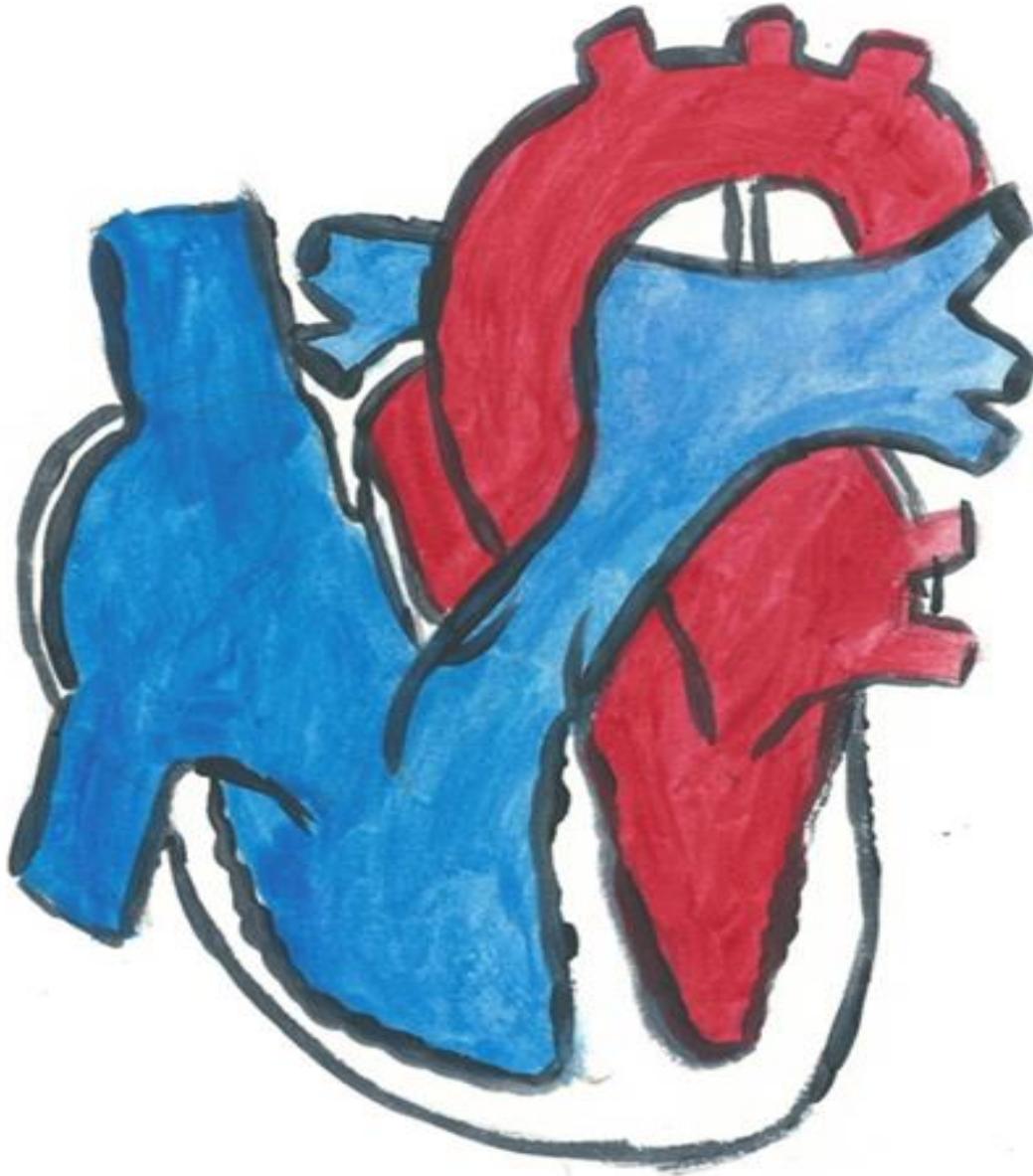


Anatomia Cardíaca Aplicada à Medicina Veterinária



Catia Helena A. L. Massari

Maria Angélica Miglino

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Universidade de São Paulo

Anatomia cardíaca aplicada à Medicina Veterinária

DOI: 10.11606/9788567421209

Catia H. A. L. Massari & Maria Angélica Miglino

Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais
Domésticos e Silvestres

Departamento de Cirurgia

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Universidade de São Paulo

2019

Está autorizada a reprodução parcial ou total desta obra desde que citada a fonte. Proibido uso com fins comerciais.

**Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo FMVZ/USP**

Avenida Prof. Dr. Orlando Marques Paiva, 87 - Cidade Universitária
São Paulo/SP Brasil
CEP 05508-270
Site: fmvz.usp.br

Reitor: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Vice-reitor: Prof. Dr. Antonio Carlos Hernandez

Diretor da FMVZ: Prof. Dr. José Soares Ferreira Neto

Vice-Diretora da FMVZ: Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni

Chefe do Departamento de Cirurgia (VCI): Prof. Dr. Luis Cláudio Lopes
Correia da Silva

Vice-chefe do Departamento de Cirurgia (VCI): Profa. Silvia Renata
Gaido Cortopassi

Publicado no Brasil

pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São
Paulo® Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2019.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-67421-20-9



ISBN: 978-85-67421-20-9

DOI: 10.11606/9788567421209

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

Massari, Catia Helena de Almeida Lima

Anatomia cardíaca aplicada à medicina veterinária [recurso eletrônico] / Catia Helena de Almeida Lima Massari ; Maria Angélica Miglino ; colaboração de Adriano Ferreira da Silva et al. -- São Paulo : Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo, 2019.

2,8 MB : eBook

ISBN: 978-85-67421-20-9

DOI:10.11606/9788567421209

1. Anatomia animal. 2. Cardiologia veterinária. 3. Coração (veterinária). I. Título.

LC SF761

Colaboradores

Adriano Ferreira da Silva

Médico pela Universidade Federal do Pará, especialista em Radiologia e Diagnóstico por Imagem. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.



Ana Lúcia Jacintho Delgado

Bióloga pelo Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.



Catia Helena de Almeida Lima Massari

Médica Veterinária pela Universidade Federal de Lavras e Pedagoga pela Universidade de Sorocaba. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.



Marcos Paulo Batista de Assunção

Biólogo pela Universidade Federal de Goiás. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.



Maria Angélica Miglino

Médica Veterinária e Professora Titular do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. Vice-coordenadora do Programa de Pós-graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres da FMVZ/USP.



Marisol León Cabrera

Médica Veterinária pela Universidade Agraria de la Habana. Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.



Sumário

1. Aprendendo a Aprender Anatomia Animal.....	05
2. História da Anatomia Cardiovascular.....	08
3. Etimologia para Anatomia Cardíaca.....	17
4. Angiotécnicas anatômicas.....	21
5. Anatomia do Desenvolvimento do Sistema Cardiovascular.....	29
6. Circulação fetal em mamíferos.....	36
7. Anatomia Funcional do coração dos mamíferos.....	43
8. Vasos sanguíneos.....	50
9. Sistema Linfático.....	54
10. Anatomia Cardíaca aplicada ao Diagnóstico por Imagem.....	64
11. Insuficiência Cardíaca Congestiva (ICC).....	65
12. Coração de animais vertebrados não-mamíferos: peixes, anfíbios, répteis e aves.....	71
13. Bioengenharia do tecido cardíaco.....	76
Referências consultadas.....	79

APRENDENDO A APRENDER ANATOMIA ANIMAL

Catia Helena de Almeida Lima Massari

Logo ao ingressar na universidade, os estudantes de Medicina Veterinária deparam-se com a disciplina de Anatomia Animal. Certamente, esta é uma das matérias mais esperadas pelos calouros, ao mesmo tempo em que pode ser uma das mais temidas pelo desafio imenso que é aprender seu extenso conteúdo. Assim, orienta-se aos alunos simplesmente dividi-la em partes e estudar com afinco e organização um pouquinho por dia.

A Anatomia Animal é a área do conhecimento que trata da forma, da disposição e da estrutura dos tecidos e órgãos que formam o corpo. Historicamente, a dissecação de cadáveres, através do uso de instrumental cirúrgico, é o método mais tradicional utilizado para estudar anatomia. No entanto, hoje os anatomistas empregam várias outras técnicas anatômicas para complementar o conhecimento nesse ramo do estudo.

O objetivo da anatomia é sempre integrar a forma à função das partes, ou seja, a forma pode ser considerada a imagem plástica da função. Desse modo, a forma nada mais é do que um momento fixado da função. Basicamente, a anatomia divide-se em macroscópica, ou seja, aquela que estuda as estruturas anatômicas observáveis a olho nu, e microscópica, ou seja, aquela que estuda estruturas a uma escala tão reduzida que necessita do auxílio de microscópios de luz ou óptico e eletrônico.

Para descrever macroscopicamente as estruturas do corpo animal de com clareza e exatidão, utiliza-se uma linguagem anatômica própria, ou seja, um vocabulário internacionalmente aceito, a *Nomina Anatomica Veterinaria* (N.A.V.). Assim, estudar anatomia é também aprender uma nova linguagem. Até 1895 não havia consenso geral sobre a nomenclatura da anatomia humana ou veterinária. Cada nação tinha seu próprio sistema de terminologia, ou seja, muitas estruturas tinham nomes diferentes em diferentes países. A atual terminologia para Anatomia Animal é revisada periodicamente, sendo a sexta edição a última publicação do *International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature*. A nomenclatura estabelecida pela N.A.V. leva em consideração somente as espécies de mamíferos domésticos e segue os seguintes princípios apresentados na tabela 1 (ICVGAN, 2017).

Tabela 1: Fundamentos da terminologia para Anatomia Veterinária.

I.	Cada conceito anatômico deve ser designado por um termo único, ou seja, essa linguagem deve ser precisa e sem ambiguidades.
II.	Cada termo consta em latim na lista oficial; no entanto, os anatomistas de cada país são livres para traduzir os termos latinos oficiais para sua própria língua, aproximando-os aos equivalentes vernaculares.
III.	Cada termo deve ser o mais sucinto e simples possível.
IV.	Os termos devem ser fáceis de lembrar e devem ter, acima de tudo, tanto valor instrutivo como descritivo.
V.	As estruturas que estão topograficamente relacionadas devem ter nomes semelhantes; por exemplo: artéria femoral, veia femoral e nervo femoral.
VI.	Os diferentes adjetivos geralmente devem indicar oposição; por exemplo: maior <i>versus</i> menor, superficial <i>versus</i> profundo.
VII.	Os termos derivados de nomes próprios, ou seja, os epônimos, devem ser evitados.

Fonte: Massari (2019).

Ao usar a terminologia correta na Medicina Veterinária, é preciso ter em mente a posição anatômica padrão de um animal doméstico, ou seja, para um quadrúpede é sempre aquela postura em que o animal se encontra em estação (em pé) e alerta (não anestesiado). Os termos anatômicos devem ter o mesmo significado independentemente da orientação do corpo do animal ou mesmo do ponto de vista em que o observador se encontra (COLVILLE; BASSERT, 2010). A tabela 2 descreve os termos de direção para o estudo da anatomia veterinária.

Tabela 2: Termos de direção.

Dorsal: em região das costas (dorso)
Ventral: em região do ventre
Cranial: em direção ao crânio
Caudal: em direção à cauda
Na cabeça, Rostral: em direção ao rostro
Medial: em direção ao plano mediano
Lateral: em direção aos lados
Nos membros, Proximal: em direção à junção com o corpo; Distal: distante do corpo
Na parte proximal do membro (limite proximal do carpo/tarso), Cranial e Caudal
Na parte distal do membro, Dorsal e Palmar/Plantar
Nos dedos, Axial (próximo ao eixo do dedo central) e Abaxial
Externo e Interno
Superficial e Profundo

Fonte: Massari (2019).

Já para fazer referência a um corte ou uma secção do corpo animal, emprega-se o uso de quatro planos anatômicos de referência, conforme descrito na tabela 3. Trata-se de simplesmente cortes imaginários para facilitar o estudo da anatomia.

Tabela 3: Planos de referência anatômicos.

Plano Sagital: divide o corpo em antímeros simétricos (direito e esquerdo)
Plano Paramediano: qualquer plano que seja paralelo ao plano sagital ou mediano, divide o corpo em antímeros assimétricos (direito e esquerdo)
Plano Dorsal: divide o corpo em dois paquímeros (dorsal e ventral)
Plano Transversal: secciona o tronco, a cabeça, o membro de maneira perpendicular ao seu próprio eixo longitudinal. Divide o corpo em metâmetros (cranial e caudal)

Fonte: Massari (2019).

Entender a estrutura do corpo é a base para o conhecimento médico veterinário e o desenvolvimento científico, portanto estudar a constituição física dos animais é essencial para o ensino e a pesquisa na Medicina Veterinária. Para isso, existem diversas técnicas anatômicas que são utilizadas para manter as peças anatômicas preservadas para estudo. Estas são: fixação (formolização) e conservação de cadáveres para dissecação, glicerinação, osteotécnicas, angiotécnicas, taxidermia, esplâncnotécnicas, neurotécnicas, diafanização, plastinação, uso de *fresh frozen cadaver*, modelagem, impressão 3D, dissecação virtual, etc.

Contudo, as *angiotécnicas* são as técnicas anatômicas específicas para o estudo do sistema cardiovascular, que pertence à angiologia.

HISTÓRIA DA ANATOMIA CARDIOVASCULAR

Marisol León Cabrera

Catia Helena de Almeida Lima Massari

A anatomia dentro da historiografia

A pesquisa sobre a história da anatomia nem sempre foi tão atrativa aos historiadores como é hoje. A história do corpo e a inscrição deste objeto de estudos no universo das pesquisas acadêmicas devem-se muito ao advento da Nova História. Essa corrente historiográfica é caracterizada por migrar do estudo de uma gama de eventos acontecidos a personagens famosos designados por nomes próprios a eventos mais amplos ocorridos na vida de autores anônimos a longo prazo. À medida que a então Nova História tornou-se mais científica, a história do corpo ganhou o interesse de muitos pesquisadores.

Assim, um dos enfoques privilegiados pela historiografia nas últimas décadas tem sido o relato das questões relacionadas à construção do conhecimento médico, desde o início das descobertas sobre o corpo que engloba historicamente alguns erros, tanto de conceito como de técnica anatômica, como os princípios da reforma do ensino de anatomia vivenciado nas instituições de ensino superior atualmente.

É certo que a anatomia como ciência da dissecação nem sempre existiu da forma como é estudada nos dias de hoje. A evolução desse ramo da educação médica culmina com vastas mudanças de prioridades científicas, eventos históricos, mudanças culturais e sociais ao longo dos séculos. Portanto, a história da anatomia é um reflexo dessas mudanças: se no início as observações obtidas pelas dissecações em animais eram simplesmente extrapoladas para o corpo humano, agora a aprendizagem em anatomia se faz com o auxílio de inúmeras técnicas de diagnóstico por imagem.

O fascínio do Homem pela anatomia iniciou ainda no período pré-histórico pela curiosidade de observar e examinar seu próprio corpo: notou-se que havia partes mais consistentes e outras mais macias. Especificamente sobre a

evolução do saber das estruturas que compõem o sistema cardiovascular, os relatos vêm desde o quarto milênio a.C. Foi só a partir do inglês William Harvey (1578-1657) que organismo animal passou a ser pensado em termos fisiológicos, comprovando a função do coração em manter um fluxo sanguíneo constante.

Estudar a história do movimento do sangue no corpo pode ajudar docentes no geral a compreender que a produção do conhecimento se faz com a identificação e a formulação de problemas, construídos pelo coletivo de cientistas de uma determinada época. Logo, a sua produção jamais é individual nem linear. Exponentes da história da anatomia do sistema cardiovascular, como Galeno e Harvey, certamente dependeram de conhecimentos produzidos pelos pesquisadores que os antecederam bem como pelos seus contemporâneos, evidenciando assim o caráter coletivo da produção do conhecimento em ciências.

Acredita-se assim que quando se pensa então em história da ciência como uma importante ferramenta didática, consegue-se romper com o caráter muitas vezes fragmentado e descontextualizado do ensino sobre o complexo forma-função ainda aplicado por alguns docentes.

Não obstante, a partir da inspeção do corpo, sobretudo a datar do século XVI, foram publicadas pranchas, tratados e demais estudos sobre anatomia, muitos desses através de produções artístico-científicas que aproximaram a ciência com a arte.

Finalmente, para defendem a inserção da história e da filosofia da ciência dentro dos cursos de formação de docentes a fim de instrumentalizá-los para uma abordagem historiográfica mais contextualizada sobre o pensamento científico.

Pré-história (anterior aos anos 3.500 a.C.)

Num tempo em que o Homem ainda não havia inventado a escrita, já era possível se mostrar a topografia cardíaca através das pinturas rupestres. Na

gruta de Mas d'Azil, localizada no atual território da França, os estudos arqueológicos dessas pinturas remontam que o Homem pré-histórico já sinalizava o coração como um ponto vital no corpo dos animais para se atingir a caça.

Idade Antiga (3.500 a.C. - 476 d.C.)

Durante a antiguidade, os egípcios através de suas técnicas de mumificação, tinham o coração como o órgão central não só do sistema cardiovascular, mas como de todo o organismo em si. Para a preparação de uma múmia, com finalidade religiosa, os corpos eram eviscerados devendo permanecer no defunto apenas o coração, esta era uma parte intocável.

Em seguida, os mesopotâmios elaboraram o Código de Hamurabi, um conjunto de leis criadas volta do século XVIII a.C., pelo rei Hamurabi da primeira dinastia babilônica. Neste documento, há havia descrição sobre a importância do médico que estudava os corpos de animais, especialmente dos equinos que eram considerados meio de transporte, de guerra e escambo.

Na Grécia antiga, levantou-se curiosidade sobre como os animais (dentre eles, o ser humano) eram nutridos e de como os alimentos eram distribuídos pelo corpo. No século III a.C., o estudo da anatomia avançou consideravelmente na Alexandria com Herófilo e Erasístrato. Posteriormente, Acmeón, médico grego de Crotona, desenvolveu a observação experimental para o estudo anatômico durante suas dissecações.

Uma das mais importantes contribuições à história da anatomia do sistema cardiovascular, e logicamente da medicina no geral, foi de Hipócrates. Ele descreveu, pela primeira vez, a topografia e a arquitetura detalhada do coração alojado entre os pulmões, com formato piramidal, cor avermelhada, recoberto pelo pericárdio, com válvulas cardíacas, certa atividade (elétrica) intrínseca e a existência de dois ventrículos unidos pelo septo interventricular.

No século V a.C., o filósofo Aristóteles descreveu os processos de inspiração e expiração, fazendo alusão as diferenças entre artérias e veias (uns vasos contendo ar e, outros, demais substâncias do corpo).

A partir do ano 150 a.C.: dissecação humana proibida por razões religiosas e os estudos basearam essencialmente em corpos de animais.

No século II d.C., o médico romano de origem grega Cláudio Galeno dissecou porcos, macacos e outros animais, afirmando então que pelas artérias não corria simplesmente ar, mas sim, sangue. Ele afirmou que o coração era um músculo com diferentes planos de orientação, o que permitia uma atividade forte e incessante, reconhecendo que o ventrículo esquerdo era naturalmente mais hipertrofiado do que o ventrículo direito. Na visão de Galeno, a bomba propulsora de sangue não seria propriamente o coração, mas, sim, as artérias devido à elevada densidade de sua túnica. Elaborou a ideia do sangue de artérias e veias ser qualitativamente diferente em temperatura e consistência. Logicamente, por estudar somente corpos de animais alguns erros cometidos por Galeno foram inevitáveis ao transpor seus achados aos cadáveres humanos.

Idade Média (476 - 1.453 d.C.)

Na Europa, após a queda do império romano, os estudos acadêmicos, especialmente os relacionados à anatomia, foram controlados pelo alto clero e ficaram restritos ao interior dos mosteiros medievais e utilizados em prol dos interesses da igreja católica. Os estudos de Galeno se enquadravam nas doutrinas católicas medievais, seus trabalhos foram manuscritos por monges copistas e, na época, qualquer nova ideia sobre forma ou função do corpo deveria estar rigorosamente de acordo com a anatomia e a fisiologia por ele descrita.

Já na Pérsia, não manipulada pela Igreja Católica, grandes pesquisadores contribuíram para a história da anatomia do sistema cardiovascular. Foram eles: Rasis (quem discordou de Galeno sobre a presença de osso cardíaco, erro atribuído à extrapolação da dissecação de animais da espécie bovina ao estudo da anatomia de outras espécies como a humana), Haly Abbas (quem

descreveu a presença de duas camadas musculares na parede das artérias pulmonar, aorta e coronárias), Avicena (quem adotou o modelo anatômico cardiocêntrico de Aristóteles, com sístoles e diástoles cardíacas ocorrendo entre poros no septo interventricular) e al-Nafis (que sugeriu que o sangue não entremeava o septo interventricular, mas sim, circulava nos pulmões através de conexões minúsculas entre artérias e veias pulmonares).

Somente durante o Renascimento, instaurou-se uma nova anatomia na Europa, norteadas pelo então ideário humanista e clássico em meados dos anos 1.400 *d.C.* Especialmente na Itália, frente a uma vanguarda artística e intelectual inspirada nos antigos gregos e romanos e concebendo a arte voltada à natureza e ao Homem nu (em partes, livre dos tabus medievais), uma corrente singular de estudos sobre anatomia suscitou com a possibilidade de aprendizagem diretamente a partir da inspeção do corpo. Nessa época, muitas pranchas, tratados e outros estudos sobre anatomia foram publicados, aproximando a ciência com a arte nas famosas produções artístico-científicas renascentistas como as produzidas.

Leonardo da Vinci foi primeiro a fazer desenhos precisos sobre o coração (figura 1) e a válvula mitral, além de descrever em pormenores as estruturas ventriculares.

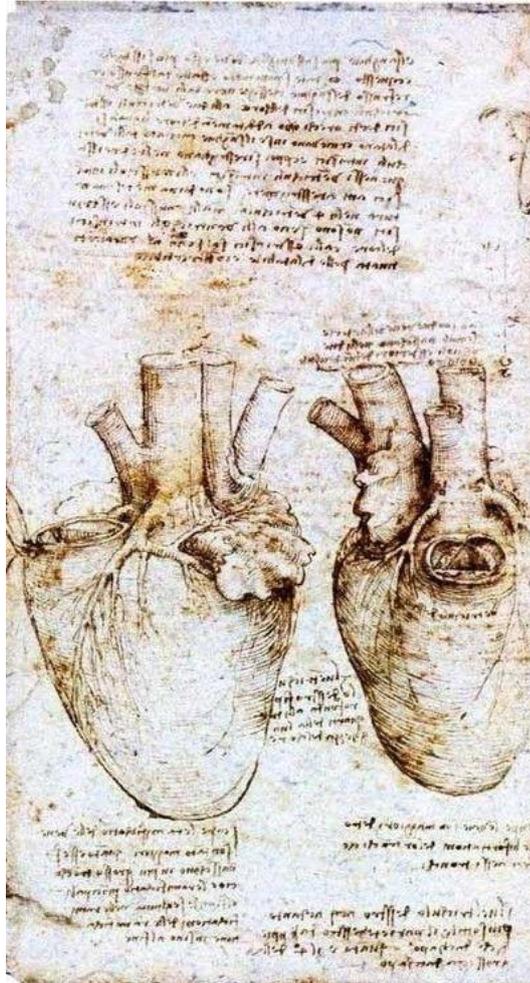


Figura 1: Esboços do coração desenhados por Leonardo Da Vinci. Fonte: Pinterest (2019).

Da Vinci, sendo um artista-cientista, contrapôs então na Europa alguns estudos de Galeno sobre o miocárdio.

Idade Moderna (1.453-1.789 d.C.)

Miguel Servet caracterizou em seus estudos a circulação pulmonar, afirmando que as trocas gasosas e a mudança na coloração do sangue ocorrem nos pulmões. Enquanto isso, André Vesálio retificou muitos equívocos cometidos por Galeno. Posteriormente, Realdo Colombo concluiu a ausência de poros no septo cardíaco, corrigindo definitivamente muitos erros da anatomia do sistema cardiovascular.

Colombo, ao contrário de Vesálio, descreveu corretamente a circulação pulmonar em que a artéria pulmonar se encontra repleta de sangue em seu

lúmen e que, pela presença das válvulas cardíacas, não era possível o retorno de sangue arterial aos pulmões. Anos mais tarde, Girolamo Fabrizio identificou as válvulas venosas que impedem o refluxo de sangue dentro das veias, demonstrando o fluxo sanguíneo periférico.

Foi somente a partir do inglês William Harvey, que a investigação científica sobre o sistema cardiovascular (especialmente da espécie humana) realmente uniu apontamentos da anatomia à fisiologia. Ele comprovou a função do coração no bombeamento sanguíneo, mantendo um fluxo de sangue em uma complexa rede de vascularização fechada nos animais cordados.

Seus estudos alteram profundamente a concepção de organismo, as primeiras observações ocorreram a partir da demonstração da circulação sanguínea em répteis e, posteriormente, foram aprimoradas através de experiências aplicando torniquete ao braço humano, o que permitiu elucidar o retorno venoso da circulação sanguínea. Harvey, ao concluir que os mamíferos possuem um circuito circulatório fechado (completo), onde o sangue sofria diversas passagens, constatou que o sangue arterial (oxigenado) é ligeiramente mais brilhante que o sangue venoso (rico em gás carbônico) que apresenta por sua vez coloração mais opaca sendo este oriundo dos tecidos. Reconheceu o coração como um músculo (miocárdio), porém com características muito distintas da musculatura esquelética: a musculatura cardíaca é encarregada de impulsar o sangue a todo o corpo através dos batimentos gerados no próprio coração. Ele procurou pesquisar a anatomia a partir de bases mecânicas e físicas do organismo, desprendendo-se do pensamento teológico conservador ainda predominante até então. No entanto, negligenciou algumas premissas da física que emergiram com a Revolução Científica, como as concepções formuladas por Galileu Galilei, René Descartes e Francis Bacon. Um ponto que Harvey deixou de esclarecer é como então ocorrem as trocas gasosas (hematoses).

A Revolução Científica, enfim, conseguiu desvincular a ciência da teologia, passando a adotar o método científico e a experimentação animal. Assim, houve maior destaque para as pesquisas quantitativas em relação à puramente qualitativas. Tendo a matemática e a estatística grande valorização

nessa época, medidas de comprimento, amplitude, profundidade e movimento foram entrepostas de maneira mecânica e o corpo entendido, então, como uma máquina. Finalmente, Harvey descreveu que a válvula pulmonar evita o refluxo de sangue ao coração pela artéria pulmonar e reconheceu as porosidades dos pulmões. Só mais tarde, tais porosidades foram reconhecidas como capilares pulmonares por Marcello Malpighi que examinou os cortes de pulmão pela microscopia óptica.

Idade Contemporânea

Nesse período, o positivismo de Augusto Comte incentivou a instrumentalização das ciências biomédicas, oferecendo bases concretas para novas descobertas, inclusive no âmbito anatômico com o aperfeiçoamento das técnicas de medição e aferição semiológica. A partir daí, não mais se abordava novas estruturas corpóreas uma vez que quase todas já estavam descritas e identificadas, mas, sim, novos métodos de investigação científica pela possibilidade de visualização interna do corpo principalmente pela evolução da área de diagnóstico.

Em 1816, René Laennec inventou o estetoscópio, permitindo a ausculta cardiorrespiratória. Em 1830, o microscópio óptico foi aperfeiçoado através da correção de distorções de lentes, o que comportou avanços na histologia cardíaca, enquanto a microscopia avançada permitiu o desenvolvimento da citologia por Rudolf Virchow e da bacteriologia por Louis Pasteur e Robert Koch.

Em 1868, o químico alemão August Wilhelm von Hoffmann, descobriu a fórmula do popular formol e passou a utilizá-la como solução fixadora para conservação de cadáveres nos laboratórios de anatomia. Em 1895, o professor de física alemão Wilhelm Roentgen apresentou à comunidade científica a primeira imagem através da radiologia. Em 1896, o fluoroscópio permitiu uma imagem interna, porém transitória, do interior do corpo, possibilitando a visualização dos movimentos do coração e o funcionamento dos pulmões. Em 1910, através do exame radiográfico permitiu-se a constatação de que as disposições anatômicas entre órgãos internos se alteram em função do

posicionamento do corpo, assim, o diagnóstico por imagem proporcionou a análise de informações imagéticas internas sob um ponto de vista até então inimaginável.

O século XX foi caracterizado por uma efervescência na imagiologia médica. Na Medicina veterinária, foram estabelecidos os valores de referências para as medidas da silhueta cardíaca por exame radiográfico, redefinindo o que seriam as condições híginas e as patológicas para o coração. Posteriormente, foram aplicadas as técnicas de eletrocardiografia, ecocardiografia, ressonância magnética e tomografia computadorizada para a Medicina Veterinária, tendo início com a cardiologia de pequenos animais e depois ampliando o estudo para grandes animais e silvestres.

O século XXI trouxe tecnologias inovadoras que quantificam e identificam moléculas no tecido orgânico. As ciências ômicas propiciou o estudo do sistema cardiovascular pelo ponto de vista da genômica e da metabolômica (especialmente a lipidômica e a proteômica). Não obstante, o estudo da matriz extracelular permitiu a diferenciação de células progenitoras e a criação de órgãos artificiais com recuperação funcional *in vivo* para transplante cardíaco.

Considerações finais

A evolução histórica sobre o estudo morfofisiológico do sistema cardiovascular foi baseada na curiosidade de grandes pesquisadores ao longo do tempo e no estabelecimento de um método científico crucial para a descrição minuciosa das estruturas corpóreas: a dissecação. É inevitável que cada cientista, educado por tratados de anatomia anteriores a sua época, foram corrigindo século após século os erros aos quais se depararam, incrementando assim o conhecimento a respeito do coração e dos vasos sanguíneos. Embora alguns desses erros tenham confundido os estudos, não se pode de maneira presunçosa julgar o passado como inadequado perante o panorama atual vivido na medicina (seja esta humana ou veterinária), pois tais equívocos e imprecisões com certeza forneceram subsídios para a construção de uma nova ciência morfológica, apoiada no aprimoramento das técnicas anatômicas.

ETIMOLOGIA PARA ANATOMIA CARDÍACA

Catia Helena de Almeida Lima Massari

A Etimologia é a parte da gramática que estuda a origem dos termos. Para se familiarizar com as palavras rotineiramente usadas para Anatomia Cardíaca, é importante o estudante compreender o significado do vocabulário próprio da Medicina Veterinária, através da análise dos elementos que o constitui.

A Anatomia Animal, assim como outras áreas das Ciências Veterinárias, como a Histologia e a Embriologia Animal, possui uma linguagem própria. Muitas de suas palavras derivam de línguas antigas como o grego e o latim.

Nota-se que para normatizar esses nomes foi criada uma terminologia baseando-se principalmente no latim. A *Nomina Anatomica Veterinaria* é usada para anatomia macroscópica, sua sexta edição (2017) foi elaborada pelo *International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature*. Já a *Nomina Histologica Veterinaria* é usada para anatomia microscópica e, em sua quinta edição (2017), foi preparada pelo *International Committee on Veterinary Histological Nomenclature*. Por fim, a *Nomina Embryologica Veterinaria* é usada para anatomia do desenvolvimento animal e, em sua segunda edição (2017), foi desenvolvida pelo *International Committee on Veterinary Embryological Nomenclature*. As versões digitais desses documentos podem ser obtidas gratuitamente em: <http://www.wava-amav.org/wava-documents.html>.

Seguem a seguir, portanto, a explicação dos significados dos termos mais usados para Anatomia Cardíaca.

Anastomose – do grego *ana* = através de; *stoma* = entrada, boca. Ligação por meio de um bocal unindo vasos sanguíneos; junções arteriovenosas.

Aorta – do grego *aortes* = faca de cabo curto e curvo. Estrutura semelhante ao principal tronco arterial do sistema circulatório, qual sai do ventrículo esquerdo

transportando sangue rico em oxigênio para todos os órgãos do corpo animal através de suas derivações arteriais.

Artéria – do grego *isso* = ar; *terein* = conter. Os gregos antigos acreditavam que as artérias conduziram essencialmente ar em seus lúmens enquanto as veias conduziram sangue. Certamente isso se deu pela observação das dissecações uma vez que no cadáver se encontram vazias enquanto as veias colabadas.

Átrio – do latim *atrium* = sala íntima. Na Roma antiga, era o pátio na entrada de um edifício, era também considerado o grande aposento central da casa romana com lareira num dos cantos e um tanque de mármore no outro sobre o qual havia uma abertura que captava a água da chuva. Este grande salão de recepção não apresentava janelas, apenas um orifício no teto para escape da fumaça da lareira. Na anatomia, átrios são as câmaras cardíacas que recebem o sangue no coração, pelas veias cavas no átrio direito e veias pulmonares no átrio esquerdo.

Aurícula – do latim *auricula* = orelha pequena. As aurículas dos átrios cardíacos foram assim denominadas por Erasístrato, pela semelhança com as orelhas de um cão.

Cardiomiócito – do latim *kardia* = coração; *mys* = músculo. Denomina as células musculares estriadas que formam o músculo cardíaco, ou seja, as fibras musculares estriadas cardíacas.

Carótida – do grego *karotides* = adormecer, dormir. Na Grécia antiga, os caçadores imobilizavam certos animais apertando-lhes estas artérias o que resultava em desmaio. As artérias carótidas levam sangue arterial para a região da cabeça, passando pela região cervical do corpo animal.

Coração – do latim *cordis*, *cor*; do grego *kardia* = coração. Para os antigos romanos, o coração era a sede da coragem. No Romantismo, o coração era o local que guardava a poesia e a memória, dessa maneira, quando se sabe algo “de cor” é porque se aprendeu com o coração como aponta a expressão inglesa “*to learn by heart*”.

Coronária – do latim *coronarius* = em forma de coroa. É uma anastomose de veias na parede externa do coração formando um grande vaso, o seio coronário, que coleta sangue venoso do próprio miocárdio.

Cúspide – do latim *cuspis* = ponta de lança. As cúspides são estruturas pontudas como as válvulas que compõem as valvas atrioventriculares.

Endocárdio – do grego *endo* = dentro; *kardia* = coração. É a membrana serosa que reveste internamente o coração.

Endotélio – *endo* = dentro; *telen* = afastado. É a camada de tecido epitelial simples que reveste internamente a parede das grades vasos sanguíneos e linfáticos.

Epicárdico – do grego *epi* = sobre; *kardia* = coração. Camada que reveste externamente o coração.

Jugular – do latim *jugulum* = garganta. A palavra jugular foi introduzida pelo monge beneditino Nicolaus Rubertus, o primeiro tradutor latino das obras de Galeno, sendo uma adaptação livre do termo “*flebos sphagites*” (veia do sacrifício por onde escorre o sangue de um animal degolado).

Linfonodo – do latim *limpha* = água; *nodus* = nó, nódulo. Os linfonodos são pequenos órgãos encapsulados constituídos por tecido linfoide e com as funções de filtrar a linfa e proliferar linfócitos.

Mediastino – do latim *mediatinum* = colocado no meio. É o local no centro da cavidade torácica onde se encontra o coração.

Miocárdio – do grego *myo* = músculo, *kardia* = coração. É o músculo estriado cardíaco.

Mitral – do latim *mitra* = turbante. A valva mitral, ou atrioventricular esquerda, com suas duas cúspides lembra uma mitra, chapéu fendido usado pelos papas da Igreja Católica.

Pericárdio – do grego *peri* = ao redor de; *kardia* = coração. Membrana fibrosa de origem mesodérmica que envolve o coração; possui função de proteção do músculo cardíaco.

Sístole – do grego *syn* = unido, junto; *stellein* = aperto. É o momento de contração do músculo cardíaco, quando o sangue é ejetado para fora do órgão através das artérias da base cardíaca.

Tricúspide – do latim *tres* = três; *cuspis* = ponta. A valva tricúspide é composta por três folhetos valvulares, permitindo a passagem de sangue venoso do átrio direito ao ventrículo direito.

Valva – do latim *valva* = cada uma das folhas de uma porta dupla ou cada uma das conchas duplas de um molusco bivalve. Valvas atrioventriculares permitem a passagem de sangue dos átrios para os ventrículos e se fecham durante a sístole cardíaca para evitar o refluxo de sangue.

Válvulas – do latim *valvula* = diminutivo de valva. São os folhetos ou as cúspides das valvas atrioventriculares (tricúspide e bicúspide).

Veia – do latim *vena* = via, caminho. As veias trazem sangue ao coração.

Ventrículo – do latim *ventriculus* = ventre pequeno. São cavidades ocas na parte ventral do coração.

ANGIOTÉCNICAS ANATÔMICAS

Catia Helena de Almeida Lima Massari

Os corpos são essenciais para ensino e pesquisa na Medicina Veterinária e entender sua estrutura é a base para o conhecimento clínico e o desenvolvimento científico. Os cadáveres obrigatoriamente devem possuir origem ética e *causa mortis* diagnosticada pelo Médico Veterinário responsável pelo atestado de óbito. Também há necessidade de aprovação legal em Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA antes de dar início a qualquer procedimento no laboratório.

A fixação de cadáveres objetiva evitar a decomposição, ou seja, interromper o metabolismo celular. Desse modo, cessa qualquer reação bioquímica, desnaturando as biomoléculas intrínsecas (particularmente as enzimas proteolíticas que digeririam a amostra). Também protege uma amostra de dano extrínseco possivelmente a ser causado por microrganismos oportunistas. Diversas substâncias podem ser utilizadas como fixadoras como, por exemplo, formaldeído, glicerina, álcool etílico (96° GL) e fenol. Todas essas alteram as células ou os tecidos num nível molecular, aumentando sua resistência mecânica ou estabilidade; a rigidez ajuda a preservar a morfologia (forma e estrutura) de uma amostra que pode ser processada para análises posteriores. Diante disso, a formolização é o processo para fixação mais utilizado nas universidades brasileiras.

A formolização consiste na fixação das peças anatômicas através do uso de formol ou aldeído fórmico ou formalina. Este produto químico foi descoberto em 1868 e usada pela primeira vez em 1893. Consiste em uma substância gasosa utilizada em solução aquosa a 40% sendo rotineiramente preparada em solução aquosa a 10% para fixação de peças anatômicas (100ml de formol puro + 900ml de água corrente = 1L de solução). Deve ser injetada com o auxílio de equipo na artéria femoral e na artéria carótida comum do cadáver para uma boa distribuição por todos os tecidos do organismo animal.

No entanto, o uso do formol deve ser cauteloso. Por um lado, as vantagens abrangem o fato de este ser um potente bactericida, fungicida, virucida e esporicida, possuir baixo custo, ser de fácil preparo sua solução a 10% (pronta para uso). Por outro lado, as desvantagens estão associadas aos riscos de carcinogenicidade e teratogenicidade aos indivíduos expostos ao produto, corroborando para doença ocupacional a docentes, discentes e funcionários submetidos à exposição tóxica no laboratório. Também provoca muita irritação ao trato respiratório e aos olhos da equipe envolvida. O formol também é altamente tóxico ao meio ambiente (não pode ser descartado no esgoto comum). Ademais, a peça adquire coloração escura diferente da cor original.

Já na etapa de conservação das peças cadavéricas, o objetivo é manter em bom estado e armazenar as peças anatômicas durante o período letivo. A solução salina hipersaturada (cloreto de sódio a 30%) é o principal conservante utilizado nas peças anteriormente fixadas. Ela possibilita o estudo imediato (sem necessidade de lavar antes em água corrente), sendo inodora, atóxica, economicamente viável. Todavia, para uma boa conservação faz-se também necessária uma gestão ambiental adequada com controle de temperatura, umidade, tanques adequados, higiene local e controle de pragas (insetos, artrópodes, roedores) no laboratório, além da identificação correta das peças anatômicas.

Uma vez que a peça anatômica já passou pela fixação e encontra-se em boa conservação é possível iniciar a dissecação. O ato de dissecar ou a dissecação envolve a abertura e a separação de partes anatômicas de interesse para estudo. É preciso então auxílio de instrumental cirúrgico, geralmente obtido em kit de anatomia para dissecação, com os seguintes itens: caixa de inox para guarda dos instrumentos, cabo de bisturi nº 4, lâminas de bisturi para cabo nº 4, pinça anatômica com dente de rato 16 cm, pinça anatômica com serrilha 16 cm e tesoura cirúrgica 15 cm.

Para estudar o coração, após a dissecação, existem diversas técnicas anatômicas para preparação da peça, são chamadas de angiotécnicas uma vez que o conhecimento deste órgão pertence à angiologia. As angiotécnicas

servem para estudar não somente coração, mas também artérias, veias e vasos linfáticos, além das vias excretoras (figura 2).



Figura 2: Técnica anatômica de injeção e corrosão em rins de suíno. Fonte: Museu de Anatomia Veterinária (2019).

A técnica de eleição deve ser a que atende ao propósito do estudo que se deseja desenvolver, a saber: a) manutenção da forma e do aspecto do coração: fixação; b) estudo das cavidades do coração: modelagem; c) estudo de estruturas internas por transparência: diafanização (figura 3); d) estudo da distribuição de vasos em órgãos: injeção vascular associada à dissecação, diafanização ou corrosão.

As técnicas de repleção e corrosão consistem na injeção intravenosa na peça cadavérica de resina sintética como látex ou vinilite (acetato de vinil ou resina vinílica) e posterior corrosão do órgão por ácido clorídrico (HCl), assim permanecendo apenas o material plástico injetado no percurso do vaso.



Figura 3: Técnica anatômica de diafanização cardíaca. Fonte: Museu de Anatomia Veterinária (2019).

A plastinação, técnica criada por Gunther Von Hagens em 1977, consiste extrair os líquidos corporais (tais como a água e os lipídios) através de métodos químicos com a submersão em acetona fria e morna, para substituí-los em seguida por resinas elásticas de silicone e rígidas (epóxicas) (figura 4). Esta técnica anatômica abrange as seguintes etapas: fixação, desidratação, impregnação forçada e endurecimento. Através dela, é possível uma ótima conservação de textura, coloração e aproximação ao estado real, porém ela requer um alto grau de especialização e infraestrutura para sua elaboração, apresentando custo elevado.

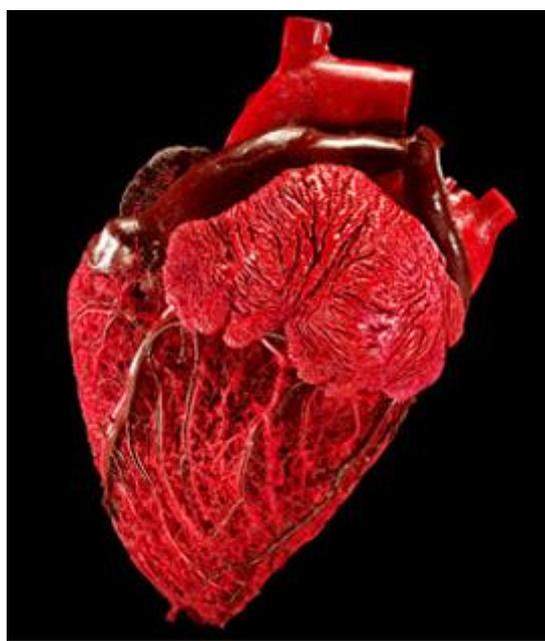


Figura 4: Coração bovino plastinado. Fonte: *Animal Inside Out*, da série *Body World* (2018).

A modelagem artesanal consiste em produzir réplicas das peças anatômicas através de materiais como gesso, argila, massa acrílica ou biscuit (figura 5).

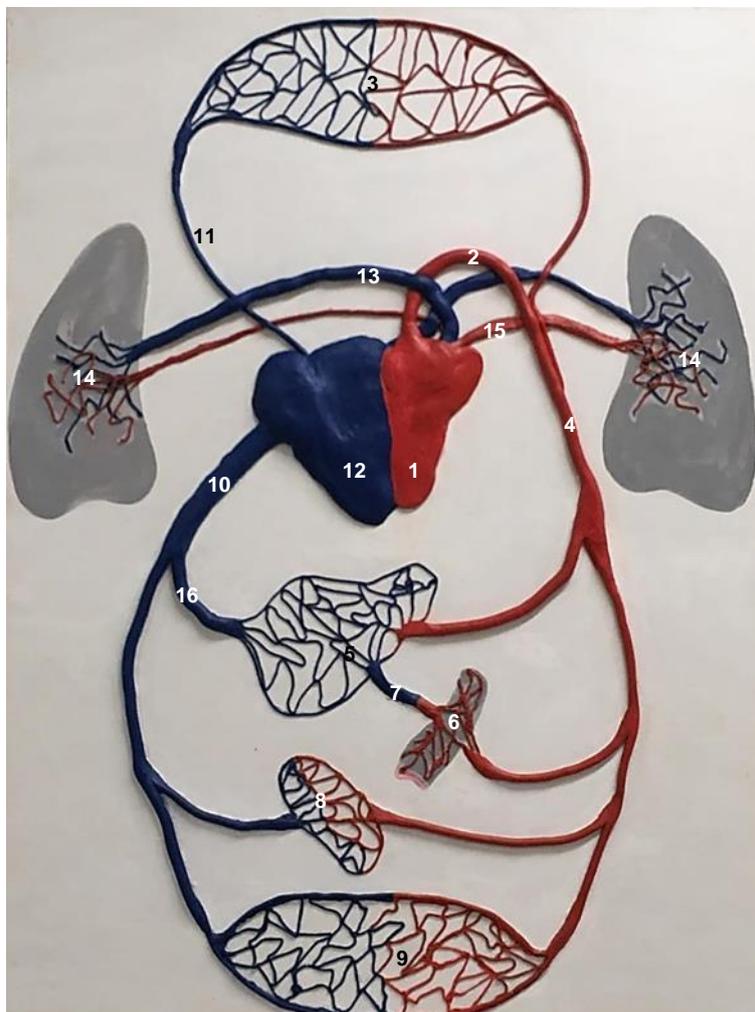


Figura 5: Modelo em massa acrílica a respeito das circulações sistêmica e pulmonar. 1, ventrículo esquerdo; 2, artéria aorta; 3, leito capilar da cabeça, pescoço e membro torácico; 4, artéria aorta abdominal; 5, fígado; 6, leito capilar dos intestinos; 7, veia porta; 8, leito capilar dos rins; 9, leito capilar da parte caudal do corpo animal; 12, ventrículo direito; 13, tronco arterial pulmonar; 14, leito capilar dos pulmões; 15, veia pulmonar; 16, veias hepáticas. Fonte: Massari (2019).

Também existem modelos sintéticos comerciais para estudo (figura 6).

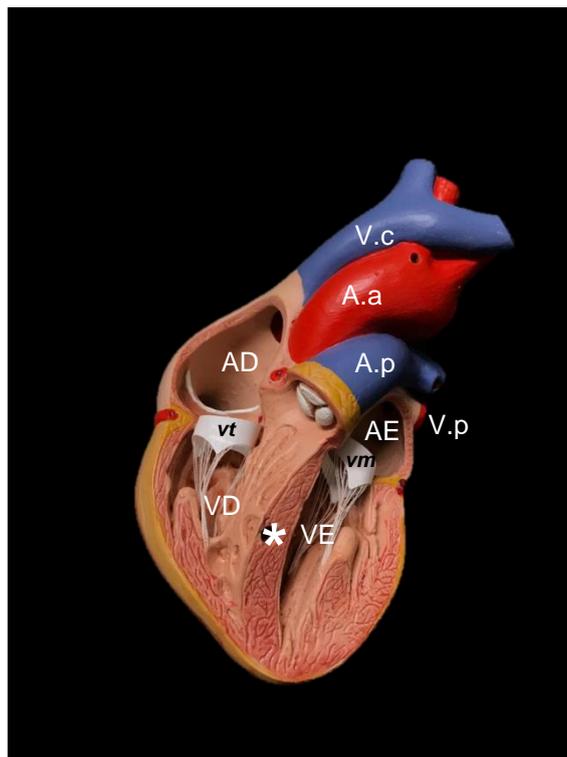


Figura 6: Estruturas internas em molde de coração sintético. AD, átrio direito; VD, ventrículo direito; AE, átrio esquerdo; VE, ventrículo esquerdo; * septo interventricular; V.c., veia cava; A.p, artéria pulmonar; V.p, veia pulmonar; A.a, artéria aorta; vt, valva tricúspide (valva atrioventricular direita); vm, valva mitral (valva atrioventricular esquerda). **Fonte:** Massari (2019).

A impressão 3D é uma técnica inovadora para a produção de peças sintéticas através da prototipagem rápida, conhecida também como fabricação aditiva (figura 7). Uma impressora 3D geralmente imprime os biomodelos usando dois tipos de filamentos: ABS ou PLA. O ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno) é composto por derivados do petróleo enquanto o PLA (ácido poliláctico ou polilactida) é constituído por amido vegetal. Este processo foi desenvolvido a partir de princípios de estereolitografia aplicada para a impressão de modelos com superfícies trianguladas em plástico. Assim, o objeto, pode ser criado através de software de projetos tridimensionais auxiliados por computador e foi subsequentemente salvo como um arquivo .STL. As coordenadas espaciais dos vértices de cada mini-triângulo formado são armazenadas na extensão .STL e essa informação é transmitida à impressora para deposição de camada em cima de camada de filamento semifundido.

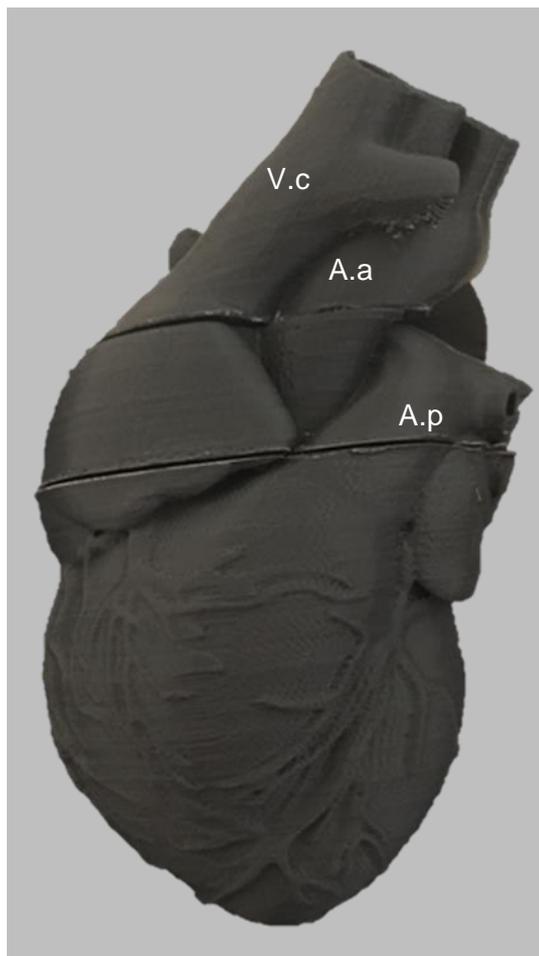


Figura 7: Molde sintético de coração impresso em ABS com duas secções na altura dos átrios. V.c, veia cava; A.p, artéria pulmonar, A.o, artéria aorta. Fonte: Massari (2019).

Por fim, a dissecação virtual também é um método de estudo do sistema cardiovascular através da mesa de Anatomia Digital para uso em Medicina Veterinária onde se pode observar órgão de diferentes espécies animais e, inclusive, mesclar o estudo da anatomia macroscópica com o diagnóstico por imagem (figura 8).



Figura 8: Abordagem das estruturas do sistema cardiovascular através do MaxPad[®]. **Fonte:** Massari (2019).

ANATOMIA DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CARDIOVASCULAR

Marcos Paulo Batista de Assunção

O estudo da Anatomia do Desenvolvimento do sistema cardiovascular é de extrema importância visto este é o primeiro sistema funcional a se formar no embrião.

Em seu desenvolvimento inicial, o embrião é nutrido pela difusão do fluido secretado pelas glândulas uterinas para o interior da cavidade uterina no endométrio das espécies de mamíferos. Mediante a complexidade e aumento corporal do embrião, o mesmo necessita de um sistema que dê condições para que ocorra a distribuição de oxigênio, nutrientes e, para, além disso, que remova dióxido de carbono e metabólitos. Com isso, surge a necessidade da formação do sistema cardiovascular, para que seja possível atender a toda essa demanda metabólica correspondente ao crescimento embrionário.

Um modelo animal muito utilizado para estudar embriologia é a galinha (*Gallus gallus domesticus*). Os primeiros estudos sobre o embrião foram feitos analisando o desenvolvimento de aves por Aristóteles na Grécia Antiga. Em seu tratado, intitulado *De Generatione Animalium* (Da Geração dos Animais), o filósofo grego relata que diferentes órgãos se formam em uma massa não diferenciada por uma cascata de mudanças graduais, levando a um todo bem organizado, que é o embrião. Até hoje, as pesquisas sobre a Anatomia do Desenvolvimento empregam frequentemente esta espécie como modelo devido ao grande tamanho de seu ovo e a facilidade de aquisição.

O sistema cardiovascular propriamente dito tem sua formação e funcionamento de forma coordenada a partir dos primeiros dias de vida do embrião. Na galinha, a partir do quarto dia de seu desenvolvimento já é possível de ser observado (figura 9).



Figura 9: Desenvolvimento do sistema cardiovascular (área demarcada em branco) a partir do quarto dia de incubação em temperatura à 37°C de embrião de espécie galinácea. Imagem obtida por meio de filmagem no momento da coleta do embrião. Fonte: Assunção (2019).

Nesta mesma espécie, é possível notar ainda a eminência cardíaca no quarto dia do seu desenvolvimento (figura 10).



Figura 10: Vista lateral esquerda de embrião de galinha no quarto dia de desenvolvimento. Por meio do asterisco (*) é possível notar a região de eminência cardíaca. Barra = 1 cm. Fonte: Assunção (2019).

A formação das células hematopoiéticas, quais futuramente irão formar as células sanguíneas, é de fundamental importância para a construção e o funcionamento do sistema cardiovascular, uma vez que, o processo de produção, desenvolvimento e maturação dos elementos figurados do sangue consiste em um precursor celular que se sobrepõe em três períodos do desenvolvimento. Primeiramente no saco vitelínico, no *período mesoblástico* ocorre a formação de células sanguíneas. Já no *período hepatolienal*, baço e fígado tornam-se os principais órgãos a formar tais elementos do sangue para atender as necessidades vitais do organismo. Finalmente, no *período medular* ocorre a formação da medula óssea vermelha no interior dos ossos longos e, então, a mesma assume o papel de tecido primordial formador de hemácias, leucócitos granulares e plaquetas sanguíneas.

Com a formação das células hematopoiéticas e após o desenvolvimento e a maturação dos elementos figurados do sangue que ocorre nos três períodos mencionados, o desenvolvimento do coração no mediastino ocorre a partir do tubo cardíaco. Após sofrer o dobramento embrionário, o coração adquire um formato de ferradura e se reposiciona no interior da cavidade pericárdica ventralmente ao disco embrionário (figura 11).

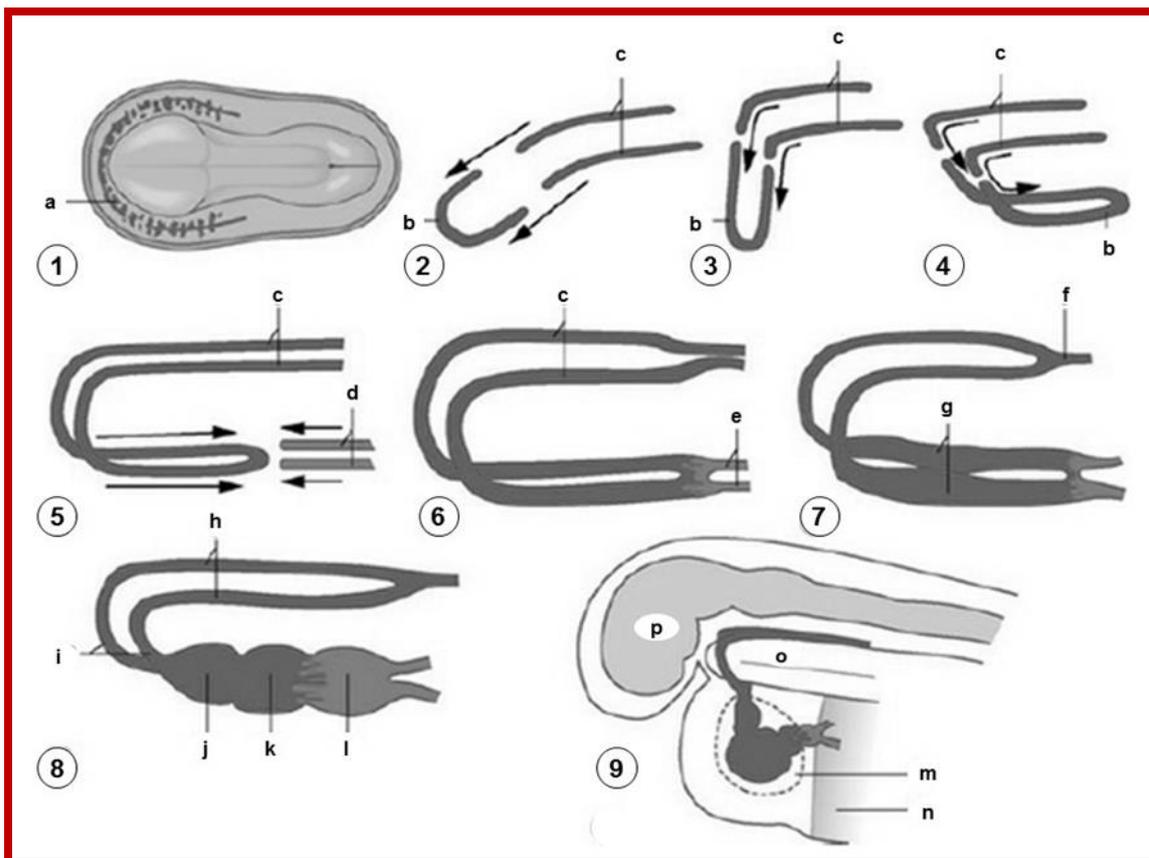


Figura 11: Desenvolvimento embrionário e posicionamento das aortas dorsais e ventrais do sistema cardiovascular. **1)** Vista dorsal do embrião apresentando cranialmente a região cardiogênica (*a*). **2)** Com a dobra craniocaudal do embrião, o tubo cardíaco (*b*) é trazido para a posição caudoventral. O desenvolvimento das aortas dorsais aproxima o tubo cardiogênico. **3 à 5)** O tubo cardiogênico (*b*) é posicionado ventralmente às artérias aortas dorsais (*c*) e às veias vitelinas (*d*) aproximadas do tubo cardiogênico. **6)** A porção caudal do tubo cardiogênico funde-se (*e*) com a porção cranial das veias vitelinas. **7)** A porção caudal das artérias aorta dorsal funde-se (*f*) e há a fusão dos dois lados do tubo cardíaco (*g*). **8)** As artérias aortas dorsais (*h*) e ventrais (*i*) estão formadas, e o coração em desenvolvimento forma o bulbo arterioso (*j*), ventrículo (*k*) e átrio (*l*). **9)** Visão global do posicionamento do coração em desenvolvimento e das artérias aortas ventrais e dorsais. *m*: Cavidade pericárdica; *n*: Septo transversos; *o*: Intestino primitivo; *p*: Vesículas cerebrais. Fonte: Adaptado de McGaedy et al. (2006) e Hyttel et al. (2012).

As extensões anteriores do tubo cardíaco em formato de ferradura desenvolvem-se nas duas artérias aortas ventrais, enquanto que a porção crescente caudal entra em contato com o sistema venoso em desenvolvimento. Em paralelo com a prega craniocaudal, um dobramento move as pregas laterais do disco embrionário em direção à outra linha mediana do embrião. A prega lateral propriamente dita aproxima-se gradualmente as porções posteriores das duas aortas ventrais ao intestino anterior. Para além disso, as porções das duas artérias aortas fusionam-se formando um tubo único que se estende cranialmente ao tubo cardíaco.

O tubo cardíaco, em sua extremidade cranial, será alinhado com duas artérias aortas ventrais e, com isso, as saídas do coração são definidas. Já a sua extremidade caudal, une-se ao sistema venoso e, com essa junção são definidas todas as portas de entrada do coração. Neste sentido, o tubo cardiovascular expande-se com um diâmetro capaz de bombear todo o sangue para as artérias aortas ventral, para o arco aórtico e conseqüentemente para as artérias aortas dorsais. O referido tubo recebe a drenagem venosa no polo caudal.

O sistema cardiovascular em seu desenvolvimento inicial consiste em um pequeno tubo que embriologicamente é classificado como simples (tabela 4). Os batimentos iniciam-se, então, de forma coordenada nas diferentes espécies animais.

Suínos (<i>Sus scroffa</i>)	22° dia de gestação
Caninos (<i>Canis lupus familiaris</i>)	23° dia de gestação
Bovinos (<i>Bos taurus</i>)	23° dia de gestação
Equinos (<i>Equus caballus</i>)	24° dia de gestação

Tabela 4: Dias do desenvolvimento embrionário em que se origina o batimento cardíaco.
Fonte: Assunção; Massari (2019).

Antes de ocorrer o desenvolvimento das quatro câmaras cardíacas (átrio direito, átrio esquerdo, ventrículo direito e ventrículo esquerdo) que bombeiam o sangue para o corpo e para os pulmões de forma separadas, uma divisão interna é observada como uma volta em formato de laço junto ao tubo cardíaco.

Com a segmentação do tubo cardíaco e a formação da volta em laço esquematizada na figura 12. Esta estrutura é suspensa pelo mesocárdio dorsal e ventral com transformações anatômicas a ocorrer em poucos dias. Parte das porções do tubo cardíaco se expande mais rapidamente do que em outras regiões. O resultado desta expansão apresenta um tubo segmentado e com dilatações separadas por reentrâncias e, mediante a esta expansão no eixo craniocaudal, as porções de expansão são classificadas anatomicamente como seios venosos onde os vasos do sistema se abrem no interior do tubo cardíaco, o átrio, o ventrículo, o bulbo arterioso e o tronco arterioso, onde as saídas da aorta ventral são encontradas.

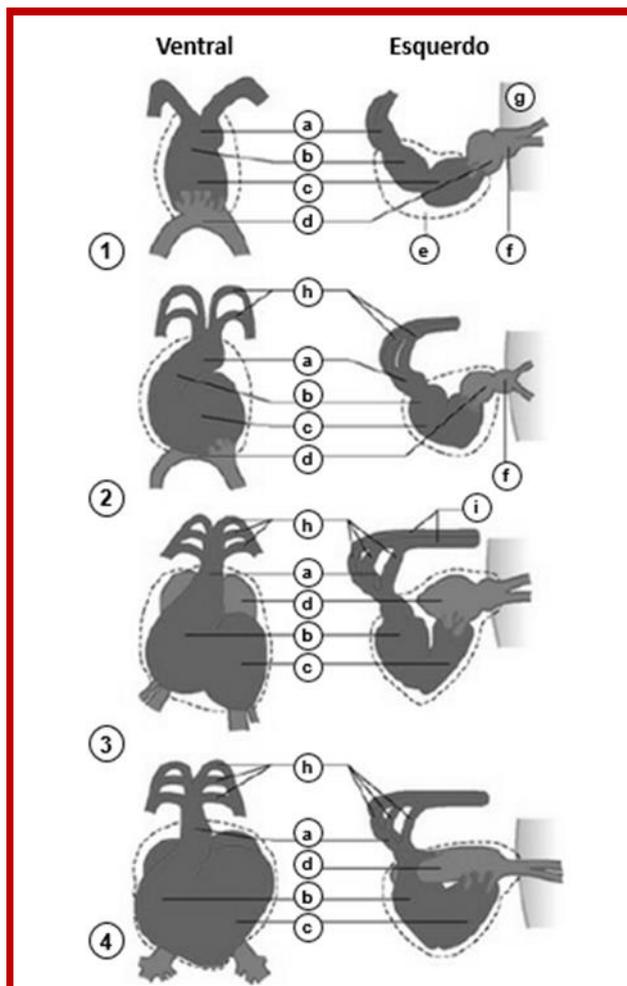


Figura 12: Estágios progressivos referente aos desenvolvimentos ventrais e esquerdos da segmentação e da formação da volta do coração (1 à 4). *a*: Tronco arterioso; *b*: Bulbo arterioso; *c*: Ventrículo; *d*: Átrio; *e*: Cavidade pericárdica; *f*: Seio venoso; *g*: Septo transversal; *h*: Arcos aórticos; *i*: Artérias aórticas dorsais. Fonte: Adaptado de McGaedy et al. (2006) e Hyttel et al. (2012).

O tronco arterioso, formado por células originadas na crista neural, é expandido do tubo cardíaco e conectado por canalículos, ou seja, por canais de pequeno calibre. O tubo cardíaco cresce para o lado externo da cavidade pericárdica e é fixado ao pericárdio em ambas as suas extremidades. Então, o referido tubo adquire uma curvatura em formato de letra “U”, onde ocorre a junção ventricular com o bulbo arterioso, em direção ventral. A curvatura em formato de “U” adquire proeminência e dá forma à protuberância cardíaca.

A protuberância cardíaca formada por meio da curvatura em “U” pode ser claramente observada na superfície externa do embrião das espécies animais, sendo característica específica do desenvolvimento neste estágio. Nos bovinos (*Bos taurus*), a volta em laço cardíaca ocorre no estágio de somitos aos 22 dias do desenvolvimento embrionário. No decorrer de todo esse processo, o

coração bate a um ritmo determinado por uma estrutura presente no seio venoso a qual morfofisiologicamente é denominada de marca-passo.

O coração propriamente dito, durante o desenvolvimento embrionário, é subdividido em septos complexos. Mediante este processo contínuo de expansão, ocorre a incorporação do seio venoso ao átrio, bem como a divisão do canal atrioventricular, divisão do átrio, divisão do ventrículo e do bulbo arterioso, divisão do bulbo arterioso e do tronco arterioso até o desenvolvimento das válvulas cardíacas.

Com a formação do órgão consideravelmente oco, propulsor fundamental no bombeamento sanguíneo, surge a necessidade de um sistema arterial que leve este fluxo sanguíneo para todo o corpo até a periferia. Para tanto, as porções craniais do sistema arterial originam-se dos arcos aórticos principalmente e também das partes craniais das artérias aortas ventrais e dorsais. Já os elementos caudais do sistema em questão se desenvolvem das artérias segmentares que se originam das porções mais caudais e dorsais das artérias aortas. Mas, as últimas artérias se estendem no eixo caudal como um par e, então, após uma determinada distância, fundem-se para formar uma única, não pareada, a artéria aorta.

O segmento não pareado da artéria aorta dorsal permite a origem da artéria aorta torácica e também da artéria aorta abdominal e posteriormente originando seus ramos. Neste sentido, a maioria da porção caudal, a qual se mantém concomitantes, dá-se origem as artérias ilíaca interna, externa e suas extensões. Por fim, a artéria sacral mediana não pareada tem continuidade à aorta caudalmente.

CIRCULAÇÃO FETAL EM MAMÍFEROS

Adriano Ferreira da Silva

Considerações gerais

Os estágios do desenvolvimento intrauterino que se seguem à fecundação são arbitrariamente divididos em duas fases: período embrionário e período fetal. O período embrionário é definido como o intervalo entre a concepção e o desenvolvimento dos primeiros órgãos. Este período, em ovinos, suínos e cães, é de aproximadamente 30 dias enquanto em humanos, equinos e bovinos se estende até aproximadamente 56 dias. Após a fase embrionária inicia-se, então, o período fetal.

A fase fetal corresponde ao rápido crescimento e ganho de peso do corpo e à diferenciação dos seus tecidos, órgãos e sistemas, indo até o nascimento. Durante este período, ocorrem alterações anatômicas e fisiológicas que diferem significativamente do período pós-parto (neonatal).

O coração dos mamíferos, ainda na fase embrionária, se forma por volta do 22º dia de gestação. Seus batimentos se iniciam na 22º dia em suínos, na 23º dia em bovinos e cães e no 24º dia em equinos; nos humanos, entre o 22º e 23º dias. Na vida extrauterina, o oxigênio proveniente do ar entra pelos alvéolos pulmonares e passa para os capilares alveolares, tornando o sangue oxigenado (arterial). Por sua vez, o sangue venoso (rico em gás carbônico), proveniente dos tecidos do corpo, deixa o gás carbônico nos alvéolos, sendo que o elimina para o ar atmosférico.

Na vida fetal, incapaz de respirar o ar do ambiente, intensa fase de crescimento e desenvolvimento, o feto depende completamente da mãe para receber o oxigênio e os nutrientes, não havendo trocas gasosas nos pulmões fetais. Os alvéolos do feto estão repletos de líquido e seus capilares estão contraídos. De que forma o feto consegue obter o oxigênio (e os nutrientes) essenciais à vida de forma eficiente?

Anatomia e fisiologia da circulação fetal

Cordão umbilical

O cordão umbilical é uma estrutura tubular recoberta pela membrana amniótica, contendo três vasos sanguíneos: uma veia umbilical e duas artérias umbilicais (figura 13). Esses vasos sanguíneos encontram-se envolvidos por um material gelatinoso chamado geleia de Wharton ou substância gelatinosa do funículo umbilical. De origem fetal, o cordão conduz o sangue fetal em direção à placenta.



Figura 13: Representação da circulação fetal em bovino. Fonte: Silva (2019).

Placenta

De origem materna e fetal, a placenta é uma estrutura complexa onde ocorrem as trocas gasosas entre o feto e a mãe, sendo de vital importância na vida intrauterina (figura 14). A placenta possui estrutura complexa e sua forma e tamanho varia entre as espécies de mamíferos. Aqui se descreve apenas um resumo de como ocorrem as trocas gasosas em seu interior.

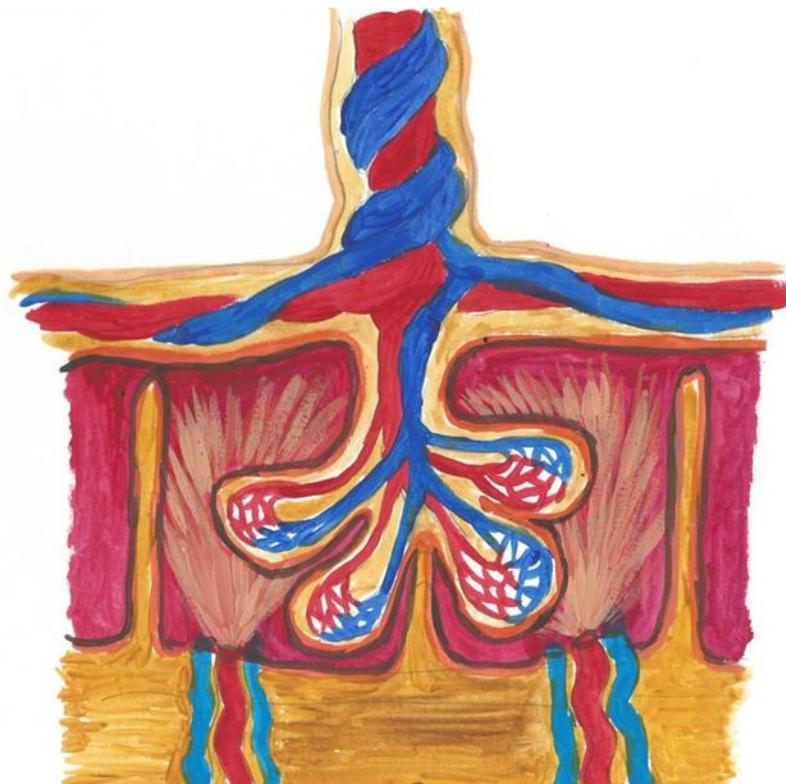


Figura 14: Representação das trocas sanguíneas materno-fetais Fonte: Silva (2019).

As artérias umbilicais, vindas do feto através do cordão umbilical, se ramificam até formar diminutos novelos, chamados de vilosidades coriônicas. Nestas vilosidades encontram-se os capilares, que deixam o gás carbônico e os resíduos do metabolismo fetal (conjunto de reações químicas que fornecem energia através da “queima” dos alimentos com o oxigênio). Por sua vez, estes capilares recebem o oxigênio e os nutrientes da mãe, se reunindo e formando a veia umbilical, retornando ao feto pelo cordão umbilical. O sangue materno se localiza nos espaços intervilosos que banham os capilares fetais. Entretanto, não há passagem direta do sangue materno para o fetal, sendo que os capilares fetais e o revestimento das vilosidades coriônicas constituem a chamada barreira placentária.

A circulação no interior do feto

Diferentemente da circulação pós-natal e do adulto, onde as veias (com exceção das veias pulmonares) levam o sangue venoso para o coração e as artérias (com exceção do tronco e das artérias pulmonares) levam o sangue arterial do coração para as diversas partes do organismo, o feto recebe o sangue arterial proveniente da placenta através da veia umbilical, que desemboca no ramo esquerdo da veia porta (inicialmente são duas veias

umbilicais, mas somente a esquerda se desenvolve). Aqui, o sangue arterial (cerca de 80% de saturação de oxigênio) se mistura com o da veia porta (que traz o sangue venoso dos intestinos para o fígado) e se torna “misto”. Este sangue misto pode ir para o fígado, porém ele é preferencialmente desviado para a veia cava caudal através do ducto venoso.

Na veia cava caudal, este sangue misto se mistura com o sangue venoso vindo da extremidade caudal do corpo e dos membros pélvicos, tornando-se ainda mais “venoso”, isto é, mais rico em gás carbônico. Da veia cava inferior, o sangue chega ao átrio direito, onde recebe o sangue proveniente da extremidade cranial e dos membros torácicos pela veia cava cranial (figura 15).

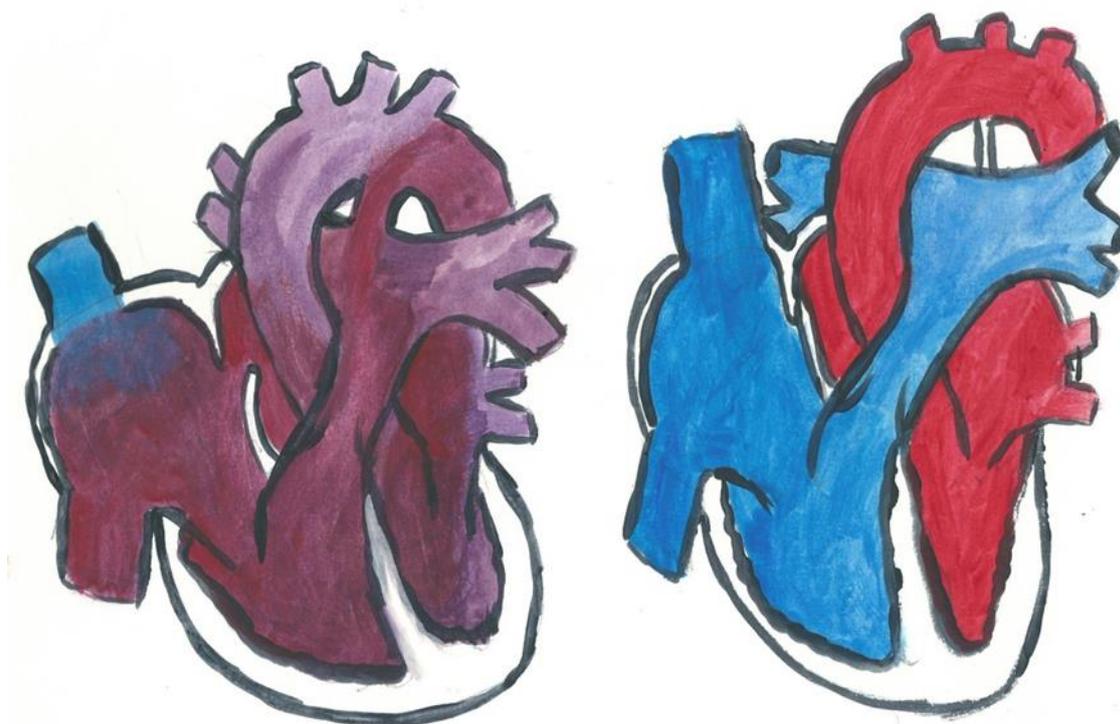


Figura 15: À esquerda: coração fetal; à direita: coração pós-natal. Fonte: Silva (2019).

Como é possível observar, o feto recebe uma quantidade de oxigênio bem menor que após o parto. Assim, ele necessita de “atalhos” que levem o sangue contendo oxigênio o mais rápido possível para os tecidos. Um destes atalhos já foi citado, que é o ducto venoso. Os outros dois são o forame oval e o ducto arterioso.

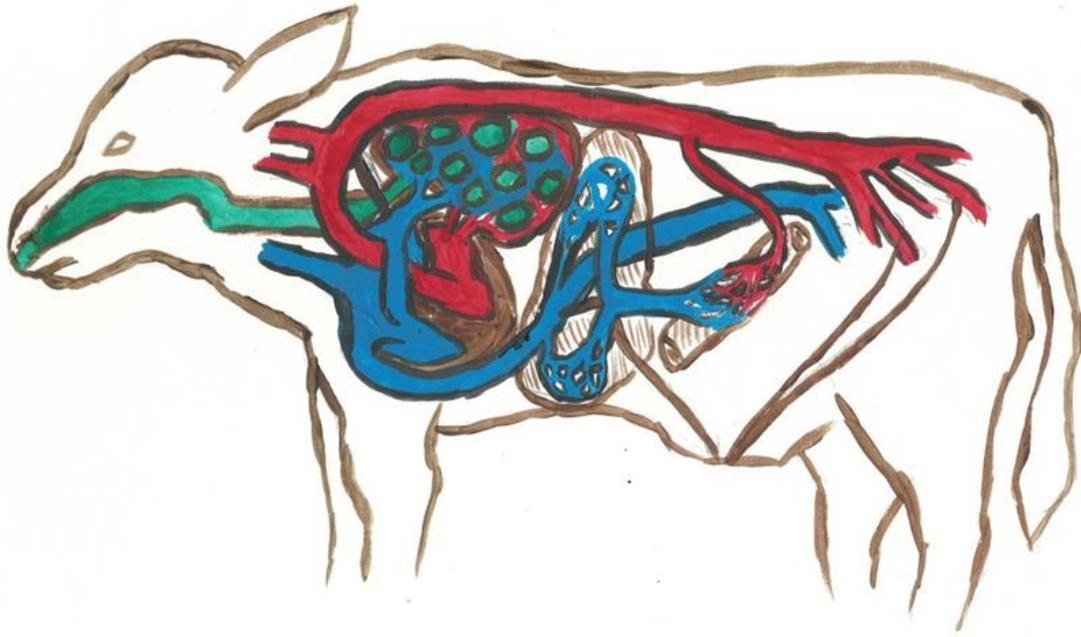


Figura16: Esquema da circulação pós-natal em bovino. Fonte: Silva (2019).

Na vida pós-natal (figura 16) não há comunicação direta entre os átrios, mas, no feto, o forame oval permite que o sangue “misto” passe diretamente do átrio direito para o esquerdo. Assim, ele reduz o fluxo sanguíneo na circulação pulmonar (ventrículo direito, artérias pulmonares, capilares alveolares e veias pulmonares). Do átrio esquerdo o sangue “misto” passa para o ventrículo esquerdo, para a aorta e é bombeado para todos os tecidos do indivíduo. O forame oval se fecha logo após o nascimento. O ducto arterioso comunica o tronco pulmonar diretamente com o arco aórtico, de forma que o sangue proveniente do ventrículo direito passe do tronco pulmonar e a aorta evitando a circulação pulmonar. Este canal também se fecha logo após o nascimento, formando o ligamento arterioso.

Assim, o sangue misto entra na aorta (lembrando que ainda assim parte dele passa pelos capilares pulmonares, veias pulmonares, átrio esquerdo e ventrículo esquerdo) e se distribui pelo corpo do animal. A aorta se bifurca em artérias ilíacas comuns, que por sua vez se dividem em artérias ilíacas internas e externas. Das artérias ilíacas internas originam-se duas artérias umbilicais, que conduzem o sangue misto para a placenta (porém com nível ainda mais baixo de oxigênio, cerca de 58% de saturação). A veia umbilical, as artérias umbilicais e o ducto venoso se fecham após o nascimento e após o

fechamento (“corte”) do cordão umbilical, dando origem ao ligamento venoso do fígado (ducto venoso), ao ligamento redondo do fígado (veia umbilical) e aos ligamentos umbilicais mediais (artérias umbilicais).

Alterações hemodinâmicas pré e pós-natais

Conforme descrito anteriormente, diversas alterações fisiológicas ocorrem na circulação fetal e diferem da pós-natal. Aqui se destacam:

O feto lida com teores mais baixos de oxigênio que os neonatos, dependendo exclusivamente da circulação placentária; assim patologias placentárias como malformações ou alterações maternas como hipertensão arterial gestacional (pré-eclâmpsia) ou diabetes gestacional podem reduzir o fluxo placentário (insuficiência placentária) e levar desde um hipodesenvolvimento (crescimento intrauterino retardado – CIUR) até o sofrimento fetal (hipóxia) ou óbito.

Durante o nascimento, as artérias umbilicais se contraem e interrompem a circulação para a placenta; da mesma forma, a veia umbilical se contrai e envia o sangue de seu interior para o feto. Assim, o cordão umbilical não deveria ser cortado imediatamente, possibilitando que o feto receba o sangue proveniente da placenta, o qual pode corresponder a até 30% do volume sanguíneo do animal.

O fechamento dos vasos umbilicais, assim como o do ducto venoso e do ducto arterioso, reduz a pressão no átrio e ventrículo direitos. O ducto arterioso inicialmente se contrai em resposta ao nível crescente de oxigênio e pode haver um fluxo reverso da aorta para a artéria pulmonar, produzindo um murmúrio cardíaco transitório, perceptível em potros, bezerros e porcos. O ducto arterioso pode se fechar completamente até os dois meses de vida.

A pressão aumentada no átrio direito fetal direciona o sangue para o forame oval através da *crista dividens*. O folheto caudal do septo que divide os átrios (*septum interatrial secundum*) se desvia para o átrio esquerdo. Entretanto, após o nascimento, a pressão aumenta no átrio esquerdo, desviando o *septum secundum* em direção ao folheto superior (*septum primum*),

obliterando o forame oval. Há inicialmente um fechamento fisiológico, e depois, um fechamento anatômico, definitivo.

Por último, mas não menos importante, logo após nascimento ocorre a primeira respiração fetal, levando à abertura dos alvéolos pulmonares com reabsorção do líquido em seu interior. Esta abertura é mantida por um líquido denominado surfactante, produzido pelos pneumócitos tipo II. Os capilares pulmonares se dilatam, permitindo as primeiras trocas gasosas e contribuindo para a redução da pressão do átrio e ventrículo direitos; o sangue rico em oxigênio passa destes capilares para as veias pulmonares e para o átrio e ventrículo esquerdos e a aorta, permitindo uma maior oxigenação arterial, necessária para a nova fase de enfrentamento do ambiente exterior.

Anomalias congênitas da circulação fetal

Diversas anomalias congênitas, presentes na vida pós-natal, são decorrentes da permanência do padrão circulatório fetal nestes indivíduos. Destacam-se:

Comunicação interatrial (CIA)

Uma das principais causas de CIA é o forame oval patente, que resulta do não fechamento do forame oval após o nascimento. Ela pode ocorrer em até 25% dos indivíduos e quando pequena e isolada não traz repercussões clínicas significativas, porém quando maiores e associadas a outras malformações cardíacas, pode haver passagem de sangue venoso do lado direito para o lado esquerdo do coração e levar ao arroxamento das extremidades (cianose)².

Persistência do canal arterial (PCA)

Ocorre duas vezes mais no sexo feminino e está associada à prematuridade, altitudes elevadas e rubéola materna. Resulta do não fechamento do ducto arterial, com resultante passagem de sangue da aorta para o tronco pulmonar, aumentando a pressão nas artérias pulmonares e causando dificuldade respiratória. Seu tratamento é essencialmente cirúrgico.

ANATOMIA FUNCIONAL DO CORAÇÃO DE MAMÍFEROS

Catia Helena de Almeida Lima Massari

A angiologia estuda os vasos sanguíneos (artérias, veias e capilares) e linfáticos (capilares e ductos linfáticos), incluindo também órgãos como o coração, o baço e o timo, além dos linfonodos.

Especialmente para ilustrar os vasos sanguíneos, costuma-se colorir as artérias em vermelho e as veias em azul, pois assim fica didaticamente mais fácil de compreender a função destas estruturas. A cor vermelha representa sangue arterial (rico em oxigênio) e a cor azul representa sangue venoso (pobre em oxigênio e rico em gás carbônico).

Pericárdio

O coração é envolvido pelo pericárdio que consiste num saco seroso (figura 17). O pequeno vão entre o pericárdio e o coração em si chama-se espaço pericárdico e contém o fluido pericárdico, um líquido seroso que serve para proteger e facilitar a movimentação da parede cardíaca contra o pericárdio.

O pericárdio é constituído por duas camadas: a camada visceral (espessa e mais externa) e a camada parietal (fina e mais interna). Todavia, a camada visceral também pode ser chamada de epicárdio e, por ser tão proximamente aderida à parede do coração (ao miocárdio), pode ser considerada um componente dela.

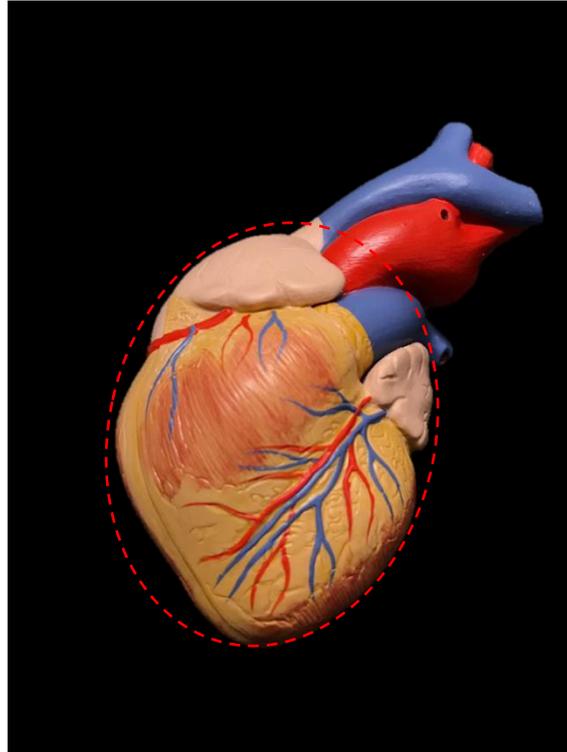


Figura 17: Molde sintético de coração. Em linha pontilhada está representado o pericárdio. Fonte: Massari (2019).

O coração (dentro do pericárdio) está incluso no mediastino, uma região da cavidade torácica separada pelas cavidades pleurais direita e esquerda.

Coração

O coração é o órgão central que, por contrações rítmicas, bombeia continuamente o sangue através dos vasos sanguíneos. Nos mamíferos (exceto durante a fase fetal), ele consiste em quatro câmaras: átrio direito, átrio esquerdo, ventrículo direito e ventrículo esquerdo.

A base do coração é formada pela parede dos átrios que é muito fina e visualmente delimitada da parede dos ventrículos por um sulco coronário circundante que contém os principais troncos de vasos coronários envoltos por tecido adiposo. As artérias coronárias são os vasos responsáveis pelo suprimento sanguíneo ao próprio músculo cardíaco (miocárdio). Já o ápice do coração é formado pela parede dos ventrículos, principalmente do ventrículo esquerdo que é bem mais espesso que o direito.

Conforme mostra a figura 18, a face direita do coração recebe o sangue desoxigenado (venoso) do corpo e o envia ao tronco arterial pulmonar, que o

conduz aos pulmões para a reoxigenação. Por sua vez, a face esquerda do coração recebe o sangue oxigenado dos pulmões através das veias pulmonares e o lança na artéria aorta, que o distribui ao corpo todo. Nota-se que todo vaso que chega ao coração é chamado de veia e todo vaso que deixa o coração é chamado de artéria; porém, nem toda veia transporta sangue venoso e nem toda artéria transporta sangue arterial (as exceções aqui estão nos vasos sanguíneos dos pulmões e no feto nos vasos sanguíneos do cordão umbilical).

<p style="text-align: center;">Átrio direito</p> <p>Desembocam nele as veias cavas cranial e caudal, trazendo sangue venoso do corpo ao coração.</p>	<p style="text-align: center;">Átrio esquerdo</p> <p>Desembocam nele as veias pulmonares, trazendo sangue arterial dos pulmões ao coração.</p>
<p style="text-align: center;">Ventrículo direito</p> <p>Separa-se do átrio direito pela valva atrioventricular direita (tricúspide), composta por três cúspides.</p> <p>A partir dele, sai o tronco arterial pulmonar, levando sangue venoso aos pulmões para hematose ocorrer. A valva pulmonar, com suas cúspides semilunares, é quem controla este trajeto evitando refluxo.</p>	<p style="text-align: center;">Ventrículo esquerdo</p> <p>Separa-se do átrio esquerdo pela valva atrioventricular esquerda (bicúspide ou mitral), composta por duas cúspides.</p> <p>A partir dele, sai a artéria aorta levando sangue arterial para irrigar os demais tecidos do corpo. A valva aórtica, com suas cúspides semilunares, é quem controla este trajeto evitando refluxo.</p>

Figura 18: Esquema do fluxo sanguíneo pelas quatro câmaras cardíacas. Adverte-se que o desenho padrão do coração é sempre a imagem espelhada deste. Em azul: sangue venoso; em vermelho: sangue arterial. Fonte: Massari (2019).

As valvas cardíacas servem para direcionar o fluxo de sangue e, então, evitar o refluxo indesejado de uma câmara para outra, conforme descreve a tabela 5.

Tabela 5: Valvas do coração de mamífero.

Valvas atrioventriculares	
Localizam-se entre os átrios e os ventrículos, permitindo a passagem do sangue apenas no sentido do átrio para o ventrículo.	
✓	No lado direito: valva tricúspide
✓	No lado esquerdo: valva mitral ou bicúspide
Valvas semilunares	
Localizam-se entre os ventrículos e as artérias, permitindo apenas a saída do sangue dos ventrículos em direção das artérias.	
✓	Entre o ventrículo esquerdo e a aorta: valva aórtica
✓	Entre o ventrículo direito e o tronco da artéria pulmonar: valva pulmonar

Fonte: Massari (2019).

O coração apresenta os seguintes estratos, na ordem de interior para superficial no órgão: endocárdio, miocárdio e epicárdio (figura 19). O endocárdio é o revestimento interno do lúmen cardíaco. O miocárdio é a camada média constituída por espesso músculo cardíaco, que é uma variedade de músculo estriado específica desse órgão. O epicárdio é o revestimento externo da parede do coração e também é conhecido como pericárdio visceral.

Pericárdio (camada parietal)	Espaço pericárdico com fluido pericárdico	Epicárdio Revestimento externo (camada visceral do pericárdio)	Miocárdio Espessa camada média da parede (músculo cardíaco)	Endocárdio Fina camada de superfície lisa contínua ao revestimento dos vasos sanguíneos	Lúmen intracardíaco por onde circula o sangue que está sendo bombeado
--	---	--	---	---	---

Figura 19: Constituição da parede cardíaca. Da direita à esquerda, tem-se o esquema de uma secção da parede total do coração de externa para internamente. Fonte: Massari (2019).

O coração apresenta movimentação involuntária, isto é, possui seu próprio gerador de energia embutido em sua musculatura. Embora o sistema de condução elétrica do coração não seja visível a olho nu, ele tem importância fisiológica (figura 20).

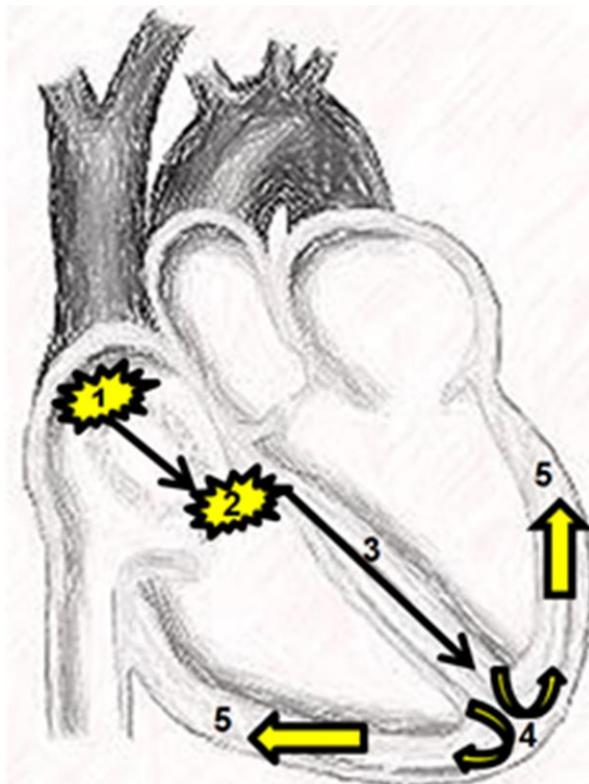


Figura 74 – Esquema do sistema condutor do ritmo cardíaco. 1, nodo sinoatrial (ou nodo sinusal); 2, nodo atrioventricular; 3, fascículo atrioventricular (ou feixe de His) subdividido em ramos esquerdo e direito; 4, ramificação dos ramos atravessando a trabécula septomarginal; 5, fibras subendocárdicas (ou fibras de Purkinje). **Fonte:** Massari (2019).

O ritmo do coração é controlado por um marca-passo, um pequeno e ricamente innervado nodo sinoatrial de fibras cardíacas modificadas que constitui o tecido condutor. Esse nodo localiza-se sob o epicárdio da parede do átrio direito, ventral à abertura da veia cava cranial. Em cada ciclo cardíaco, uma onda excitatória, que surge no nodo sinoatrial e se espalha por todo o músculo atrial, atinge o nodo atrioventricular. Do nodo atrioventricular (feixe de His), o estímulo segue rapidamente por todo o miocárdio ventricular via fascículo atrioventricular, composto principalmente por fibras de Purkinje.

Com tudo isso, o coração juntamente com os vasos sanguíneos periféricos formam dois circuitos: a grande circulação ou circulação sistêmica e a pequena circulação ou circulação pulmonar.

A grande circulação (figura 21) inicia-se no ventrículo esquerdo rumo à artéria aorta transportando sangue oxigenado (arterial) a todos os tecidos do corpo (exceto o tecido de troca gasosa dos pulmões). Assim, supre todas as partes do corpo com oxigênio e recebe o gás carbônico originado do metabolismo celular. Então, passa a transportar o sangue agora desoxigenado (venoso) de volta ao coração pelas veias cavas cranial e caudal que desembocam no átrio direito.



Figura 21: Fluxograma da grande circulação ou circulação sistêmica. Fonte: Massari (2019).

Por sua vez, a pequena circulação (figura 22) transporta o sangue desoxigenado do ventrículo direito rumo ao tronco arterial pulmonar para o tecido de troca gasosa dos pulmões, a fim do sangue passar pelo processo de hematose e ser reoxigenado. Assim, sangue arterial pode retornar ao coração pelas veias pulmonares que desembocam no átrio esquerdo.



Figura 22: Fluxograma da pequena circulação ou circulação pulmonar. Fonte: Massari (2019).

A diástole e a sístole compõem os dois momentos de um ciclo cardíaco (figura 23). O fechamento das valvas cardíacas gera as bulhas cardíacas, ou seja, sons que são audíveis pela auscultação através do estetoscópio.

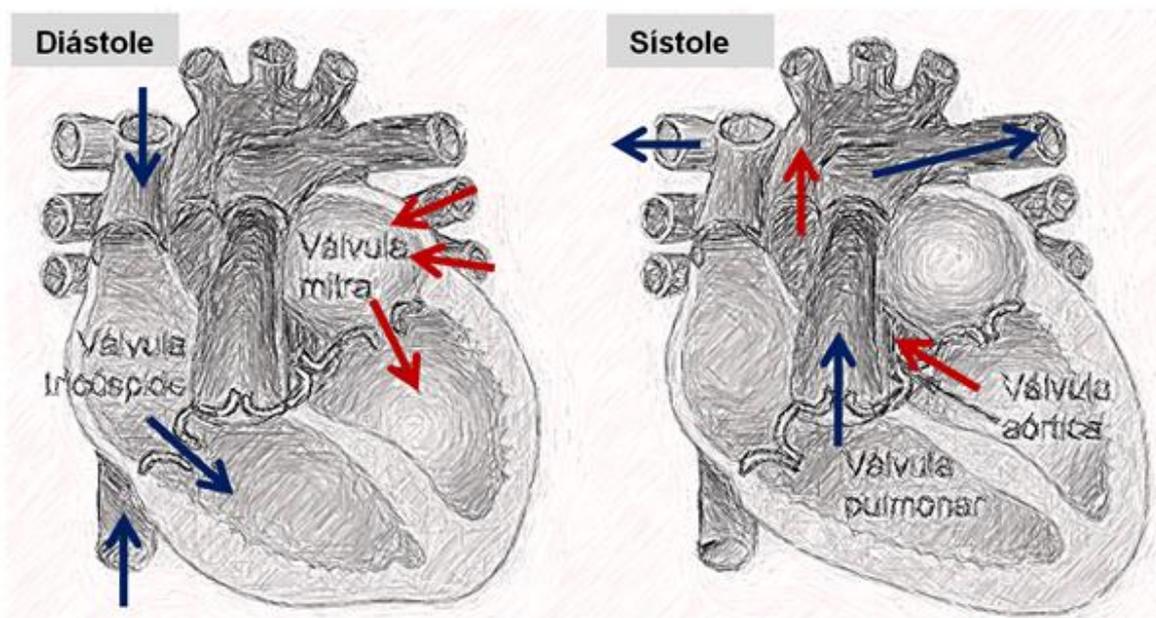


Figura 23: Diástole e sístole cardíaca. As setas azuis indicam sangue venoso e as setas vermelhas indicam sangue arterial. Fonte: Massari (2019).

Dessa forma, um ciclo cardíaco gera os fonemas “LUB” e “DUB” que estão correlacionados na tabela 6.

Tabela 6: Batimentos cardíacos.

<u>Sístole</u>
Contração muscular: quando o coração ejeta o sangue ("bombeamento cardíaco")
Valvas atrioventriculares (tricúspide e mitral) estão fechadas enquanto valvas semilunares (pulmonar e aórtica) estão abertas
Som: " <i>LUB</i> "
<u>Diástole</u>
Relaxamento muscular: quando o coração se distende ao receber o sangue ("enchimento cardíaco")
Valvas atrioventriculares (tricúspide e mitral) estão abertas enquanto valvas semilunares (pulmonar e aórtica) estão fechadas
Som: " <i>DUB</i> "

Fonte: Massari (2019).

VASOS SANGUÍNEOS

Catia Helena de Almeida Lima Massari

Artérias, veias e capilares sanguíneos são responsáveis pelo transporte do sangue pelo corpo animal.

Artéria

As artérias levam sangue do coração para todo o corpo. Possuem paredes opacas, espessas e firmes. No cadáver animal, seus lumes encontram-se vazios. As artérias ramificam-se em vasos sanguíneos pequenos, as arteríolas; estas por sua vez ramificam-se ainda mais em minúsculos capilares sanguíneos.

Os capilares são reduzidos a estreitíssimos tubos endoteliais sustentados por um revestimento de tecido conjuntivo muitíssimo delicado (figura 24). Eles são os pequeninos vasos de troca por meio dos quais o fluido passa do sangue para o tecido intersticial na extremidade arterial da alça e em qual certa quantidade de fluido é reabsorvida em direção à extremidade venosa.

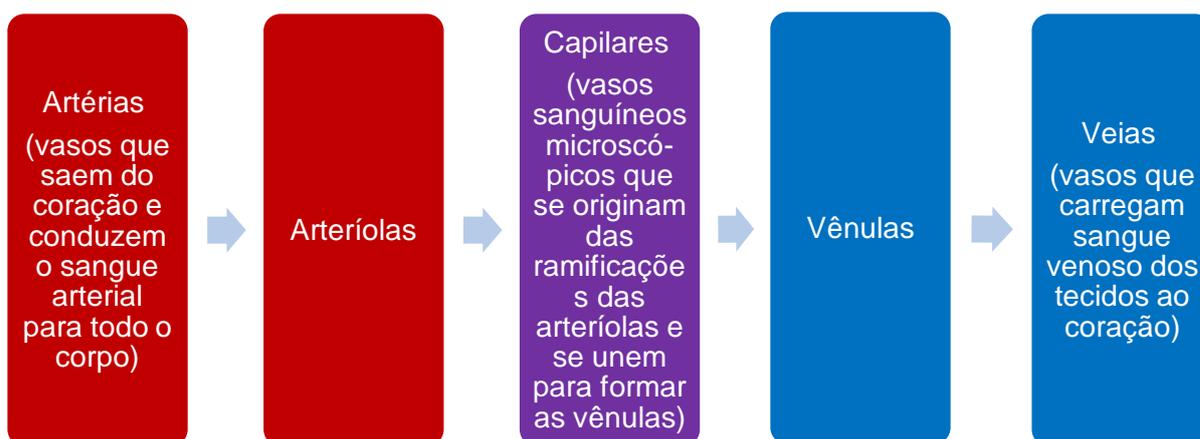
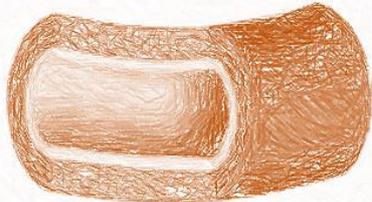
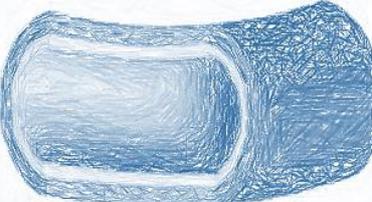


Figura 24: Fluxograma das trocas gasosas que ocorrem nos tecidos. Fonte: Massari (2019).

Ainda, existem anastomoses arteriovenosas que são conexões diretas entre arteríolas e vênulas quais são usadas para encurtar o circuito do leito capilar em muitas partes do corpo.

Os três tipos básicos de vasos sanguíneos estão representados no quadro 1.

Classificação	Desenho esquemático	Função
Artéria		Transporta sangue do coração aos tecidos do corpo. Possui parede mais espessa que a veia.
Capilar		Conecta arteríolas e vênulas aos tecidos transportando gases, nutrientes e metabólitos entre esses pequenos vasos sanguíneos e as células.
Veia		Transporta sangue do corpo ao coração. Possui parede bem fina.

Quadro 1: Tipos de vasos sanguíneos. Fonte: Massari (2019).

Os principais ramos arteriais que levam oxigênio ao corpo estão resumidos na tabela 18.

A artéria pulmonar transporta sangue venoso aos pulmões com a finalidade de hematose. Já as artérias sistêmicas carregam sangue arterial para suprir as diversas partes do corpo com oxigênio englobado às hemácias e nutrientes.

Tabela 7: Principais vasos sanguíneos arteriais da circulação sistêmica.

Arco Aórtico	Aa. Coronárias Tronco Braquiocefálico (Aa. subclávia derivará Aa. basilar para o encéfalo e Aa. espinhal ventral para a medula espinhal) Aa. Axilares (tronco magistral do membro torácico) Aa. Carótidas Comuns (irrigam a região cefálica)
Artéria Aorta	A. Aorta Torácica (entra no abdome através do hiato aórtico do diafragma, continuará como Aa. Aorta Abdominal) A. Aorta Abdominal: derivam dela as artérias ilíacas e as viscerais (celíaca, esplênica, mesentérica, renais, testiculares/ováricas) Aa. Ilíacas Externas: principal artéria do membro pélvico Aa. Ilíacas Internas: supre as vísceras e paredes pélvicas

Fonte: Massari (2019).

Veia

As veias levam ao coração o sangue vindo de todo o corpo. Possuem paredes mais finas e, no cadáver animal, apresentam aparência frequentemente colabadas ou com lúmens obliterados. Em algumas veias, principalmente nas que correm entre músculos esqueléticos, existem válvulas que se repetem em certos intervalos ao longo de sua extensão; essas válvulas garantem um fluxo unidirecional e previnem o refluxo de sangue quando a circulação é estagnada. As veias ramificam-se em vasos sanguíneos menores, as vênulas; estas por sua vez ramificam-se ainda mais em minúsculos capilares sanguíneos.

Os principais ramos venosos que trazem gás carbônico do corpo estão resumidos na tabela 8.

As veias pulmonares transportam sangue arterial aos pulmões com a finalidade de hematose. Já as veias sistêmicas carregam sangue venoso para detoxificar as diversas partes do corpo coletando o gás carbônico que será englobado às hemácias e resíduos metabólicos; os principais ramos venosos que estão resumidos Na tabela 8.

Tabela 8: Principais vasos sanguíneos venosos da circulação sistêmica.

Veia Cava Cranial	Formada próximo à entrada do tórax pela união das veias jugulares externas (drenam regiões de cabeça e pescoço) e subclávias (drenam membros torácicos).
Veia Cava Caudal	Formada no teto do abdome pela união das veias ilíacas comuns (direita e esquerda).

Fonte: Massari (2019).

SISTEMA LINFÁTICO

Catia Helena de Almeida Lima Massari

O sistema linfático é responsável especialmente pela defesa imunológica do corpo. Ele protege o corpo de macromoléculas exógenas (estranhas) e endógenas anormais, bem como de vírus, bactérias e outros microrganismos invasores. Inclui os órgãos linfáticos a seguir: timo, tonsilas, baço, linfonodos, tecido linfático difuso e nódulos linfáticos.

Os linfonodos apresentam consistência firme e superfície lisa; têm formato ovoide semelhante a um feijãozinho (figura 24).

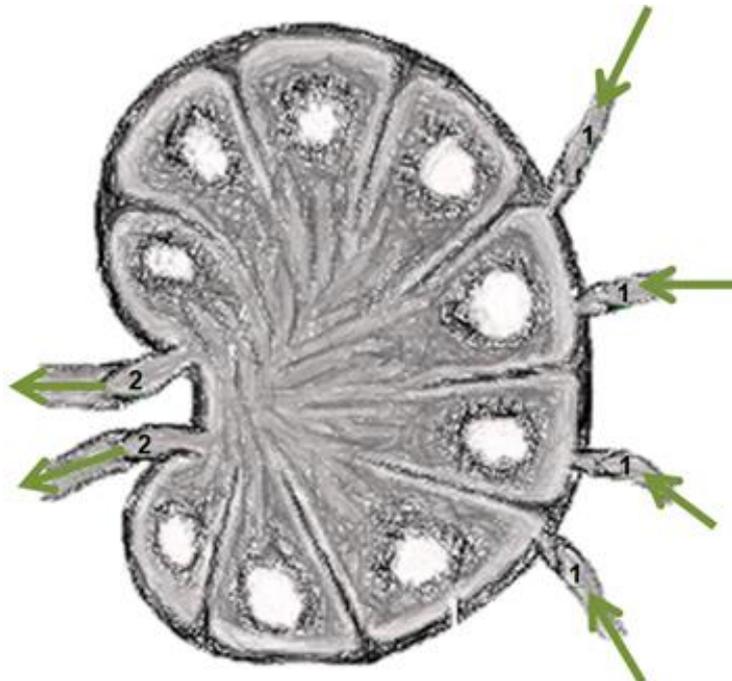


Figura 24: Estrutura de um linfonodo de cão. Observa-se que, nesta espécie animal, os centros germinativos (nódulos linfáticos) ocupam a região cortical do linfonodo. As setas verdes indicam a direção do fluxo linfático: 1, vasos linfáticos aferentes; 2, vasos linfáticos eferentes. Fonte: Massari (2019).

Entre as células de defesa, dois tipos de linfócitos funcionalmente distintos são reconhecidos: linfócitos T e linfócitos B. Ambos se originam da proliferação e diferenciação, independentes de antígeno, de células-tronco em órgãos linfáticos primários: células T são provenientes do timo e células B da medula óssea nos mamíferos.

Um plexo de capilares linfáticos disperso pelos tecidos do corpo coleta uma fração do fluido intersticial composta por proteínas e outras moléculas tão grandes que não são capazes de adentrar nos vasos sanguíneos. Como os capilares linfáticos são muito permeáveis, absorvem materiais particulados e ocasionalmente microrganismos patogênicos.

A vasculatura linfática converge em troncos que desembocam em veias maiores na junção do pescoço com o tórax. Entre esses troncos, o ducto torácico é o maior canal coletor de linfa. Ele surge da cisterna do quilo, que recebe linfa do abdome, pelve e membros pélvicos.

Alguns linfonodos superficiais podem ser identificados à palpação cutânea durante o exame físico do animal conforme mostra a figura 25.



Figura 25: Linfonodos palpáveis no cão. Em ambas as vistas: 1, parotídeo; 2, mandibular; 3, cervical superficial (ou subescapular); 4, axilar; 5, inguinal superficial (na região da virilha); 6, poplíteo (atrás dos membros pélvicos). Fonte: Massari (2019).

Os linfonodos são mais facilmente examinados quando apresentam aumento de volume. A linfa, ao passar pelo linfonodo, recebe um recrutamento de linfócitos e é também exposta às atividades dos fagócitos. Essas células¹ removem e destroem ou tentam destruir e remover materiais particulados, incluindo quaisquer microrganismos oportunistas. O aumento de volume de um linfonodo frequentemente indica a existência de uma patologia em sua área de drenagem. Porém, por outro lado, o fluxo linfático pode facilitar a disseminação de células neoplásicas e a formação de metástases.

Órgãos linfoides

Entre os órgãos linfoides, estão o baço, o timo e as tonsilas.

O timo (figura 26) é responsável pelo desenvolvimento e seleção de linfócitos T. Está localizado no mediastino cranial somente de animais jovens, pois este órgão regride a partir da puberdade, sendo substituído por tecido adiposo nos idosos, o que acarreta na diminuição da produção de linfócitos T consequentemente.

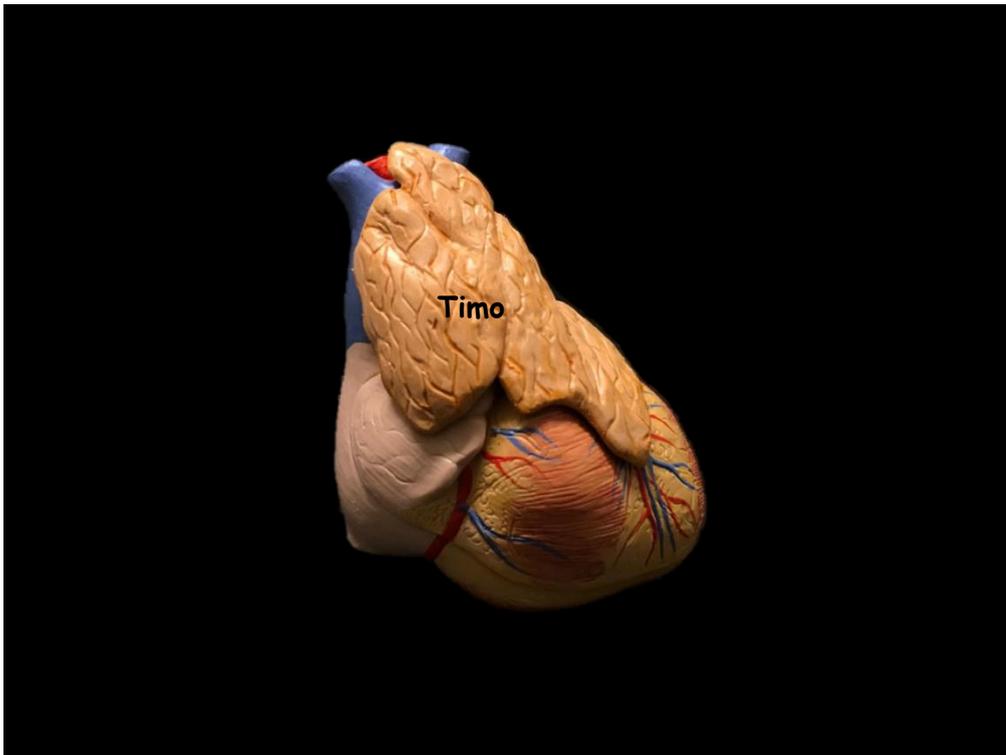


Figura 26: Molde sintético do timo de cão localizado próximo ao jovem coração. Fonte: Massari (2019).

O baço possui as seguintes funções: armazenamento de sangue, remoção de material particulado da circulação, destruição de eritrócitos desgastados (hemocaterese, ou seja, destruição de hemácias senescentes ou obsoletas) e produção de linfócitos ativados. Está localizado na parte cranial esquerda do abdome. Sua estrutura é dividida em polpa vermelha e polpa branca: a primeira consiste em espaços vasos sanguíneos e sangue enquanto a segunda é formada por nódulos linfáticos em uma trama reticuloendotelial de sustentação.

As tonsilas são constituídas por aglomerados de tecido linfoide, ricas em glóbulos brancos. Assim, têm-se tonsilas faríngeas, palatinas e linguais que, diferentemente dos linfonodos, estas não ficam no trajeto de vasos linfáticos.

ANATOMIA CARDÍACA APLICADA AO DIAGNÓSTICO POR IMAGEM

Catia Helena de Almeida Lima Massari

Os exames de imagem mais utilizados hoje na rotina clínica de cardiologia em pequenos animais são a radiografia torácica e a ecodopplercardiografia. Enquanto a radiografia simples do tórax fornecem muitas informações a respeito da anatomia do coração e dos grandes vasos, a ecodopplercardiografia, sendo uma técnica de diagnóstico baseado no uso do ultrassom associado ao doppler, oferece também uma avaliação quantitativa e qualitativa da função cardíaca, tendo se tornado um dos mais importantes auxílios diagnósticos na investigação das desordens.

Todavia, a ecodopplercardiografia é uma técnica complementar da radiografia e não uma substituta. Por um lado, as radiografias fornecem mais informações quanto ao tamanho e formato anatômico do coração (além de propiciar avaliação também dos pulmões), por outro lado, a ecodopplercardiografia possibilita a avaliação minuciosa das valvas cardíacas e do movimento do miocárdico.

A radiografia torácica objetiva analisar a posição anatômica do coração: se a imagem de silhueta cardíaca encontra-se aumentada (cardiomegalia) ou em tamanho dentro dos valores de referência, além dos contornos das diferentes câmaras cardíacas. Este exame permite uma avaliação panorâmica do tórax, abrangendo a imagem do coração e do pulmão no mesmo quadro.

A técnica radiográfica para coração exige a realização do exame em, no mínimo, duas projeções radiográficas: laterolateral e ventrosdorsal (ou dorsoventral). Para melhor resolução das estruturas de tecidos moles há a necessidade de empregar uma alta kilovtagem (kVp) e uma baixa miliamperagem (mAs). Idealmente, o exame deve ser realizado no momento exato do pico da inspiração e o paciente deve estar posicionado de forma reta (com costelas alinhadas entre si) uma vez que a interpretação correta da forma e do tamanho cardíaco depende desses fatores.

Os artefatos radiográficos podem estar presentes, portanto, deve-se sempre levar em consideração a raça e a idade do animal (observando o tamanho cardíaco relativo ao tórax); a conformação do tórax, pois a aparência cardíaca pode variar de raça pra raça; nos filhotes, a sombra cardíaca parece levemente maior em relação ao tamanho torácico (menor volume pulmonar); a influência da respiração caso a radiografia tenha sido realizada no momento expiratório e o possível excesso de gordura pericárdica no paciente.

Nas figuras 27, 28 e 29, as imagens radiográficas de uma cadela Yorkshire Terrier, com 14 anos de idade, são apresentadas nas incidências laterolateral (direita e esquerda) e ventrodorsal. Nota-se, em todas as figuras, a presença de um microchip de identificação entremeado aos tecidos moles dorsalmente à região cervical.



Figura 27: Radiografia torácica em incidência laterolateral esquerda de cadela cardiopata. Visibiliza-se um importante aumento de silhueta cardíaca, sendo mais acentuado no eixo ápico-basilar e em topografia de átrio esquerdo, levando ao evidente deslocamento dorsal de traqueia e de brônquios principais. Fonte: Imagem original gentilmente cedida pela Profa. M.V. Juliana Bornhausen Cardoso de Araujo (2019).

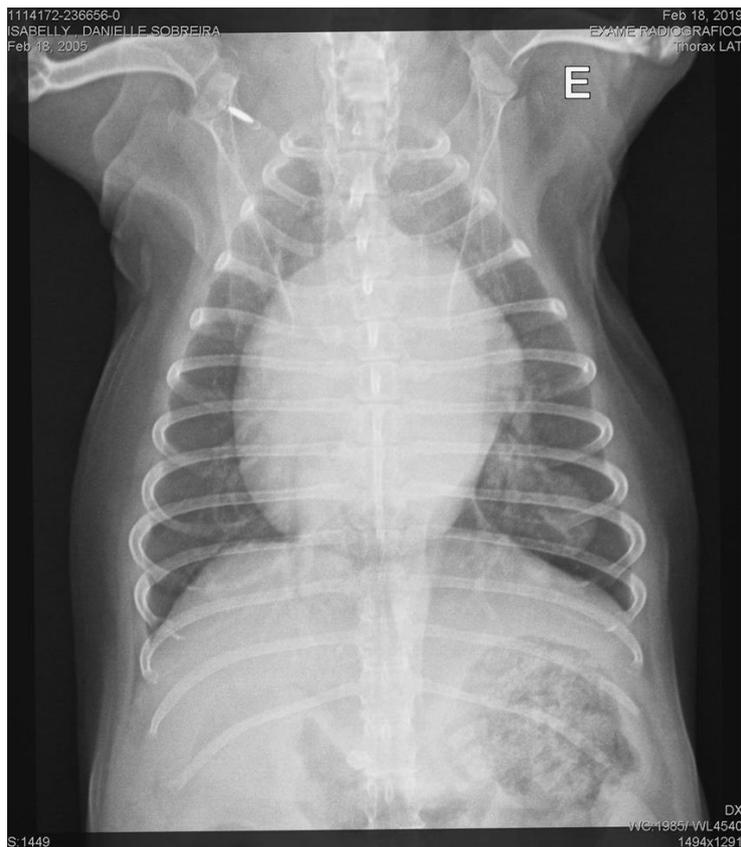


Figura 28: Radiografia torácica em incidência ventrodorsal de cadela cardiopata. Observa-se discreta opacificação pulmonar de padrão intersticial levemente tendendo a nodular em região perihilar; isso pode estar relacionado a edema pulmonar incipiente. Fonte: Imagem original gentilmente cedida pela Profa. M.V. Juliana Bornhausen Cardoso de Araujo (2019).



Figura 29: Radiografia torácica em incidência laterolateral direita de cadela cardiopata. Observa-se diminuição do lúmen traqueal, na porção torácica; isso pode estar relacionado a colapso de traqueia e/ou sobreposição de partes moles. Fonte: Imagem original gentilmente cedida pela Profa. M.V. Juliana Bornhausen Cardoso de Araujo (2019).

Adverte-se que nos casos de cardiomegalia, onde há um aumento generalizado da sombra cardíaca, é importante distinguir entre a verdadeira cardiomegalia e a simples distensão do saco pericárdico adjacente (sombra cardíaca globoide).

Já a ecodopplercardiografia é uma ultrassonografia cardíaca e serve para avaliar a dimensão anatômica das câmaras cardíacas, a espessura e a movimentação de paredes, a configuração e o movimento valvar e a porção proximal de grandes vasos. As vantagens do ecodopplercardiograma são que, com o ultrassom, as relações anatômicas podem ser determinadas, inclusive derivando informações sobre a função cardíaca também. Além disso, o método é muito sensível na detecção de líquido pericárdico e pleural.

O preparo para o ecocardiograma exige: a) tricotomia na área de posicionamento do transdutor a fim de melhorar o contato com a pele e a qualidade da imagem; b) uso de gel para promover uma área de contato livre de ar entre a pele e o transdutor; c) emprego de uma mesa com orifício para permitir o posicionamento e a manipulação do transdutor pelo lado do decúbito.

Os termos descritivos do ecodopplercardiograma estão apresentados na figura 30.

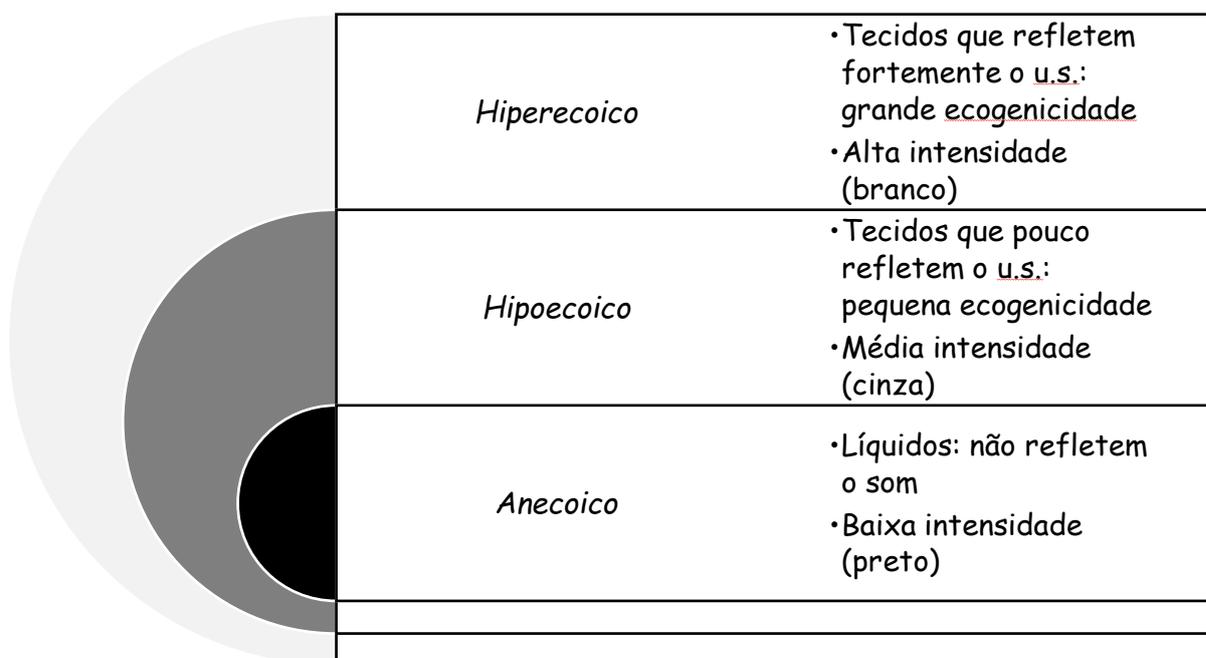


Figura 30: Representação esquemática dos termos descritivos do ecocardiograma. **Fonte:** Massari (2019).

Clinicamente, interpreta-se este exame em três modalidades: modo M (monodimensional), modo bidimensional e com doppler (pulsátil e contínuo, além do mapeamento de fluxo em cores), conforme mostra as figuras 31, 32 e 33. A tabela 9 apresenta uma síntese de tais modalidades uma vez que é sempre necessária a realização integrada dos estudos nesses modos a fim de evitar a fragmentação de dados indispensáveis ao manuseio clínico e terapêutico dos pacientes veterinários.

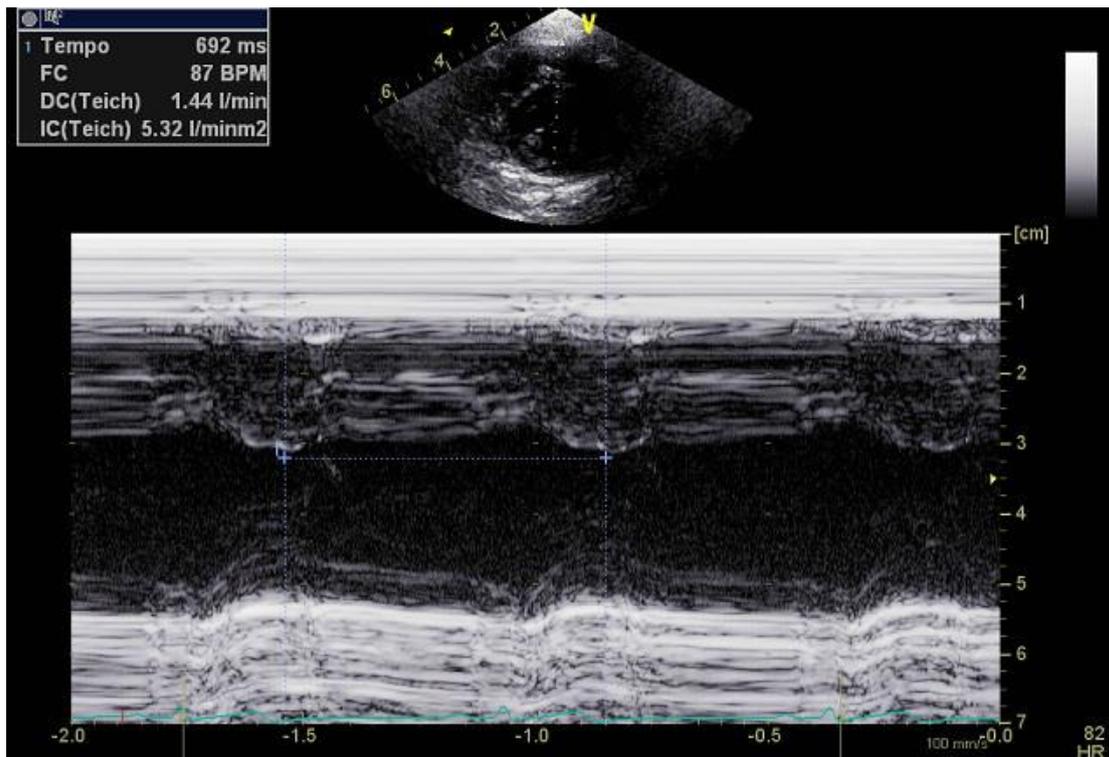


Figura 31: Ecocardiografia em modo M. Cão em decúbito paraesternal direito; visualiza-se corte transversal na altura do músculo papilar. Fonte: Imagem original gentilmente cedida pela Profa. M.V. Juliana Bornhausen Cardoso de Araujo (2019).

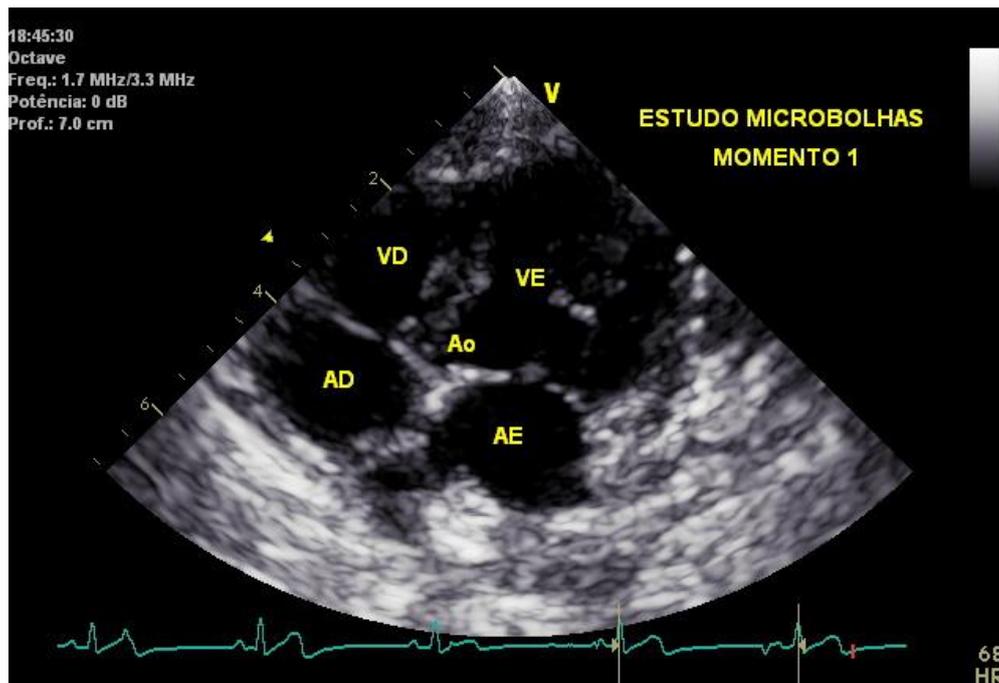


Figura 32: Ecocardiografia em modo bidimensional. Cão em decúbito paraesternal; visualiza-se corte apical das quatro câmaras cardíacas (AD, VD, AE e VD) e da artéria aorta (Ao). Fonte: Imagem original gentilmente cedida pela Profa. M.V. Juliana Bornhausen Cardoso de Araujo (2019).

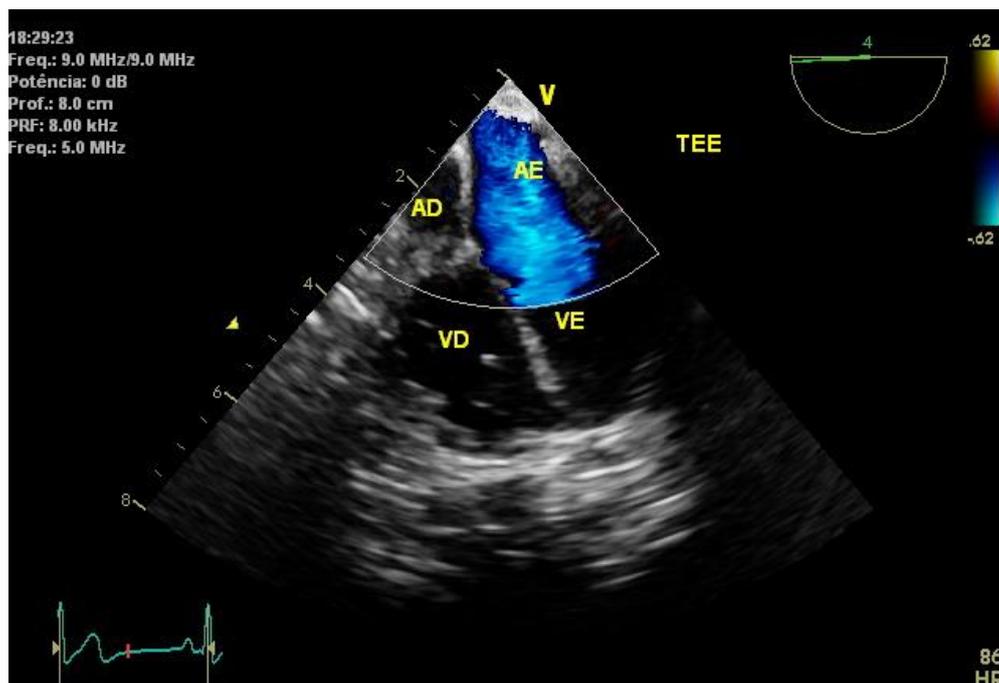


Figura 33: Ecocardiografia em modo doppler colorido. Cão em decúbito esternal para avaliação ecocardiográfica transesofágica. Fonte: Imagem original gentilmente cedida pela Profa. M.V. Juliana Bornhausen Cardoso de Araujo (2019).

Tabela 9: Resumo dos estudos ecodopplercardiográficos em modo M, bidimensional e Doppler (pulsátil, contínuo e colorido).

Modo M
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Imagem unidimensional (profundidade) ✓ Ecos de várias interfaces teciduais ao longo do eixo do feixe do u.s. (mostrados verticalmente na tela) x tempo (no eixo horizontal) ✓ Pode ser associação ao registro simultâneo do ECG ✓ Fração de encurtamento (FE): é o índice mais comumente utilizado para estimar a função ventricular esquerda, % de alteração na dimensão do ventrículo esquerdo da diástole para a sístole (índice de contratilidade)
Bidimensional
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2-D ✓ Avaliar um plano tecidual (tanto profundidade como largura) ✓ "fatias" ✓ Observar tamanho das câmaras cardíacas e espessura de parede
Doppler
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Detecta a direção e a velocidade do fluxo sanguíneo ✓ Aplicações clínicas: detecção de direção anormal ou turbulência e aumento da velocidade do fluxo sanguíneo ✓ Diferença Doppler: detecção de alterações de frequência entre a energia do u.s. emitido e os ecos refletidos pelas células sanguíneas ✓ Mapeamento de fluxo colorido

Fonte: Massari (2019).

Os artefatos ecocardiográficos podem mimetizar uma anormalidade cardíaca e, por isso, qualquer em anormalidade suspeita o clínico deve avaliar os múltiplos planos para uma melhor verificação e delineamento do exame. Assim, se é possível visualizar uma lesão suspeita em mais de um plano, é bem possível que esta seja então verdadeira.

INSUFICIÊNCIA CARDÍACA CONGESTIVA (ICC)

Catia Helena de Almeida Lima Massari

A insuficiência cardíaca é o estado fisiopatológico que ocorre quando o coração não consegue manter um ritmo apropriado para o metabolismo tecidual. Sabe-se que a função do sistema cardíaco é sempre manter a pressão arterial e o fluxo sanguíneo normais. As reduções das funções do sistema cardíaco vão acarretar varias doenças de origem valvar como de origem miocárdicas que irão ativar mecanismos compensatórios podendo assim causar uma insuficiência cardíaca congestiva.

Como qualquer bomba, o coração possui apenas duas formas de tornar-se insuficiente: ou não podendo bombear sangue para as artérias (aorta e pulmonar) o suficiente para manter a pressão arterial (insuficiência cardíaca de baixo débito) ou não podendo esvaziar de forma adequada os reservatórios venosos (insuficiência cardíaca congestiva).

Como as reduções das funções do sistema cardiovascular estão associadas a uma disfunção sistólica ou diastólica, pode levar o animal à ativação de mecanismos compensatórios causando diferentes sinais de ICC, conforme mostra a figura 34.

Diferentes sinais de ICC em pequenos animais		
<p><i>Sinais congestivos do lado esquerdo</i></p> <p>congestão pulmonar e edema (tosse, taquipneia, dispneia, estertor pulmonar crepitante), arritmias cardíacas</p>	<p><i>Sinais de baixo débito</i></p> <p>cansaço, fraqueza durante o exercício, síncope, azotemia pré-renal, cianose (por circulação cutânea deficiente), arritmias cardíacas</p>	<p><i>Sinais congestivos do lado direito</i></p> <p>congestão venosa sistêmica (pressão venosa central alta, distensão das veias jugulares), congestão hepática/esplênica, ascite, edema subcutâneo</p>

Figura 34: Sinais de insuficiência cardíaca congestiva. Fonte: Massari (2019).

A seguir, apresenta-se o caso clínico de um cão Shih-tzu, com quatro anos de idade, diagnosticado com insuficiência valvar mitral e tricúspide com repercussão hemodinâmica significativa. Na anamnese, o tutor relatou que o animal apresenta tosse e cansaço fácil há nove meses. Através do exame ecodopplercardiográfico (figura 35), observa-se neste paciente um aumento importante de átrio esquerdo e ventrículo esquerdo. Visualiza-se também a valva atrioventricular esquerda degenerada com prolapso da cúspide septal, enquanto a valva atrioventricular direita apresenta-se espessada. O estudo doppler e o mapeamento de fluxo em cores mostraram, assim, uma insuficiência valvar bilateral (tricúspide e mitral).

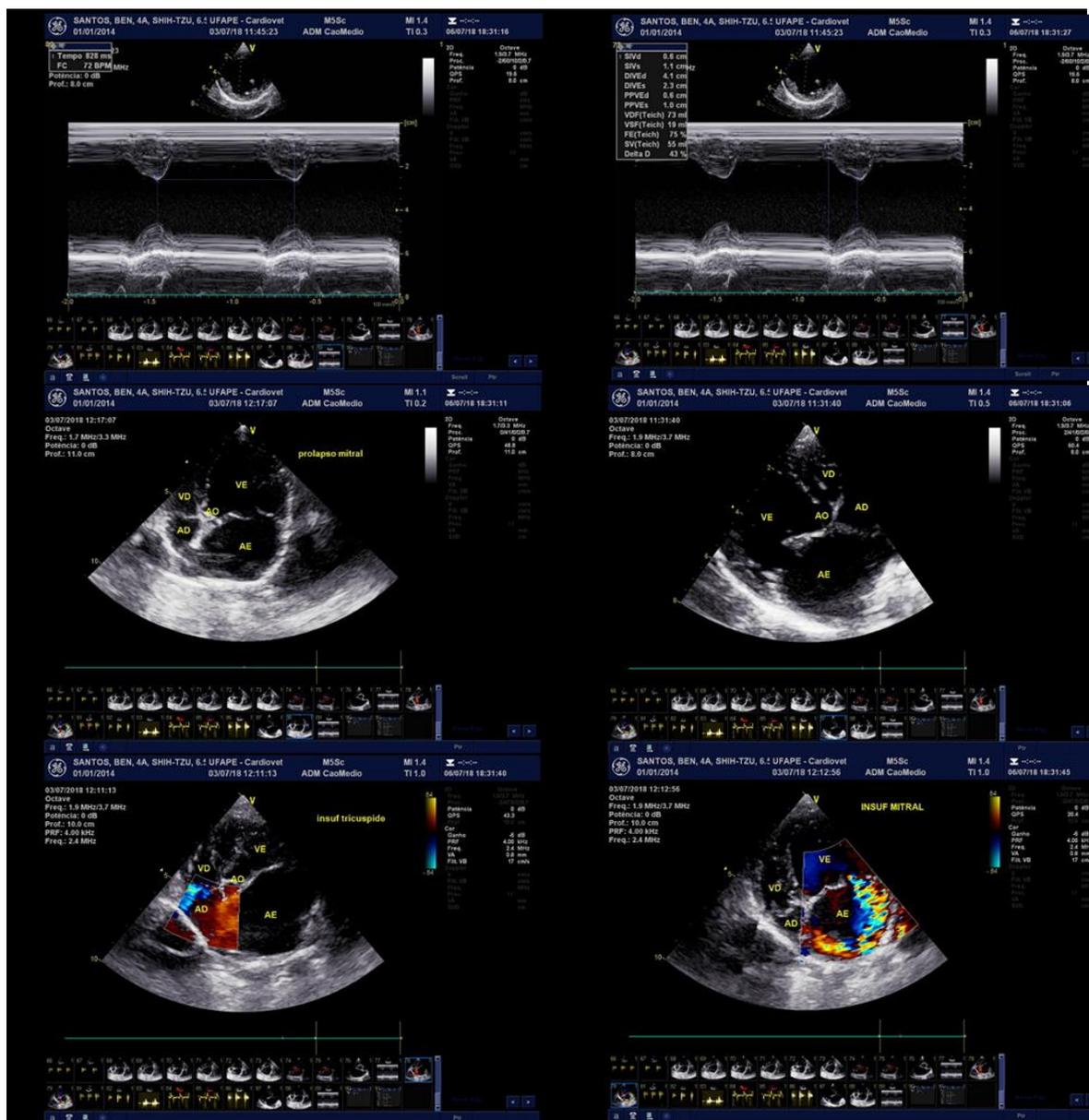


Figura 35: Avaliação ecocardiográfica de cão cardiopata. Paciente em decúbito esternal para avaliação através do modo M, B e Doppler. Fonte: Imagem original gentilmente cedida pela Profa. M.V. Juliana Bornhausen Cardoso de Araujo (2019).

Verifica-se, com isso, que a ecodopplercardiografia é o exame de eleição para a avaliação clínica funcional e a mensuração das estruturas anatómicas intracardíacas como as valvas.

Como a ICC leva à ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA), qual é um complexo sistema neuro-hormonal compensatório que tem como função manter normal a pressão sanguínea, o paciente necessita de múltiplas abordagens terapêuticas.

Os princípios básicos de tratamento visam modificar, então, os resultados da ativação neuro-hormonal (retenção de sódio e água) ou o próprio processo de ativação (inibição da enzima conversora de angiotensina). Sendo assim, o tratamento objetiva controlar edemas e efusões, melhorar o débito cardíaco, reduzir o trabalho cardíaco, manter a função miocárdica e tratar possíveis arritmias concomitantes.

Adverte-se que, conforme a cardiopatia progride, é necessário adequar o tratamento às necessidades individuais do animal com o ajuste das dosagens, a adição ou a substituição de drogas, modificações do estilo de vida do paciente, modificações da dieta, reavaliação periódica do paciente (rever medicações e dosagens a cada visita) e intensa educação do paciente e do proprietário. A terapia dos cinco “d” inclui: 1) diurético; 2) digitálico; 3) dilatador de vaso sanguíneo; 4) dieta; e 5) descanso.

Os diuréticos agem para diminuir a congestão venosa e o acúmulo de fluidos; contudo, em excesso promovem a contração excessiva do volume sanguíneo e ativam a cascata do sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA), podendo levar o paciente a desidratação e azotemia. Deve-se administrar a dose efetiva mais baixa.

Os digitálicos, como a digoxina e a digitoxina, são drogas inotrópicas positivas conhecidas como glicosídeos digitálicos. Eles aumentam o cálcio disponível para as proteínas contráteis por ligação competitiva e inibição da bomba sódio-potássio/ATPase na membrana da célula miocárdica. Exercem uma sensibilização direta dos barorreceptores arteriais e são indicados somente a paciente com IC causada por contratilidade miocárdica deficiente, ou seja, para casos de cardiomiopatia dilatada. São contraindicados em pacientes com cardiomiopatia hipertrófica, especialmente àqueles com obstrução da via de saída do ventrículo esquerdo. Também podem exacerbar arritmias pelo seu potencial efeito arritmogênico.

Os casos de intoxicação digitálica envolvem a intoxicação miocárdica, causando distúrbios do ritmo cardíaco pela sobrecarga celular de cálcio e pela instabilidade elétrica. Os digitálicos possuem uma baixa margem terapêutica já que a dose terapêutica efetiva é muito próxima da dose tóxica. O

quadro clínico cursa com toxicidade gastrointestinal (anorexia, emese e diarreia) que pode surgir antes dos sinais de toxicidade miocárdica (arritmias cardíacas). Também é comum ocorrer sinais neurológicos como depressão e sonolência, além de toxicidade renal (azotemia), podendo levar a óbito. Por isso, é importante monitorar a concentração sérica de digoxina nos pacientes em terapia com essas drogas e, caso necessário, o tratamento para a intoxicação digitálica inclui, além da própria retirada imediata da droga, a fluidoterapia para correção dos desequilíbrios hídrico e eletrolítico, maximizando assim a função renal.

Os vasodilatadores, como o benazepril, melhoram o débito cardíaco e reduzem edemas e efusões associados à insuficiência cardíaca. São representados pelos inibidores da enzima conversora da angiotensina (ECA), sendo os agentes de primeira escolha nos casos clínicos de ICC. Diminuem a resistência arteriolar, sendo também utilizados no tratamento da hipertensão e o clínico deve começar a prescrição com uma dose baixa para evitar hipotensão e taquicardia reflexa, sempre monitorando a pressão arterial. Os IECAs bloqueiam a formação da angiotensina II, permitem a vasodilatação arteriolar e venosa, além de reduzir a retenção de sódio e água (via diminuição da aldosterona circulante).

Sobre a abordagem nutricional terapêutica em cães com doença cardíaca, uma vez que a ICC causa o comprometimento da capacidade de excreção de água e sódio, faz-se essencial uma dieta hipossódica. A restrição de sal na dieta é recomendada com a finalidade de ajudar a controlar o acúmulo de fluidos e reduzir a necessidade de tratamento com drogas. O sucesso ou fracasso do tratamento poderá depender da nova alimentação. É importante ressaltar que os nutracêuticos como coenzima Q10, vitamina E, ácido graxo ômega-3, taurina e L-carnitina são suplementos importantes nos protocolos de tratamento e estudos realizados na administração dos mesmos têm mostrado efeitos benéficos, porém, não substituem as drogas farmacológicas instituídas e a sua recomendação deve ser individual, avaliando clinicamente o paciente visando à adequação terapêutica. Dessa forma, almeja-se contribuir favoravelmente para a sobrevida do paciente.

Por fim, o descanso visa controlar a ICC devido à ocorrência de anormalidades circulatórias musculoesqueléticas, fadiga e dispneia nesta síndrome. Deve-se haver restrição de exercício físico, ou seja, jamais uma atividade física repentina e extenuante. No entanto, em casos de cardiopatias muito bem controladas, possivelmente encoraja-se a atividade de intensidade leve a moderada regular (não esporádica) se o paciente não apresentar sinais de esforço respiratório excessivo. Portanto, é difícil saber a intensidade de exercício que é benéfica: se por um lado o exercício físico extenuante pode provocar dispneia e arritmias cardíacas graves, por outro lado, o treinamento físico moderado pode melhorar a função cardiopulmonar e a qualidade de vida em pacientes com ICC crônica.

CORAÇÃO DE ANIMAIS VERTEBRADOS NÃO-MAMÍFEROS:

PEIXES, ANFÍBIOS, RÉPTEIS E AVES

Catia Helena de Almeida Lima Massari

Peixes, anfíbios, répteis e aves possuem estruturas cardíacas diferentes de mamíferos (figura 36). No entanto, todos esses animais apresentam também circulação sanguínea dupla e fechada.

Peixes

Os peixes apresentam coração constituído por apenas duas cavidades: um átrio e um ventrículo. Então, o coração desses animais recebe apenas sangue venoso, qual será transportado em uma única direção. Assim, o sangue rico em gás carbônico entra no átrio, passa para o ventrículo e segue em direção às brânquias, onde é reoxigenado. O sangue agora arterial é encaminhado a todos demais órgãos do corpo. Nos diversos tecidos, devido às trocas gasosas, o sangue torna-se rico em gás carbônico, retornando como venoso ao átrio cardíaco.

A coluna vertebral dos peixes facilita essa circulação sanguínea conforme o animal faz seus movimentos natatórios, pois a artéria e a veia caudal situam-se em sua face ventral. Desse modo, para localização anatômica de tais vasos sanguíneos, deve-se identificar primeiramente a coluna vertebral nessas espécies.

Para realizar uma punção venosa em peixes, deve-se inserir a agulha em direção à região ventral da coluna vertebral, local onde se localizam a artéria e a veia caudal. Entre outros acessos, a punção branquial e a punção intracardíaca também podem ser empregadas; no entanto para que seja realizada colheita sanguínea por esse último tipo de acesso é necessária a administração de anestésicos para reduzir o sofrimento animal. Adverte-se que,

por se tratar de um órgão vital, a colheita sanguínea intracardíaca apresenta muitos riscos, podendo resultar em áreas de degeneração e necrose no miocárdio que podem ser fatais, especialmente aos peixes de pequeno porte.

Anfíbios e Répteis

A estrutura cardíaca de anfíbios e répteis é significativamente diferente da dos mamíferos. A maioria da herpetofauna (como assim são coletivamente denominados esses animais) possui o coração com três cavidades: dois átrios e um ventrículo comum.

Em anfíbios, o septo interatrial é separado nas cobras-cegas e na maioria das salamandras, mas não em anuros.

Em répteis, no entanto, um único ventrículo consegue atuar como um coração de quatro câmaras, assim o sangue oxigenado e o não oxigenado raramente se misturam. Existem três regiões dentro do ventrículo, que são funcionalmente separadas: a) *cavum venosum*, b) *cavum arteriosum* e c) *cavum pulmonale*. O *cavum pulmonale* recebe sangue proveniente do átrio direito e direciona o fluxo para a circulação pulmonar. O *cavum arteriosum* recebe sangue oriundo das veias pulmonares e direciona o sangue oxigenado para o *cavum venosum*. Os pares de arcos aórticos originam-se do *cavum venosum* e dirigem-se para a circulação sistêmica.

A diferenciação do fluxo sanguíneo e a separação do sangue arterial e venoso ocorre pelas diferenças na pressão dos intervalos de ejeção sanguínea e na proeminência muscular que separa parcialmente o *cavum venosum* e o *cavum pulmonale*. Em períodos de privação de oxigênio, como quando alguns répteis mergulham ou quando serpentes consomem presas imensas, os répteis podem desviar o sangue para fora dos pulmões. O desvio cardíaco da direita para esquerda é facilitado por um aumento na resistência vascular pulmonar. A retomada do processo de respiração resulta no decréscimo da pressão na vasculatura pulmonar e na conseqüente renovação do fluxo sanguíneo.

Nos quelônios, o coração localiza-se no plano mediano, aproximadamente caudal ao cingulo torácico. Já o coração de alguns lagartos, como os teiús, e em crocodilianos, encontra-se na região mais caudal da cavidade celomática. Nas serpentes, geralmente, o coração encontra-se na junção do primeiro e do segundo terços do comprimento corpóreo do animal, sendo um órgão razoavelmente móvel dentro da cavidade celomática, o que facilita a distensão do trato digestório quando há a ingestão de presas grandes.

Os crocodilianos são os únicos répteis que possuem o coração com quatro cavidades, comparável ao dos mamíferos e das aves. Contudo, a anatomia cardíaca dos crocodilianos é um pouco diferente daquela vista em aves e mamíferos. Os crocodilianos possuem duas artérias aortas que se originam do ventrículo esquerdo e da região esquerda do ventrículo direito. As duas aortas direcionam o sangue arterial para a circulação sistêmica. As aortas direita e esquerda conectam-se próximo à base do coração pelo forame de Panizza. Este forame permite que o sangue do ventrículo direito passe para a circulação pulmonar quando necessário. Uma valva espiral localiza-se na abertura da artéria pulmonar, apresentando projeções pulmonares interdigitais. Quando o animal interrompe a respiração, a valva espiral fecha-se, e o sangue que deveria entrar normalmente para a circulação pulmonar é desviado para a artéria aorta esquerda e para a circulação sistêmica.

Embora não possuam linfonodos, os répteis possuem sistema linfático muito bem desenvolvido com grandes vasos linfáticos presentes próximos a artérias e veias. A parede de alguns vasos linfáticos possui musculatura lisa em estruturas conhecidas como “corações linfáticos” que ativamente bombeiam a linfa para a vasculatura.

A frequência cardíaca de anfíbios e répteis depende da espécie, do tamanho, da temperatura, do nível de atividade e função metabólica de cada animal.

Para punção venosa, o vaso mais comumente utilizado para coleta sanguínea em serpentes, lagartos, crocodilianos e salamandras é a veia coccígea ventral, que corre na linha média ventral às vertebrae caudais. Já em

quelônios, a veia jugular, a veia coccígea dorsal e a veia braquial são as mais acessadas, assim como o seio subcarapacial formado pela confluência das veias intercostais comuns e do ramo caudal da veia jugular externa. A punção cardíaca pode ser realizada de maneira segura na maioria dos anfíbios e répteis, porém exige-se que eles estejam anestesiados. Outras opções para a coleta de sangue incluem a veia abdominal ventral em anfíbios e lagartos e o seio pós-occipital em crocodilianos e quelônios.

Aves

As aves apresentam coração constituído por quatro cavidades, sendo muito semelhante ao coração dos mamíferos. É interessante notar que a taxa de contração do miocárdio é muito mais rápida em aves que em outros animais, principalmente nas pequenas aves com capacidade de voo. O coração das aves está localizado na porção cranial do espaço toracolombar (já que as aves não possuem músculo diafragma), próximo aos lobos hepáticos, estando fixado ao osso esterno pelo pericárdio fibroso.

O átrio direito recebe as pareadas veias cava craniais e uma única veia cava caudal. A valva atrioventricular direita é formada por uma única aba muscular sem cordas tendíneas. O ventrículo direito, de parede fina, posiciona-se ao redor do ventrículo esquerdo de forma que seu lume em secção transversal tem formato de lua crescente. As veias pulmonares se combinam para formar um tronco único antes de entrarem no átrio esquerdo. A valva atrioventricular esquerda possui três cúspides fixadas às cordas tendíneas. O ventrículo esquerdo, de paredes finas possui formato cônico.

A artéria aorta que emerge do ventrículo esquerdo é voltada para a direita (ao contrário dos mamíferos que o arco aórtico é voltado para o lado esquerdo).

Para que supra as demandas específicas do organismo das aves, alguns vasos sanguíneos são altamente especializados: 1) as artérias peitoral e braquial, que fornecem sangue aos músculos de voo nas asas, são

relativamente grandes; II) as aves possuem um sistema porta-renal que inicia e termina numa rede de capilares sanguíneos; o sangue que retorna das extremidades corpóreas através das veias íliacas dirige-se aos rins; válvulas na junção das veias íliacas e renais também direcionam sangue aos rins, assim os produtos metabólicos podem ser removidos ou ir diretamente para o coração através da veia cava caudal; III) muitas espécies de aves aquáticas e terrestres possuem nos membros pélvicos um sistema contracorrente de troca de calor que consiste em uma rede de artérias e veias localizadas próximas umas das outras; o calor do sangue arterial que se dirige para os membros pélvicos é transferido para resfriar o sangue venoso que retorna ao coração.

As aves possuem metabolismo relativamente rápido, apresentando temperatura corpórea entre 37° e 42°C. As espécies menores possuem frequências cardíacas mais elevadas do que as espécies maiores, e subsequentemente, fluxo sanguíneo também mais rápido.

Para punção venosa, as três veias mais acessadas nas aves são a veia jugular, a veia braquial e veia metatársica medial.

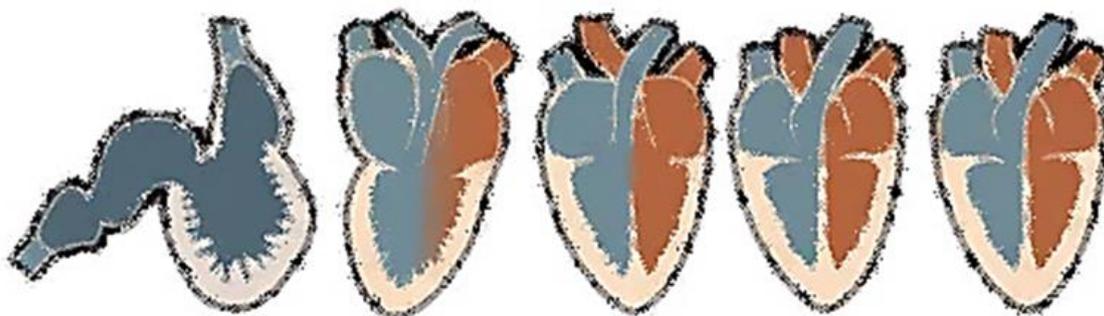


Figura 36: Da esquerda para a direita, representação de coração de peixe, anfíbio, réptil, ave e mamífero. Fonte: Massari (2019).

BIOENGENHARIA DO TECIDO CARDÍACO

Ana Lídia Jacintho Delgado

As doenças cardiovasculares são a maior causa de mortes em humanos no mundo, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS). No Brasil, felizmente o número de pessoas doadoras cresceu nos últimos anos segundo os dados do Ministério da Saúde. Porém, embora essa população doadora continue aumentando, a procura dos pacientes pelos órgãos ainda continua sendo muito maior. Assim, a fila de espera para os transplantes é imensa, uma vez que o transplante de coração é uma abordagem cirúrgica padrão-ouro para o tratamento das insuficiências cardíacas atualmente na Medicina Humana.

Pensando nesta área de pesquisa multidisciplinar, surge a bioengenharia de tecidos que reúne os conhecimentos de grandes áreas da ciência, como a biologia e a engenharia, aplicando-os na medicina regenerativa. Isto consiste na regeneração de órgãos através da coleta de tecidos dos indivíduo que, uma vez dissociados em células, podem ser estas cultivadas sobre suportes biológicos ou sintéticos. Recentes avanços na área da engenharia tecidual possibilitaram o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos biomateriais, como os *scaffolds* (do inglês, andaimes) cardíacos, o que pode ser uma grande alternativa para o transplante de órgãos, já que é possível substituir os tecidos injuriados, recriando tecidos funcionais e vitais.

Um *scaffold* biológico pode ser definido como um suporte que gera um microambiente apropriado para as células se desenvolverem de forma semelhante ao tecido original. Para que seja um local apropriado, este *scaffold* deve conter matriz extracelular natural, ou seja, uma espécie de rede formada por proteínas e polissacarídeos para apoiar as células-tronco. As principais proteínas que constituem a matriz extracelular são as proteínas fibrosas, como o colágeno e a elatina; além de também possuir outras macromoléculas, como os proteoglicanos e os glicosaminoglicanos que formam um gel onde as outras proteínas ficam alocadas.

Para que a matriz extracelular seja utilizada, é preciso retirar todas as células funcionais do tecido para substituí-las por células saudáveis. Este processo é chamado de descelularização, conforme mostra a figura 37, onde agentes químicos, enzimáticos e físicos atuam sobre o órgão ou tecido, retirando as células e deixando apenas o arcabouço. É importante ressaltar que a matriz extracelular precisa ser muito bem definida quanto ao tipo de tecido que ela receberá, levando em consideração que quanto mais específica for a matriz extracelular, maiores são as chances das células específicas repopularem este local. Assim, no caso do coração, a matriz extracelular deve ser derivada de tecido muscular cardíaco para que os cardiomiócitos consigam se aderir (recelularizar) a este local.

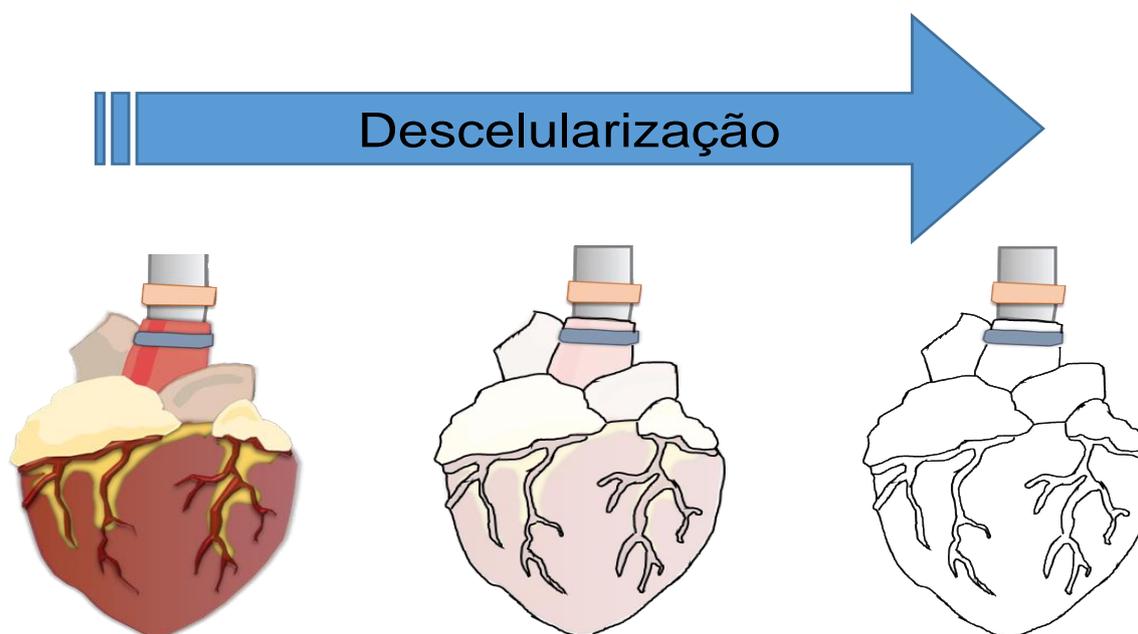


Figura 37: Processo de descelularização, onde todas as células são retiradas, mantendo apenas a estrutura tridimensional como arcabouço de matriz extracelular. Fonte: Delgado (2019).

A bioengenharia do tecido cardíaco objetiva gerar transplantes que sejam clinicamente funcionais, tendo como principal premissa o reestabelecimento do paciente e a recuperação da funcionalidade do coração lesado. No entanto, o coração é um órgão extremamente complexo, tanto na sua atuação quanto na sua reparação.

Inúmeras técnicas vêm sendo utilizadas para que se consiga um órgão ou um enxerto que supra as necessidades dos pacientes. Porém, muitos trabalhos

ainda são necessários para superar os desafios de criar um coração bioartificial por inteiro.

Atualmente, muito se têm estudado acerca das técnicas de descelularização para produção de *scaffolds* biológicos e sua posterior recelularização com células híbridas. Contudo, uma ocupação celular de maneira uniforme nesses *scaffolds* continua sendo um problema a ser resolvido uma vez que há a necessidade de se obter uma ótima distribuição das células por toda a estrutura do biomaterial que provê apenas um suporte mecânico provisório para o novo crescimento celular.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ABREU, J. L. N. Ilustração, experimentalismo e mecanicismo: aspectos das transformações do saber médico em Portugal no século XVIII. **Topoi (Rio de Janeiro)**, v. 8, n. 15, p. 80-101, 2007.

AIRD, W. C. Discovery of the cardiovascular system: From Galen to William Harvey. **Journal of Thrombosis and Haemostasis**, v. 9, n. 1 S, p. 118–129, 2011.

ALBERTS, B. et al. **Biologia molecular da célula**. Artmed Editora, 2010.

BEAUMIER, A. et al. Clinical findings and survival time in dogs with advanced heart failure. **Journal of veterinary internal medicine**, v. 32, n. 3, p. 944-950, 2018.

BESTETTI, R. B.; RESTINI, C. B. A.; COUTO, L. B. Evolução do conhecimento anatomofisiológico do sistema cardiovascular: dos egípcios a Harvey. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 103, n. 6, p. 538-45, 2014.

BEZAS, G.; WERNECK, A. L. Idioma grego: análise da etimologia anatomocardiológica: passado e presente. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular/Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 27, n. 2, p. 318-326, 2012.

BOUCHERON, P.; GIORGIONE, C. **Leonardo da Vinci: Natureza e Invenção**. SESI-SP Editora. 2014.

BROCHADO, A. J. **Técnicas Anatômicas**. Pinaúna editora, 2018.

BURG, K.J. L.; PORTER, S.; KELLAM, J. F. Biomaterial developments for bone tissue engineering. **Biomaterials**, v. 21, n. 23, p. 2347-2359, 2000.

CARROLL, S. B.; GRENIER, J. K.; WEATHERBEE, S. D. **From DNA to diversity: molecular genetics and the evolution of animal design**. John Wiley & Sons, 2013.

CARVALHO, Y. K. **500 Perguntas em Anatomia Animal – Animais Domésticos**. VirtualBooks editora. 2017.

CERQUEIRA, H. D. B. et al. Abordagem nutricional terapêutica em cães e gatos com doença cardíaca. **Tópicos especiais em Ciência Animal VII**, p. 234, 2018.

CHENG, T. O. Hippocrates and cardiology. **American Heart Journal**, v. 141, n. 2, p. 173–183, 2001.

CHETBOUL, V. et al. Quantitative assessment of systolic and diastolic right ventricular function by echocardiography and speckle-tracking imaging: a prospective study in 104 dogs. **Journal of veterinary science**, v. 19, n. 5, p. 683-692, 2018.

COLVILLE, T.; BASSERT, J. M. **Anatomia e fisiologia clínica para medicina veterinária**. Elsevier Health Sciences, 2011.

CONRADO, A. L. V. et al. A ecocardiografia nas clínicas veterinárias de pequenos animais: roteiro prático para graduandos em estágio. **Investigação**, v. 16, n. 8, 2017.

CURY, F. S.; CENSONI, J. B.; AMBRÓSIO, C. E. Técnicas anatômicas no ensino da prática de anatomia animal. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 688-696, 2013.

DE ROOS, A.; HIGGINS, C. B. Cardiac radiology: centenary review. **Radiology**, v. 273, n. 2S, p. S142-S159, 2014.

DEL PRIORE, M. L. M. A história do corpo e a Nova História: uma autópsia. **Revista Usp**, n. 23, p. 48-55, 1994.

DELIZOICOV, N. C.; CARNEIRO, M. H. S.; DELIZOICOV, D. O movimento do sangue no corpo humano: do contexto da produção do conhecimento para o do seu ensino. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 443-460, 2004.

DONE, S. H.; EVANS, S. A.; GOODY, P. C. **Atlas Colorido de Anatomia Veterinária do Cão e Gato**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

DYCE, K. M.; SACK, K. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de Anatomia Veterinária**. Elsevier. Rio de Janeiro. 840p, 2010.

DYCE, K. M.; WENSING, C. J. G.; SACK, W. O. **Tratado de anatomia veterinária**.

ETTINGER, S. J.; FELDMAN, E. C. Doenças do Cão e do Gato. **Tratado de Medicina Interna Veterinária**. 5ª edição. V. 1. Capítulo 110. p. 732 a 753, 2004.

FIGUEIREDO, A. M. et al. Insuficiência cardíaca congestiva decorrente de cardiomiopatia dilatada canina na raça dobermann – relato de caso. **Eventos Científicos da Fundação Educacional de Ituverava**, v. 3, n. 3, 2018.

GETTY, R.; SISSON; GROSSMAN. **Anatomia dos Animais Domésticos**. 5. ed. , v. 1. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986.

GOMES, M. E. et al. Effect of flow perfusion on the osteogenic differentiation of bone marrow stromal cells cultured on starch-based three-dimensional scaffolds. **Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials**, v. 67, n. 1, p. 87-95, 2003.

HYTTEL, P.; SINOWATZ, F.; VEJLSTED, M. **Embriologia Veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 455. 2012.

INTERNATIONAL COMMITTEE ON VETERINARY GROSS ANATOMICAL NOMENCLATURE. **Nomina Anatomica Veterinaria**. WAVA, 2017.

JANEIRO, A. R.; PECHULA, M. R. Anatomia: uma ciência morta? O conceito “arte-anatomia” através da história da biologia. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Brasil, v. 11, n. 1, p. 12-30, 2016.

JUNQUEIRA, L.; CARNEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. Guanabara Koogan, p230-238, 2005.

KAIGLER, D.; MOONEY, D. KAIGLER, Darnell; MOONEY, David. Tissue engineering's impact on dentistry. **Journal of Dental Education**, v. 65, n. 5, p. 456-462, 2001.

KEALY, J. K.; MCALLISTER, H.; GRAHAM, J. P. **Radiologia e Ultrassonografia do Cão e do Gato**. Elsevier Brasil, 2012.

KEY, J. D.; KEYS, T. E.; CALLAHAN, J. A. Historical development of concept of blood circulation: an anniversary memorial essay to William Harvey. **The American journal of cardiology**, v. 43, n. 5, p. 1026-1032, 1979.

KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H. G. **Anatomia dos Animais Domésticos: Texto e Atlas Colorido**. Artmed Editora, 2016.

LEBLANC, N. L. et al. Prevalence of major complications and procedural mortality in 336 dogs undergoing interventional cardiology procedures in a single academic center. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 23, p. 45-57, 2019.

LOUKAS, M. et al. The cardiovascular system in the pre-Hippocratic era. **International Journal of Cardiology**, v. 120, n. 2, p. 145–149, 2007.

MANGINI, S. et al. Transplante cardíaco: revisão. **Einstein (16794508)**, v. 13, n. 2, 2015.

MASSARI, C. H. A. L. et al. Tendências do Ensino de Anatomia Animal na Graduação de Medicina Veterinária. **Revista de Graduação USP**, v. 3, n. 2, p. 25-32, 2018.

MCGEADY, T. A. et al. **Veterinary Embryology**. 2^a. Ed. Wiley Blackwell, 2017.

MENESES, M. S. **Técnicas de estudo do sistema nervoso central**. Editora UFPR, 2007.

MICHELI SERRA, A.; HERNÁNDEZ, G. P. Breve historia de la digital y los digitálicos. Homenaje a la memoria del ilustre maestro y académico Dr. Rafael Méndez Martínez, pionero de los estudios farmacológicos sobre la digital y los glucósidos digitálicos. **Gaceta Médica de México**, v. 151, n. 5, p. 660-665, 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Doação de órgãos: transplantes, lista de espera e como ser doador. Disponível em: <http://portalms.saude.gov.br/saude-de-a-z/doacao-de-orgaos>. Acesso em fev., 2019.

MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N.; TORCHIA, M. G. **Embriologia Básica**. 9ª Ed. Elsevier, 2016.

MUZZI, R. A. L. et al. Doença crônica da valva mitral em cães: avaliação clínica funcional e mensuração ecocardiográfica da valva mitral. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 2, p. 337-344, 2009.

NELSON, R.; COUTO, C. G. **Medicina interna de pequenos animais**. Elsevier Brasil, 2015.

NUNES, L. B. X.; PECHLIYE, M. M. HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE SISTEMA CIRCULATÓRIO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA. **Revista da SBEnBio**, n. 9. 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Doença Cardiovascular**. Disponível em: https://www.who.int/cardiovascular_diseases/en. Acesso em fev., 2019.

ORTALE, J. R. A importância da anatomia na formação do médico. **Títulos não-correntes**, v. 8, n. 1/2, 2012.

PEREIRA, P. M.; CAMACHO, A. A.; MORAIS, H. A. Tratamento de insuficiência cardíaca com benazepril em cães com cardiomiopatia dilatada e endocardiose. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p. 141-148, 2005.

POPESKO, P. **Atlas de Anatomia Topográfica dos Animais Domésticos**. Editora Manole Ltda. 1ª. Ed. vol. I. São Paulo, 1990.

RAJAMOHAN, S. et al. Diagnostic evaluation and therapeutic management of dilated cardiomyopathy (DCM) in a Labrador retriever. **The Pharma Innovation Journal**, v. 7,

RODRIGUES, H. **Técnicas anatômicas**. 2005.

RUFFINI, A. **Fisiogenia**. Editor Victor Francesco Vallardi. 1925.

SADLER, T. W. **Medical Embryology**. 12ª. Ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

SANTI, P. A.; JOHNSON, S. B. Decellularized ear tissues as scaffolds for stem cell differentiation. **Journal of the Association for Research in Otolaryngology**, v. 14, n. 1, p. 3-15, 2013.

SILVA, C. E. S. et al. Normatização dos equipamentos e técnicas de exame para realização de exames ecocardiográficos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 82, p. 1-10, 2004.

SILVA, J. C. R.; DIAS, J. L. C.; CUBAS, Z. S. **Tratado de animais selvagens**. São Paulo: Roca, 2006.

SILVA, J. P. B. M. **A história da anatomia e a sua importância no desenvolvimento das ciências farmacêuticas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa. 2014.

SIMÕES, R. S. et al. **Etimologia de termos Morfológicos**. UNIFESP, São Paulo, 2014. Disponível em:
<http://dmorfo.sites.unifesp.br/images/doc/Grad/2017/Histologia/Dicionario%20etimol%C3%B3gico.pdf> Acesso em fev., 2019.

SISSON, S.; GROSSMAN, J. D.; GETTY, R. **Anatomia dos animais domésticos**. Guanabara Koogan, 1986.

SPRUMONT, P. Anatomical terms: towards development of Terminologies (terminogenesis). **European Journal of Anatomy**, v. 20, n. 3, p. 249-280, 2016.

TALAMONI, A. C. B. Anatomia, ensino e entretenimento. In: **Os nervos e os ossos do ofício: uma análise etnológica da aula de Anatomia** [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2014, pp. 23-37.

TERÇARIOL, S. G. **Anatomia humana: história e etimologia**. Araçatuba, 2018.

TILLEY, L. P.; GOODWIN, J. In: STRICKLAND, K. N. **Manual de Cardiologia para Cães e Gatos**. 2002.

Agradecimentos especiais à Médica Veterinária **Juliana Bornhausen Cardoso de Araujo**, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP - Botucatu/SP), cardiologista da UFAPE (São Paulo/SP) e docente da Universidade Nove de Julho (UNINOVE - São Paulo/SP), pelas imagens gentilmente cedidas.