses animais o processo de digestão já se inicia na cavidade oral.

Outra glândula anexa ao aparelho digestório é o pâncreas, um órgão de coloração pálida, localizado próximo ao duodeno, que é a primeira porção do intestino delgado.

O pâncreas é encontrado apenas nos vertebrados, é uma glândula mista, pois combina as funções endócrina e exócrina.



Assimile

As glândulas exócrinas secretam seu produto para um sistema de ductos.

As glândulas endócrinas secretam para o sangue.

A porção endócrina do pâncreas produz insulina e glucagon, hormônios relacionados com o metabolismo de carboidratos.

A porção exócrina do pâncreas produz e secreta enzimas que só se tornam ativas no duodeno e realizam a digestão de proteínas, gorduras e carboidratos. O pâncreas secreta também bicarbonato, que é responsável pela neutralização do intestino delgado, tornando o pH ideal para a ação das enzimas.



Assimile

As enzimas são proteínas e, para agirem, dependem de temperatura e pH adequados. Algumas enzimas precisam de pH ácido para agirem, outras de pH básico.

O pâncreas secreta alguns tipos de proteases, enzimas responsáveis pela degradação das proteínas, mas na forma inativa: tripsinogênio, quimiotripsinogênio, pró-carboxipeptidases e pró-elastase.

O tripsinogênio só se tornará ativo na luz intestinal, quando é ativado por enzimas secretadas pelas próprias células do intestino, os enterócitos, que secretam as enteroquinases e transformam o tripsinogênio em tripsina. As demais enzimas inativas são ativadas pela própria tripsina.

E por que essas enzimas são mantidas no órgão na forma inativa? Se estivessem ativas, poderiam digerir o próprio órgão; afinal, sua função é essa, não é mesmo?

O processo inflamatório do pâncreas se chama pancreatite, e com o órgão inflamado as enzimas acabam se tornando ativas ainda no órgão, iniciando um processo de autodigestão, que causa bastante dor.

As lipases são as enzimas pancreáticas responsáveis pela degradação dos lipídeos, que passam inalterados pelas porções iniciais do tubo digestório, são pouco solúveis em água e precisam da bile, produzida pelo fígado, para serem digeridos, que irá agir emulsificando-os antes da ação das lipases.



Refleta

Os ácidos biliares da bile agem como detergente sobre a gordura e permitem a ação das enzimas pancreáticas.

O pâncreas secreta também a α -amilase, que degrada os carboidratos. Alguns animais apresentam lipase na saliva, mas a amilase pancreática é muito mais ativa.



Refleta

Os carboidratos, quando digeridos, geram açúcares.

O anfioxo não possui pâncreas, mas são encontradas células isoladas do tipo exócrino na parede do intestino. Nos ciclóstomos, as células pancreáticas formam agregados sob o epitélio do duodeno. Nos peixes ósseos, ele é disperso nos mesentérios ou ao longo de vasos sanguíneos que penetram no fígado e baço. Nas aves, o pâncreas é trilobado, em outros tetrápodes o órgão é mais compacto.

O fígado também é glândula anexa ao tubo digestório, é peculiar do subfilo dos vertebrados e varia pouco entre as diferentes classes. Esse órgão desempenha diversas funções, é um depósito de carboidratos e de gorduras, transforma proteína em carboidrato ou gordura, com liberação de restos nitrogenados que são transportados às brânquias ou aos rins para serem eliminados.

Durante a vida embrionária, o fígado produz células sanguíneas e, no adulto, remove os eritrócitos “velhos” do sangue; esse processo se chama hemocatérese.

Muitas toxinas podem ser removidas do sangue pelo fígado e ele também produz substâncias relacionadas com a coagulação sanguínea, além de ter um importante papel na digestão, produzindo a bile, que é liberada no duodeno e é responsável pela emulsificação das gorduras, tornando-as digeríveis pelas enzimas pancreáticas.

Animais com insuficiência hepática podem apresentar quadros hemorrágicos, pois pode haver um comprometimento no mecanismo de coagulação sanguínea.



Assimile

Você se lembra do sistema porta hepático, presente em todos os vertebrados?

Ele é responsável pela condução de todo o sangue drenado do estômago, intestino, baço e pâncreas, para o fígado, para que seja realizada a neutralização de substâncias tóxicas, antes de chegar à veia cava.

A bile é lançada no intestino com a chegada do conteúdo parcialmente digerido do estômago, chamado quimo. Ela é produzida pelo fígado e armazenada temporariamente na vesícula biliar nos animais que a possuem, pois está ausente na lampreia adulta, em diversos teleósteos, em alguns mamíferos herbívoros e em algumas aves; nos carnívoros o órgão está sempre presente.



Faça você mesmo

Será que os animais que não possuem vesícula biliar têm alguma dificuldade com a degradação dos lipídeos?

A vesícula biliar somente armazena a bile, ela é produzida pelos hepatócitos no fígado. Os vertebrados que não possuem vesícula biliar produzem a bile normalmente, só não existe o armazenamento.

A anatomia e fisiologia dos órgãos digestórios dos animais é totalmente adaptada à sua dieta. Em vida livre esses animais têm acesso à dieta variada, o que permite que seja naturalmente balanceada, mas manter uma dieta balanceada dos animais no cativeiro não é uma tarefa fácil, e muitas doenças são advindas de uma alimentação inadequada, levando a deficiências nutricionais importantes.

Sem medo de errar!

Vamos tentar entender o que está acontecendo com o papagaio que acabou de ser doado ao zoológico?

Muitas pessoas acham que papagaio se alimenta basicamente de sementes, mas na natureza ele obtém uma dieta bastante variada baseada em frutos, sementes, plantas verdes, brotos, desta forma ele consegue balancear naturalmente sua alimentação.

O que será que está acontecendo com o papagaio?

Após a realização de exames clínico e laboratoriais, foi diagnosticado no animal esteatose hepática.

A dieta tem alguma relação com os sinais clínicos que o animal apresenta?

O animal era alimentado basicamente com semente de girassol, que contém muitos lipídeos, isso levou a um desequilíbrio nutricional qualitativo. Apesar de a lipase pancreática degradar os lipídeos, haverá um excesso de ácidos graxos na luz intestinal, uma parte retornará ao fígado por meio da circulação porta hepática e irá se acumular no citoplasma dos hepatócitos e outra parte seguirá no trato digestório e será eliminada junto com as fezes, que apresentarão um aspecto diferente do normal, com partículas de gordura.

Este acúmulo de gordura no fígado recebe o nome de esteatose hepática e chamamos as fezes volumosas com presença partículas de gordura de esteatorreia.

A esteatose hepática acaba gerando um comprometimento funcional do órgão, levando a uma insuficiência hepática.

O animal foi tratado e agora vive no zoológico, onde recebe uma dieta adequada. Ele não pode ser reintroduzido na natureza porque foi comprado ainda quando filhote e não teria chances de sobrevivência, viverá em cativeiro para sempre.

Precisamos pensar muito antes de adquirir um animal silvestre como animal de estimação, porque muitos são vendidos ilegalmente por traficantes e submetidos a condições deploráveis desde a sua captura até a venda, o que leva a um alto índice de mortalidade.

Em nossa casa é muito difícil oferecer a eles as mesmas condições que têm na natureza, e os erros de manejo levam a uma série de enfermidades, além de um comprometimento em sua qualidade de vida.

Lugar de animal silvestre é na natureza, contemplá-los livres é muito melhor do que em cativeiro e conscientizar a população sobre esses conceitos é um desafio que irá estar sempre presente na vida de um biólogo.



Atenção!

A anatomia e fisiologia dos órgãos digestórios dos animais é totalmente adaptada à sua dieta.



Lembre-se

O manejo nutricional adequado previne muitas doenças.

Todos os vertebrados possuem glândulas anexas ao aparelho digestório, com algumas diferenças entre eles.

Avançando na prática

Pratique mais!	
Instrução Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com a de seus colegas.	
"Pancreatite em onça (<i>Panthera onca</i>)"	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Conhecer a fisiologia pancreática.
3. Conteúdos relacionados	Morfofisiologia do aparelho digestório.
4. Descrição da SP	Uma onça fêmea de 15 anos de idade apresenta apatia, perda progressiva de peso, está se alimentando muito pouco, e os tratadores relataram que ela fica o tempo todo deitada e parece ter alguma dor que a impede de se levantar. O caso foi passado para a equipe técnica do zoológico, que programou para a manhã do dia seguinte anestesiá-la para a realização de uma completa avaliação clínica. Infelizmente, na manhã seguinte ela foi encontrada morta no recinto, então foi realizada a necropsia. O que pode ter causado a morte do animal? Por que ela demonstrava sinais de dor?

5. Resolução da SP

Durante a necropsia, foram encontradas alterações macroscópicas em pâncreas sugestivas de pancreatite, que foi confirmada no exame histopatológico (biópsia). O animal foi a óbito em decorrência de uma pancreatite, e a dor que ela manifestava era em razão do processo inflamatório presente na pancreatite de levar as enzimas produzidas no órgão a se tornarem ativas e realizarem um processo de autodigestão do pâncreas.

**Lembre-se**

O processo inflamatório do pâncreas se chama pancreatite, e com o órgão inflamado as enzimas acabam se tornando ativas ainda no órgão, iniciando um processo de autodigestão, que causa bastante dor.

**Faça você mesmo**

Por que animais com insuficiência hepática podem apresentar quadros de hemorragia?

Faça valer a pena

1. Quais são as glândulas anexas ao aparelho digestório?

- Rins, adrenais e pâncreas.
- Tireoide, fígado e pâncreas.
- Glândulas orais ou salivares, fígado e pâncreas.
- Hipófise, pâncreas e glândulas salivares.
- Paratireoide, fígado e glândulas salivares.

2. Quais são as principais funções das glândulas orais?

- Triturar os alimentos.
- Em todos os vertebrados elas digerem o alimento ingerido.
- Todos os vertebrados apresentam substâncias anticoagulantes na saliva, que digerem o alimento.

- d) Lubrificação para facilitar a deglutição, e em algumas espécies digestão do alimento.
- e) Todos os vertebrados menos complexos apresentam substâncias tóxicas na saliva, que servem para imobilizar sua presa.

3. Em relação às glândulas orais dos vertebrados, assinale a alternativa correta.

- a) Os anfíbios apresentam muitas glândulas orais.
- b) A sua ação de lubrificação do alimento ocorre em razão da presença de um muco deslizante, constituído por mucina.
- c) Os peixes apresentam grande quantidade de glândulas orais.
- d) Os répteis não apresentam glândulas orais.
- e) As aves não apresentam glândulas orais.

Seção 4.4

Prática sobre aparelhos respiratório e digestório

Diálogo aberto

A bióloga Joana e os demais membros da equipe técnica precisam descobrir por que morreram alguns periquitos (*Melopsittacus undulatus*) no zoológico onde trabalham.

No recinto dos periquitos (*Melopsittacus undulatus*) ocorreram 7 mortes nessa semana; lá existem uns 50 animais, e as condições físicas são adequadas para essa quantidade.

Na necropsia, foi observado aumento de proventrículo, emagrecimento, presença de úlceras na mucosa do ventrículo e ainda alimentos não digeridos no trato gastrointestinal. Antes de morrerem, os animais apresentaram emagrecimento progressivo, penas eriçadas, diarreia e presença de fezes nas penas em volta da cloaca.

Foram realizados vários exames complementares e foi encontrado nas fezes dos animais doentes o agente *Macrorhabdus ornithogaster*, um fungo, mas que por muito tempo foi chamado de megabactéria, pois se assemelha muito a um bacilo. Em razão dessa semelhança, essa doença é chamada de megabacteriose.

De que forma esse agente causa emagrecimento nas aves?

Por que as aves com megabacteriose apresentam diarreia e alimentos não digeridos nas fezes?

Não pode faltar

Aparelho respiratório

O processo de tomada de oxigênio e liberação de dióxido de carbono é chamado de respiração. Os animais aquáticos captam oxigênio a partir da pequena quantidade presente na água, já os terrestres, por meio de oxigênio abundante no ar.

O consumo de oxigênio, bem como a produção de dióxido de carbono, está relacionado com a taxa metabólica de cada animal.

Os órgãos respiratórios são especializados na captação do oxigênio. Nas brânquias, a superfície respiratória está voltada para o exterior, formando uma evaginação, ela aparece nos animais que captam o oxigênio da água. Nos animais terrestres a superfície respiratória está voltada para dentro do corpo do animal, invaginada, localizada nos pulmões.

Existem peixes que conseguem respirar o ar, as brânquias funcionais foram preservadas em alguns deles, mas não em todos.



Exemplificando

A enguia comum (*Anguilla vulgaris*) sobrevive fora da água se for mantida em ambiente úmido e frio, desta maneira ela obtém oxigênio através da pele e uma menor quantidade através das brânquias.

Os pulmões dos vertebrados são pulmões de ventilação, pois precisam de renovação substancial e regular do ar para obtenção do oxigênio. Também existem os chamados pulmões de difusão, presentes em animais pequenos, como caracóis e escorpiões, onde as trocas gasosas de ar com a atmosfera ocorrem por meio de difusão.

Alguns insetos apresentam as traqueias como órgãos respiratórios, consistem em um sistema de tubos que fornece oxigênio diretamente para os tecidos, evitando um sistema circulatório para o transporte dos gases. As trocas gasosas podem ocorrer por difusão, mas em muitos insetos, sobretudo naqueles que apresentam atividade elevada, existe um bombeamento ativo e unidirecional de ar em partes do sistema traqueal.

E a respiração através da pele?

Em anfíbios ocorre a troca de gases através da pele.



Exemplificando

Algumas pequenas salamandras não têm pulmões, e toda troca de gases ocorre através da pele úmida e bastante vascularizada.

Nas rãs, os papéis relativos da pele e pulmões mudam durante o ano. No inverno, esses animais consomem menos oxigênio, a pele transfere mais oxigênio que os pulmões. No verão, o consumo de oxigênio é mais alto, então aumenta o papel dos pulmões na sua obtenção.

Nos anfíbios, o pulmão é um único saco, subdividido por trabéculas, que aumentam a superfície. O pulmão dos mamíferos é muito mais amplamente subdividido em pequenos e delicados sacos, os alvéolos, que aumentam consideravelmente a superfície disponível para as trocas gasosas.



Assimile

Para que a difusão dos gases seja facilitada, é necessário que a membrana que separa o ar do sangue nos pulmões seja fina. No pulmão humano, as membranas alveolares têm em média 0,2 μm .

Nos mamíferos, os movimentos respiratórios são realizados pelos músculos intercostais e diafragma, os movimentos rítmicos são controlados pelo centro respiratório, localizado no bulbo.



Refleta

No centro respiratório existem grupos separados de neurônios de inspiração e expiração, que funcionam de forma alternada. Quando a atividade dos neurônios inspiratórios cessa, os neurônios expiratórios tornam-se ativos, continuamente.

Aparelho digestório

A matéria orgânica presente no alimento dos animais apresenta compostos orgânicos pertencentes a três principais grupos: proteínas, lipídeos e carboidratos. As grandes moléculas precisam ser degradadas para que possam ser utilizadas como fonte de energia.

No início do desenvolvimento embrionário, o tubo digestório de todos os vertebrados é retilíneo ou quase retilíneo, mas logo se dobra e enrola, estabelece evaginações ou divertículos que irão originar o revestimento e as células secretoras dos órgãos anexos. Caudalmente ao estômago em expansão, vários divertículos se desenvolvem e originarão o fígado, vesícula biliar, pâncreas e seus diversos ductos.

O tubo digestório em desenvolvimento divide-se em intestino cranial, médio e caudal. O intestino cranial irá originar o esôfago e estômago, o intestino delgado surge a partir do intestino médio e o intestino grosso se forma a partir do intestino caudal.

No processo de digestão, ocorre a decomposição de moléculas grandes e complexas presentes no alimento em moléculas menores, que serão absorvidas. Isso ocorre com a ação das enzimas. Como a natureza química dos alimentos ingeridos pelos vários animais é similar, não é surpreendente que as enzimas produzidas e as glândulas que as secretam também sejam similares nos diferentes vertebrados.

As glândulas que produzem e secretam essas enzimas são as glândulas orais/salivares, pâncreas, fígado e outras glândulas presentes na parede do trato digestório.

A quebra desses compostos alimentares em componentes mais simples envolve a captação de água, e isso é chamado de hidrólise.



Assimile

As proteínas são formadas por aminoácidos unidos por ligações peptídicas. Um aminoácido é um ácido orgânico, que carrega um grupo amino ($-NH_2$) no átomo de carbono próximo ao grupo ácido (grupo carboxílico, $-COOH$). Uma ligação peptídica é formada pela remoção de água entre o grupo carboxílico de um aminoácido e o grupo amino de outro.

Digestão das proteínas

As enzimas proteolíticas são divididas em: exopeptidases e endopeptidases.

- Exopeptidases – hidrolisam uma ligação terminal de uma cadeia peptídica longa;
- Endopeptidases – agem no interior da cadeia peptídica.

As duas endopeptidases da digestão dos vertebrados mais conhecidas são a pepsina e a tripsina. A pepsina é secretada pelo estômago dos vertebrados como um precursor inativo, o pepsinogênio, que no pH ácido é transformado em sua pepsina. O pH ácido é conseguido graças à secreção de ácido clorídrico pelas células do estômago.

A pepsina hidrolisa somente algumas ligações peptídicas de uma proteína grande e não outras, e o resultado da digestão por esta enzima é uma série de cadeias menores, ou fragmentos, que não são mais degradados pela pepsina.

A tripsina é secretada pelo pâncreas, em sua forma inativa, que é o tripsinogênio, que será ativado por outra enzima, a enteroquinase, secretada pelas glândulas da parede intestinal. Diferente da pepsina, que precisa de um pH ácido para agir, a tripsina precisa de um pH alcalino, para hidrolisar as ligações peptídicas de um aminoácido que leva dois grupos de amino, lisina ou arginina.

Depois da ação destas duas endopeptidases, os fragmentos de proteínas e cadeias peptídicas têm sua digestão completada com o auxílio das exopeptidases, que agem apenas em ligações peptídicas terminais; são as carboxipeptidases e as dipeptidases.



Assimile

As gorduras são compostas de ésteres entre uma molécula de glicerol e três moléculas de ácidos graxos de cadeia longa.

Digestão das gorduras (lipídeos)

Os lipídeos não são solúveis em água, por isso não são facilmente hidrolisados por enzimas. Os ácidos biliares, produzidos pelo fígado, realizam a sua emulsificação, e somente depois é possível a ação da lipase, que é a enzima produzida pelo pâncreas responsável pela quebra da gordura. Os ácidos graxos resultantes são mantidos em solução com o auxílio dos ácidos biliares e são absorvidos. O glicerol é hidrossolúvel e facilmente absorvido e metabolizado.

Digestão dos carboidratos

Um grande número de vegetais armazena amido como reserva energética, que é constituído por unidades de glicose e é hidrolisado pela amilase. Os açúcares simples, tais como glicose e frutose, são absorvidos e utilizados sem qualquer modificação. Os dissacarídeos, como a sacarose ou lactose, são quebrados em monossacarídeos para depois serem absorvidos.

A celulose do alimento dos vertebrados

Conforme já dito na seção 4.2, os vertebrados sozinhos não conseguem digerir a celulose, eles necessitam de microrganismos simbióticos para a sua digestão.

No rúmen dos mamíferos ruminantes, esses microrganismos degradam a celulose e a tornam disponível à digestão complementar. Os produtos da

fermentação, na maior parte ácidos acéticos, propiônicos e butíricos são absorvidos e utilizados, o dióxido de carbono e o metano (CH⁴) formados também no processo de fermentação são eliminados pela eructação.

Você sabia que uma vaca produz em média 200 litros de saliva por dia? Pois é, uma quantidade impressionante, ela é utilizada como um tampão, pois é uma solução diluída de bicarbonato e também serve como meio de fermentação para os microrganismos.

Os microrganismos do rúmen podem sintetizar proteína a partir de compostos de nitrogênio inorgânico, tais como sais de amônio. Essa síntese proteica no rúmen é de especial importância quando o animal é alimentado com ração de baixa qualidade. Outra vantagem nutricional da digestão dos ruminantes é que algumas vitaminas são sintetizadas também pelos microrganismos do rúmen.

E nos mamíferos herbívoros não ruminantes, como ocorre a digestão?

Também ocorre o auxílio de microrganismos, então esses animais também precisam de um local para fermentação; em alguns animais o estômago é grande e tem diversos compartimentos, e a digestão se assemelha à dos ruminantes, em outros a fermentação ocorre principalmente no ceco.



Exemplificando

A preguiça (*Bradypus tridactylus*) e o macaco langur apresentam estômago pluricavitário, alguns marsupiais também têm estômago parecido com o dos ruminantes.

A fermentação microbiana no ceco é muito parecida com a que ocorre no rúmen.

A fermentação no processo de digestão não se restringe aos mamíferos, a maioria dos galináceos apresenta dois cecos grandes, adequados para a fermentação da celulose.

A tartaruga-verde marinha (*Chelonia mydas*) se alimenta de algas e consegue digerir 90% da celulose ingerida com auxílio de microrganismos simbióticos.

O iguana comum (*Iguana iguana*) é um herbívoro que também apresenta fermentação no intestino posterior. Filhotes desses animais mantidos em cativeiro não conseguem desenvolver a complexa população microbiana como os filhotes selvagens e por isso não crescerão adequadamente. Se os filhotes do cativeiro forem alimentados com matéria fecal fresca dos iguanas adultos, desenvolverão flora microbiana e seu crescimento acompanhará o dos filhotes selvagens.

Coprofagia

A coprofagia (do grego, *copros* = excremento e *phagein* = comer) é comum nos roedores e é de grande importância nutricional. Alguns roedores como lebres e coelhos, que apresentam fermentação cecal, formam um tipo especial de fezes a partir do conteúdo cecal, que são ingeridas para que passem por todo o trato gastrointestinal.

Você viu como o processo da digestão ocorre de forma sistemática, à medida que o alimento passa por cada uma das diferentes regiões do tubo digestório?

Qualquer alteração que ocorra nesse percurso pode comprometer a eficiência da digestão.

Como junto com o alimento podem ser ingeridos agentes potencialmente patogênicos, como bactérias, fungos, vírus e parasitas, existem muitas células de defesa associadas ao aparelho digestório, que estão ali para defender o organismo de diferentes formas.

A diarreia muitas vezes ocorre como forma de eliminação de algum desses agentes, as células do sistema imune os identificam, e o organismo em resposta aumenta a motilidade intestinal e a secreção de fluidos. Mas, se a diarreia for constante, vai comprometer a digestão e absorção dos nutrientes, o que resultará em diversas alterações clínicas desde emagrecimento, desidratação até morte do animal.



Pesquise mais

SILVA, T. M. et al. Associação de megabacteriose, aspergilose e candidíase em periquitos australianos (*Melopsittacus undulatus*) em cativeiro, Marília, SP: relato de caso. **R. Bras. Ci. Vet.**, v. 21, n. 2, p. 101-104, abr.-jun. 2014. Disponível em <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rbcv.2014.031>>. Acesso em: 6 mar. 2016.



Faça você mesmo

Por que os mamíferos herbívoros precisam de uma câmara de fermentação em seu aparelho digestório?

Sem medo de errar!

Vamos tentar entender então o que está acontecendo com os periquitos (*Melopsittacus undulatus*) que estão morrendo por causa de um surto de megabacteriose? De que forma esse agente causa emagrecimento nas aves?

O agente *Macrorhabdus ornithogaster* coloniza o proventrículo e ventrículo, a ave infectada alimenta-se continuamente, mas existe uma falha na digestão e absorção dos nutrientes, resultando em emagrecimento.

Na necropsia foi observado aumento de proventrículo, emagrecimento, presença de úlceras na mucosa do ventrículo e ainda alimentos não digeridos no trato gastrointestinal.

Por que as aves com megabacteriose apresentam diarreia e alimentos não digeridos nas fezes?

A diarreia muitas vezes está associada a uma tentativa de eliminação de um agente patogênico, mas quando se torna crônica compromete a absorção dos nutrientes, resultando em emagrecimento, desidratação e presença de alimentos não digeridos nas fezes.

O sucesso da relação parasito-hospedeiro é um equilíbrio entre a dificuldade de sobrevivência do parasita devido às defesas do hospedeiro e a habilidade do parasita em modular, evadir ou restringir a resposta imune. Algumas relações parasito-hospedeiro são caracterizadas pela resistência obtida após repetidas infestações.



Atenção!

Existem muitas células do sistema imune associadas ao aparelho digestório!



Lembre-se

As células do sistema imune identificam agentes patogênicos, e o organismo em resposta aumenta a motilidade intestinal e a secreção de fluidos, resultando em diarreia.

Avançando na prática

Pratique mais!	
<p>Instrução Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois as compare com a de seus colegas.</p>	
"Giardiase em aves"	
1. Competência geral	Conhecer a morfofisiologia dos diferentes grupos de animais através do estudo morfofisiológico comparativo.
2. Objetivos de aprendizagem	Conhecer a morfofisiologia do intestino dos vertebrados.
3. Conteúdos relacionados	Aparelho digestório.
4. Descrição da SP	<p>Alguns papagaios (<i>Amazona aestiva</i>) de um criatório apresentam diarreia, perda de peso e presença de alimento não digerido nas fezes.</p> <p>Foi realizado exame clínico e exame coproparasitológico e diagnosticado giardiase, doença causada pela presença do protozoário <i>Giardia spp.</i></p> <p>O proprietário relatou que o problema começou logo após a aquisição de algumas aves novas e que logo que chegaram já foram colocadas no mesmo recinto de seus animais, sem realizar nenhum tipo de quarentena.</p> <p>Por que esses animais apresentam diarreia, perda de peso e presença de alimento não digerido nas fezes?</p>
5. Resolução da SP	<p>Vários são os parasitas que podem infectar as aves, esses protozoários comprometem a digestão a absorção do alimento ingerido, levando o animal à perda de peso, diarreia e presença de alimento não digerido nas fezes.</p> <p>Quando se adquire novos animais, é imprescindível a realização de uma quarentena; nesse período os animais serão observados mais de perto, examinados com maior frequência e são realizados também vários exames complementares, incluindo o coproparasitológico.</p>



Lembre-se

A diarreia muitas vezes está associada a uma tentativa de eliminação de um agente patogênico.



Faça você mesmo

Um criador de coelhos te procura desesperado dizendo que seus animais estão comendo suas próprias fezes. O que você tem a dizer a ele em relação à coprofagia nesses animais?

Faça valer a pena

1. O processo de tomada de oxigênio e liberação de dióxido de carbono é chamado de respiração. Em relação ao consumo de oxigênio dos animais, assinale a alternativa correta.

- a) O consumo de oxigênio, bem como a produção de dióxido de carbono, está relacionado com a taxa metabólica de cada animal.
- b) O consumo de oxigênio está relacionado com o tamanho do animal, quanto maior ele for, maior o consumo.
- c) O consumo de oxigênio é inversamente proporcional ao tamanho do animal, quanto menor ele for, menor o consumo.
- d) A produção de dióxido de carbono está relacionada com o tamanho do animal, quanto maior o animal, maior a produção.
- e) A produção de dióxido de carbono é inversamente proporcional ao tamanho do animal, quanto menor o animal, maior a produção.

2. Os órgãos respiratórios são especializados na captação do oxigênio. Em relação a eles, assinale a alternativa a correta.

- a) Animais aquáticos respiram somente através das brânquias.
- b) Os tetrápodes respiram somente através dos pulmões.
- c) Os pulmões dos vertebrados são pulmões de ventilação.
- d) As traqueias são órgãos respiratórios em alguns peixes.
- e) As rãs que respiram pela pele não possuem pulmões.

3. Onde é feito o controle dos movimentos respiratórios nos mamíferos?

- a) Pelo centro respiratório, localizado no córtex cerebral.
- b) Pelo centro respiratório, localizado no cerebelo.
- c) No corpo amigdalóide.
- d) Pelo centro respiratório, localizado no bulbo.
- e) No hipocampo.

Referências

CIPRANDI, A.; HORN, F.; TERMIGNONI, C. Saliva de animais hematófagos: fonte de novos anticoagulantes. **Rev. Bras. Hematol. Hemoter.** São José do Rio Preto, v. 25, n. 4, p. 250-262, 2003.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária.** 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. **Análise da estrutura dos vertebrados.** Rio de Janeiro: Atheneu, 2013.

_____; _____. **Análise da estrutura dos vertebrados.** 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

KARDONG, K. V. **Vertebrados:** anatomia comparada, função e evolução. São Paulo: Roca, 2011.

ORR, R. **Biologia dos vertebrados.** São Paulo: Roca, 2009.

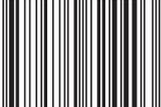
RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. **Eckert fisiologia animal:** mecanismos e adaptações. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal:** adaptação e meio ambiente. São Paulo: Santos, 2011.

SILVA, T. M. et al. Associação de megabacteriose, aspergilose e candidíase em periquitos australianos (*Melopsittacus undulatus*) em cativeiro, Marília, SP: relato de caso. **R. Bras. Ci. Vet.**, v. 21, n. 2, p. 101-104, abr.-jun. 2014. Disponível em <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rbcv.2014.031>>. Acesso em: 6 mar. 2016.



ISBN 978-85-8482-440-3



9 788584 824403 >