

PULMÕES: ANÁLISE DESCRITIVA DAS DIFERENÇAS MORFOLÓGICAS ENTRE MAMÍFEROS E AVES

Gabriela Andrade Medeiros^{1*}, Laura de Paulo Amaral¹, Clarice Lara Moreira¹, Daniel Luiz de Miranda Cravo¹, Anna Clara Magalhães Penna¹ e Gleide Fernandes de Avelar².

¹Discente no Curso de Medicina Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte/MG – Brasil – *Contato: gabriandrademgam@gmail.com

²Docente do Curso de Medicina Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte/MG – Brasil

INTRODUÇÃO

O sistema respiratório é responsável pela execução de funções como a condução e filtração do ar que é inspirado e expirado. Dentre as espécies animais, percebemos algumas variações em relação à conformação de suas estruturas, principalmente em relação aos pulmões, que são o foco deste resumo. Esses órgãos, que possuem tanto uma porção condutora quanto respiratória, apesar de conservarem o mesmo nome entre diversas espécies domésticas e selvagens, possui uma estrutura distinta entre os grupos, sendo elencadas neste trabalho algumas diferenças anatômicas e histológicas entre os pulmões de mamíferos e aves que foram destacadas pela literatura.

METODOLOGIA

Para a realização deste resumo foram selecionados artigos captados a partir da plataforma Google Acadêmico. Realizou-se um filtro por período, com preferência por trabalhos posteriores ao ano de 2014, que tratavam na anatomia e histologia dos pulmões de aves e mamíferos. Foram selecionados então 6 artigos que, juntamente com o auxílio de livros das áreas temáticas, contribuíram para a estruturação desse texto.

RESUMO DE TEMA

O pulmão é uma estrutura de origem endodérmica que se desenvolve como uma evaginação ventral do intestino anterior, entre o quarto par de bolsas faríngeas. Este divertículo laringotraqueal cresce em direção ao mesênquima esplâncnico torácico, se desenvolvendo da região dos brônquios para os alvéolos ou parabônquios⁹. A estrutura final possui algumas variações entre os mamíferos e as aves, as quais serão descritas a seguir para cada grupo.

• **MAMÍFEROS**

Nos mamíferos, os pulmões são órgãos pares, elásticos, preenchidos com ar, dotados de uma textura suave e esponjosa. A cor depende da presença de sangue no órgão, variando de um rosa pálido até vermelho escuro. Os dois são macroscopicamente semelhantes, possuindo, em sua superfície, áreas de depressão que correspondem ao contato com outros órgãos¹⁰. Ambos se encontram na cavidade torácica, conectados à bifurcação da traqueia, invaginados no saco pleural correspondente, que possui um espaço potencial no qual uma pequena quantidade de líquido está presente, separando a pleura visceral e a parietal. A área de cada pulmão que recebe o brônquio principal, prolongamento da traqueia, acompanhado pelos vasos pulmonares é o hilo pulmonar. Eles são mantidos no lugar devido à sua fixação à traqueia, aos vasos sanguíneos, ao mediastino e à pleura², a qual emite o ligamento pulmonar dorsomedialmente para conectar os pulmões com o mediastino e o diafragma.

Macroscopicamente, são divididos em lobos pulmonares, que são definidos pela ramificação da árvore brônquica. Assim, como base geral das espécies domésticas, o pulmão esquerdo é dividido em lobo cranial e lobo caudal, e o direito possui os lobos cranial, caudal, médio e acessório. Os lobos craniais podem se subdividir em algumas espécies, sendo que essas características auxiliam na identificação destas.

Para os mamíferos domésticos, os pulmões se dividem em uma parcela intrapulmonar condutora, composta por brônquios e bronquíolos, áreas de trocas gasosas, formadas pelos bronquíolos respiratórios, dutos alveolares e alvéolos, e pleura. A árvore brônquica é formada por brônquios primário, que se divide em brônquios lobares ou secundários, que se ramificam em segmentados ou terciários.

A simplificação das mucosas ocorre a partir do epitélio intrapulmonar. Na traqueia, o epitélio é respiratório, sendo composto por células secretórias,

que podem ser mucosas ou serosas, responsáveis pela produção do muco, que também atua na retenção de sujidades; células basais, que atuam na reposição das células do epitélio; células ciliadas, cujos cílios realizam varredura que auxiliam na remoção de partículas inaladas; células em escovas, que realizam contato sináptico com uma terminação nervosa aferentes; e endócrinas, que podem produzir catecolaminas, serotonina, calcitonina. Ao passar para os brônquios intrapulmonares, essa porção é revestida por um epitélio pseudoestratificado com células mais baixas e reduzida, predominantemente ciliadas, secretórias e basais, que vai se alterando até que o número de células exócrinas seja o mais expressivo. Não apenas isso, mas também a espessura da camada glandular e da submucosa também diminui, a cartilagem hialina em forma de semi-aneis passa a ser mais descontínua e há uma camada de músculo liso passa a revestir a estrutura dos brônquios, sendo sua espessura inversamente proporcional a da cartilagem.

Ao se dividir em bronquíolos, há a perda das células caliciformes da mucosa, uma ausência das glândulas exócrinas da submucosa, assim como a camada cartilaginosa. A porção terminal dos bronquíolos é a última área de condução de ar, possuindo células ciliadas, além de células de Clara ou células exócrinas, que são secretórias e capazes de metabolizar compostos xenobióticos⁸. Imediatamente abaixo do epitélio é observada a presença de fibras nervosas entremeadas entre os fascículos musculares. A primeira região respiratória é a dos bronquíolos respiratórios, que estão contínuos com os alvéolos, o que torna a sua mucosa irregular. Há presença de uma musculatura, sendo que os alvéolos se abrem entre os feixes desta. Em cavalos, bovinos, ovinos e suínos os bronquíolos respiratórios são curtos ou ausentes.

Os bronquíolos respiratórios se abrem em corredores denominados ductos alveolares, que possuem áreas abertas em suas paredes, que correspondem aos alvéolos, e porções de septos interalveolares. Esses possuem músculo liso e fibras elásticas perpendiculares ao eixo do ducto, revestidos por epitélio. Os ductos terminam no saco alveolar, com aglomerado de alvéolos.

Os alvéolos são sacos esferoides compostos por dois tipos de células epiteliais, os pneumócitos do tipo I, células pavimentosas conectadas por desmossomos e zônulas de oclusão, e os pneumócitos do tipo II, que são globosos, vesiculados e atuam tanto na produção de surfactante quanto como progenitor de novas células. Entre alvéolos encontramos aberturas que permitem a passagem de ar e de macrófagos alveolares de um alvéolo para outro. Os septos interalveolares são estruturas compostas pela parede do alvéolo, por capilares sanguíneos e pelo tecido intersticial, atuando como uma barreira hematoaérea. Na porção aérea do septo, também são encontrados macrófagos alveolares. O tecido conjuntivo da pleura pulmonar tem continuidade com o tecido conjuntivo dos septos interalveolares.

Todas as porções respiratórias são denominadas, em conjunto, ácino. Estruturalmente, um aglomerado de ácinos separado de outro por septos de tecido conjuntivo (septos interlobulares) é denominado lóbulo. Essa lobulação pode ser intensa, como no caso de bovinos, ovinos e suínos; incompleta, como ocorre nos cavalos; ou estar ausente, a exemplo dos carnívoros.

• **AVES**

Os pulmões de aves são pequenos, não lobados, de coloração rosa brilhante, quando normal, e não expansíveis³. Essa última característica se relaciona à ausência de cavidade pleural envolvendo os órgãos, a presença de muita cartilagem em sua constituição, comparado ao dos mamíferos, e a aderência à parede da cavidade. Apesar de serem pouco expansíveis, são mais macios ao toque do que o dos mamíferos. Estão localizados na parte

XIV Colóquio Técnico Científico de Saúde Única, Ciências Agrárias e Meio Ambiente



craniodorsal da cavidade celomática, próximos e envolvendo parcialmente as costelas e vértebras torácicas, não recobrimo lateralmente o coração. A ausência de diafragma é compensada por outras estruturas. Por exemplo, os processos uncinados associados às costelas se associam à musculatura peitoral das aves, que é importante para a expansão das costelas e entrada de ar nos pulmões⁴.

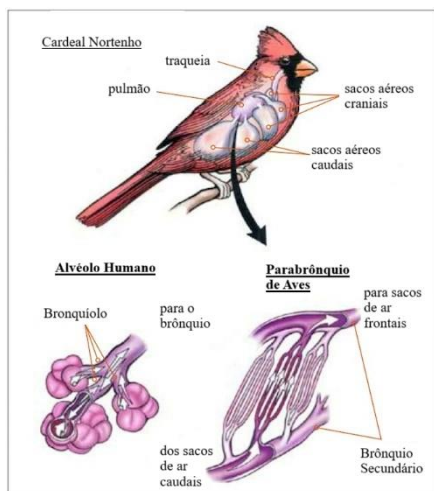


Figura 1: Fluxo de ar unidirecional – Sacos aéreos e parabrônquios tornam o sistema respiratório das aves únicos e mais eficientes do que o de mamíferos, como os humanos. (Adaptado de Elisabeth Rowan).

O sistema respiratório das aves possui poucas ordens de vias aéreas de condução, um pulmão esponjoso compacto e sacos aéreos. O volume de ar nos sacos aéreos é alterado durante a respiração mecânica, sendo que o dos pulmões se mantém basicamente inalterado⁶. A traqueia é semelhante a dos mamíferos, com epitélio pseudoestratificado colunar e glândulas mucosas na lâmina própria, sendo a principal diferença a presença de anéis completos de cartilagem que se conectam uns com os outros. O músculo traqueal não está presente entre as extremidades dos anéis traqueais, porém existe uma musculatura lateral à traqueia que promove tensão e auxilia na vocalização.

A bifurcação da traqueia ocorre cranialmente aos pulmões, de modo que o brônquio primário penetra ventralmente o órgão, atravessando-o diagonalmente, sendo contínuo com o saco aéreo abdominal. O epitélio dos brônquios primários é similar ao da traqueia. Ao longo do trajeto, o tubo se ramifica em brônquios secundários, que se conectam com os sacos aéreos, os quais são divididos em médio-ventrais, médio-dorsais, látero-ventrais e látero-dorsais, de acordo com a região que suprem de ar. Dos secundários partem os brônquios terciários ou parabrônquios, que se conectam entre si e cujas paredes ocorrem as trocas gasosas. Eles podem ser divididos entre paleopulmonares e neopulmonares⁶, de acordo com a região da qual tem origem, sendo que o último não está presente em todas as espécies. A porção paleopulmonar está localizada dorsolateralmente, conectando brônquios médio-dorsais aos médio-ventrais e a neopulmonar, ventromedialmente, conectando os brônquios secundários látero-ventrais ou látero-dorsais. As extensões do lúmen dos parabrônquios (átrios) originam os capilares aéreos, que estão entrelaçados com os capilares sanguíneos. É importante destacar que os capilares aéreos são canais contínuos e não sacos terminais, como os alvéolos dos mamíferos, sendo que o fluxo de ar passa de forma unidirecional por eles⁶.

As cartilagens brônquicas são incompletas medialmente na parte proximal dos brônquios e apresentam uma formação macular mais distalmente. Os brônquios primários possuem epitélio pseudoestratificado colunar ciliado com glândulas mucosas e tecido linfóide na lâmina própria. O epitélio nos brônquios secundários é contínuo ao dos primários, possuindo menor quantidade de anéis cartilagosos. Os parabrônquios tem um epitélio cuboide simples à escamoso. Uma rede de feixes espiralados de músculo liso ocorre na lâmina própria dos brônquios secundários e terciários. As

extremidades projetantes dos septos interatriais contém músculo liso, que auxilia no fluxo de ar, e são revestidas por células escamosas. Na base dos septos, é comum a presença de macrófagos. Um epitélio escamoso simples reveste a maior parte dos átrios e capilares aéreos. A parte epitelial da área de trocas gasosas consiste em células tipo I e também em células tipo II similares às de mamíferos; também é possível observar uma camada líquida parecida com o surfactante dos mamíferos. Existe apenas uma membrana basal entre as células endoteliais dos capilares sanguíneos e as células dos capilares aéreos, o que aumenta a eficiência das trocas gasosas⁷.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como destacado, a forma dos pulmões sofre influencia da conformação dos órgãos que os circundam e também da fisiologia do animal como um todo. As características observadas nas aves auxiliam não apenas na maior eficiência das trocas gasosas, tendo em vista que é um animal que gasta muita energia durante o voo, mas também se adapta à necessidade de reduzir o peso do animal e compensar a ausência de um diafragma. O conhecimento dessas diferenças auxilia na prática clínica e a na compreensão das formas de acometimento de diferentes patologias nesses animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FRÖHLICH, Eleonore. Animals in Respiratory Research. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 25, n. 5, p. 2903, 2024.
- LOPEZ, Alfonso; MARTINSON, Shannon A. Respiratory system, mediastinum, and pleurae. *Pathologic basis of veterinary disease*, p. 471, 2017.
- MAKANYA, Andrew; DJONOV, Valentin. Anatomical and Functional Study of the Ostrich (*Struthio camelus*) Lung through Macroscopic Analysis in Combination with Optical and Electron Microscopy Techniques. *Animals*, v. 14, n. 2, p. 316, 2024.
- MAINA, John N. Perspectives on the structure and function of the avian respiratory system: functional efficiency built on structural complexity. *Frontiers in Animal Science*, v. 3, p. 851574, 2022.
- MAINA, John N. Pivotal debates and controversies on the structure and function of the avian respiratory system: setting the record straight. *Biological Reviews*, v. 92, n. 3, p. 1475-1504, 2017.
- MAKANYA, Andrew N.; KAVOI, Boniface M.; DJONOV, Valentine. Three-Dimensional Structure and Disposition of the Air Conducting and Gas Exchange Conduits of the Avian Lung: The Domestic Duck (*Cairina moschata*). *International Scholarly Research Notices*, v. 2014, n. 1, p. 621982, 2014.
- TAHSEEN, A. G et al. Avian Histopathology. 4. ed. Madison: *American Association of Avian Pathologists*, 2016.
- EURELL, J. A.; BRIAN, L. F. Histologia Veterinária de Dellmann. 6ª ed. São Paulo: *Manole*, 2012.
- Ross, histologia : texto e atlas: correlações com biologia celular e molecular. 7. ed. Rio de Janeiro : *Guanabara Koogan*, 2016.
- DYCE, K. M.; WENSING, C. J. G.; SACK, W. O. *Tratado de anatomia veterinária*. 4 ed. Rio de Janeiro: *Elsevier*, 2010.

APOIO: