

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**Análise morfológica e imagenológica dos sacos aéreos na
perdiz (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815)**

KARINA PADULA

Botucatu
2021



FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**Análise morfológica e imagenológica dos sacos aéreos na
perdiz (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815)**

KARINA PADULA

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. André Luis
Filadelpho

Nome do autor: **Karina Padula**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Padula, Karina.

Análise morfológica e imagenológica dos sacos aéreos na
perdiz (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815) / Karina Padula.
- Botucatu, 2021

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária
e Zootecnia

Orientador: André Luis Filadelpho

Capes: 20604025

1. Anatomia. 2. Animais selvagens. 3. Aves. 4. Sistema
respiratório.

Palavras-chave: Anatomia; Animais selvagens; Aves; Sistema
respiratório.

**TÍTULO: ANÁLISE MORFOLÓGICA E IMAGENOLÓGICA DOS
SACOS AÉREOS NA PERDIZ (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815).**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. André Luis Filadelpho

Presidente e Orientador

Departamento de Anatomia

Instituto de Biociências – UNESP – BOTUCATU

Profa. Dra. Tatiana Morosini de Andrade Cruvinel

UNIRP – SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

Profa. Titular Dra. Sheila Canevese Rahal

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária

FMVZ – UNESP – BOTUCATU

Data da Defesa: 29 de setembro de 2021

Agradecimentos

Inicialmente, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. André L. Filadelfo pela orientação e ensinamentos durante estes dois anos. Agradeço igualmente à todos envolvidos no projeto realizado, sem os quais este trabalho não seria possível. Agradeço ao Prof. Josineudson Augusto II de V. Silva e ao Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal do curso de Zootecnia da Unesp – Campus Botucatu por disponibilizar os animais utilizados para realização deste trabalho. Agradeço à Jéssica Fogaça por me auxiliar no trabalho e realizar os exames imagenológicos necessários, assim como as mensurações. Agradeço igualmente à Prof^a Vânia Machado pela participação e auxílio no trabalho. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço em especial à Tatiana Cruvinel, minha orientadora de residência e amiga. Uma pessoa maravilhosa que me fez crescer pessoal e profissionalmente, que sempre me apoiou, acreditou em mim e me ensinou. Uma orientadora maravilhosa, que sempre me ouviu e me deu liberdade no setor. Com certeza comecei e estou terminando o mestrado por incentivo dela. Uma pessoa que está sempre ao meu lado me ajudando e me impulsionando para a frente. Uma pessoa que vou levar para a vida.

Agradeço igualmente ao Fabiano Cadioli, meu orientador de graduação, pelos ensinamentos, por incentivar e apoiar minha escolha de especializar em Animais Silvestres e por ter possibilitado o estágio que virou residência. Com certeza está à origem da profissional que me tornei.

E por fim agradeço a meus pais, que sempre me apoiaram, me suportaram e me ajudaram, não só durante a faculdade mas antes. De me ensinarem a importância de aprender, de questionar e de procurar as respostas, de ler e de estudar. Agradeço a eles por me rodearem de livros desde pequena e estimular a leitura. Agradeço a eles por me darem uma experiência de vida única. Sem eles eu não chegaria onde estou hoje, sem eles eu não seria quem eu sou hoje.

Sumário

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
1 Introdução	1
2 Objetivos	2
3 Revisão da Literatura	3
3.1 Anatomia da cavidade celomática nas aves	3
3.2 Sistema respiratório das aves	5
3.3 Dados biológicos da perdiz	9
3.4 Radiografia	9
3.5 Tomografia computadorizada	10
4 Materiais e Métodos	11
4.1 Origem dos animais	11
4.2 Tomografia Computadorizada	11
4.3 Exame radiográfico	12
4.4 Anatomia macroscópica	12
4.5 Estatística	13
5 Resultados	14
5.1 Tomografia Computadorizada	14
5.2 Exame radiográfico	17
5.3 Anatomia macroscópica	18
6 Discussão	22
7 Conclusão	24
Referências	25
Trabalho Científico	40

Lista de Tabelas

- 1 Ilustra as mensurações da cavidade celomática pela Tomografia Computadorizada com o uso do contraste (iodo) 14
- 2 Mensuração da cavidade celomática pela radiografia digital em projeção ventrodorsal após repleição do sistema respiratório inferior com sulfato de bário 17

Lista de Figuras

1	Visualização ventral esquematizada dos órgãos na cavidade celomática das aves. Fonte: DONELEY (2016).	4
2	Visualização lateral esquematizada dos órgãos na cavidade celomática das aves. Fonte: DONELEY (2016).	5
3	Representação do fluxo de ar no sistema respiratório da ave durante a inspiração (a) e expiração (b). Asterisco representa fatores aerodinâmicos que impossibilitam a passagem de ar do brônquio primário diretamente para os sacos aéreos craniais. À expiração uma pequena porção de ar escapa dos sacos aéreos caudais diretamente para a traqueia através do brônquio primário. Fonte: KING e MCLELLAND, 1984.	7
4	Tomografias exemplificando as medidas coletadas no corte dorsal (a) de comprimento e largura e no corte sagital de altura (b) e comprimento (c)	14
5	Tomografias exemplificando as medidas coletadas no corte transversal de altura (a) e largura (b)	14
6	Tomografia Computadorizada do celoma de perdizes. a. Corte dorsal contrastado onde pode-se ver pulmão e sacos aéreos hiperdensos. b. Plano dorsal não contrastado onde pode-se visualizar os sacos aéreos hipodensos (densidade ar). c. Em plano dorsal em janela de tecidos moles diferencia-se pulmões e sacos aéreos. d. Corte sagital com contraste em pulmão e sacos aéreos. e. Corte sagital não contrastado com visualização dos sacos aéreos hipodensos (densidade ar). f. Corte sagital em janela de tecidos moles com visualização dos sacos aéreos com hipodensidade e do pulmão em região heterogenia.	15
7	Tomografia Computadorizada do celoma de perdizes no corte transversal. a. Tomografia contrastada com repleição total do pulmão e sacos aéreos. b. Tomografia em janela de tecidos moles, com diferenciação heterogênia entre sacos aéreos e pulmões. c. Tomografia não contrastada com região de pulmão e sacos aéreos em hipodensidade (densidade ar).	16

8	Radiografia contrastada em projeção ventrodorsal com evidência dos sacos aéreos e pulmões da perdiz. A delimitação dos sacos aéreos foi feita de forma aproximada com base na anatomia topográfica dos mesmos. Note a presença de contraste em espaço intramedular do úmero direito, a qual demonstra pneumatização.	18
9	Visualização dos sacos aéreos da perdiz após retirada de pele e musculatura ventral (a) . Observe a porção extratorácica do saco aéreo clavicular (setas) (b)	19
10	Relação dos sacos aéreos e das vísceras na cavidade celomática da Perdiz, onde pode-se visualizar o Fígado (vermelho), Proventrículo (amarelo) e Intestino (verde) (a) . Visualização dos sacos aéreos na cavidade celomática da Perdiz após retirada das vísceras (b)	19
11	Visualização lateral dos sacos aéreos da perdiz, com visualização da inserção do látex em divertículos vertebrais.	20
12	Molde de látex do sistema respiratório inferior da perdiz, vista dorsal (a.) e ventral (b).	20
13	Molde de látex do sistema respiratório inferior da perdiz, vista lateral direita (acima) e esquerda (abaixo).	20
14	Úmero de perdiz com preenchimento por látex no espaço intramedular, evidenciando a pneumatização deste osso.	21

Lista de Abreviações

Ab.: Saco aéreo abdominal

Clav.: Saco aéreo clavicular

Provent.: Proventrículo

Pulm.: Pulmão

T.ca.: Saco aéreo torácico caudal

T.cr.: Saco aéreo torácico cranial

Padula, K. Análise morfológica e imagenológica dos sacos aéreos na perdiz (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815). Botucatu, 2021. 58p. Dissertação (Mestrado em Animais Selvagens – Anatomia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O trabalho teve por objetivo analisar os sacos aéreos da perdiz (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815) para aprimorar os conhecimentos anatômicos específicos à espécie. Foram utilizados 20 animais. O material cadavérico foi coletado após o abate de animais oriundos de projetos na área de produção. Cinco animais foram submetidos à Tomografia Computadorizada com contraste de iodo. Mais 10 perdizes foram submetidas aos exames radiográficos com o contraste de sulfato de bário com repleição através da traqueia até o completo preenchimento do sistema respiratório. Cinco animais foram injetados com látex e dissecados. Foi possível visualizar sete sacos aéreos: um clavicular, dois torácicos craniais, dois torácicos caudais e dois abdominais. Na imagem tomográfica e radiográfica não foi possível individualizar os sacos aéreos.

Palavras-chave: animais selvagens; aves; sistema respiratório; anatomia.

PADULA, K. Morphological analysis and imaging aspects of the partridge (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815) air sacs. Botucatu, 2021. 58p. Dissertação (Mestrado em Animais Selvagens – Anatomia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the air sacs of the partridge (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815) to improve the specific anatomical knowledge to the species. Twenty animals were used. The cadaverous material was collected after the slaughter of animals from projects in the production area. Five animals were submitted to Computed Tomography with iode contrast. Another ten partridges were subjected to radiographic examinations with barium sulfate contrast with repletion through the trachea until the respiratory system was completely filled. Five animals were injected with latex and dissected. It was possible to visualize seven air sacs: one clavicular, two cranial thoracic, two caudal thoracic and two abdominal. In the tomographic and radiographic image, it was not possible to individualize the air sacs. Other comparative studies between species are important to better define the specific anatomy of each species.

Key words: animals, wild; birds; respiratory system; anatomy.

Introdução

1 Introdução

O atendimento de aves na clínica de animais silvestres é comum (LIMA; SILVA, 2014; CAPAVERDE-JR et al., 2018; LIMA et al., 2018), mas é preciso lembrar que é uma classe extremamente diversificada que compreende 32 ordens e mais de 10.000 espécies distintas (LOVATO; SANTOS, 2007; DORRESTEIN, 2010).

As aves não possuem diafragma, sendo assim, não apresentam diferenciação entre as cavidades torácica e abdominal (DONELEY, 2016). O sistema respiratório das aves divide-se em sistema respiratório inferior e superior, onde o sistema respiratório superior é formado pela cavidade nasal, laringe e traquéia (O'MALLEY, 2005). Já o sistema respiratório inferior é formado pelo pulmão e por sacos aéreos (8 ou 9 conforme a espécie) (O'MALLEY, 2005).

Os sacos aéreos já foram descritos nas seguintes aves: galinha doméstica (*Gallus gallus*) (AKESTER, 1960; GOODCHILD, 1970), ganso doméstico (*Anser anser domesticus*) (ONUK; HAZIROĞLU; KABAT, 2009), patos (*Anas spp.*) (ÇEVİK DEMİRKAN; HAZIROĞLU; KÜRTÜL, 2006; DE ARAÚJO; KFOURY JR, 2014, 2014; EL-BABLY; REZK; TOLBA, 2014), peru (*Meleagris*, espécie não definida) (RIGDON et al., 1958; KING; ATHERTON, 1970; RAGAB; REEM, 2016), avestruz (*Struthio camelus*) (BEZUIDENHOUT; GROENEWALD; SOLEY, 1999), codorna (*Coturnix coturnix*) (BIANCHI et al., 2016), codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) (ÇEVİK-DEMIRKAN; KÜRTÜL; HAZIROĞLU, 2006; SAWAD; UDAH, 2012), perdiz europeia, da ordem dos galliformes, (*Alectoris graeca*) (KÜRTÜL et al., 2004), bütio-mourisco (*Buteo rufinus*) (ORHAN et al., 2009), pombo europeu (*Columbia livia*) (MÜLLER, 1908; GILBERT, 1939; AKESTER, 1960), mobilha-grande (*Gavia immer*) (GIER, 1952), Tuta-de-faces-brancas (*Pycnonotus leucogenys*) (JAIFAR; SAWAD, 2016) e da gralha-cinzenta (*Corvus cornix*) (EL-SAYED; HASSAN, 2020).

A perdiz (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815) pertence à ordem Tinaniforme, família Tinamidae (MARQUES, 2014). Ela está presente na América do Sul e, apesar da população estar em declínio (MARQUES, 2014; BIRDLIFE INTERNACIONAL, 2020), a perdiz está classificada como LC (*Least concern*) na lista vermelha da BirdLife International (2020).

Visto a escassez de estudos anatômicos em perdizes, o presente estudo teve por objetivo avaliar os sacos aéreos na espécie.

Objetivos

2 Objetivos

O trabalho teve por objetivos analisar os sacos aéreos da perdiz (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815):

- a – por meio de exames radiográficos contrastados,
- b – pelo exame de tomografia computadorizada contrastada,
- c – através da análise macroscópica dos sacos aéreos.

Revisão da Literatura

3 Revisão da Literatura

3.1 Anatomia da cavidade celomática nas aves

A cavidade única que as aves possuem é denominada cavidade celomática e se estende desde a primeira vértebra torácica até a cloaca (O'MALLEY, 2005). Em vez do celoma ser recoberto por uma única camada serosa como em mamíferos (pleura e peritônio) ele é subdividido em diversas cavidades com sua serosa própria (O'MALLEY, 2005). São oito cavidades providas de serosas, das quais três são similares às dos mamíferos (duas pleurais e uma pericardial) e cinco são únicas às aves, já as demais cavidades são os sacos aéreos (O'MALLEY, 2005).

O coração fica localizado medialmente, levemente à direita (O'MALLEY, 2005). O pulmão fica dorsal ao coração e aderido às vértebras e porção proximal das costelas (O'MALLEY). O baço fica na porção direita, entre o ventrículo e o proventrículo, e é de tamanho pequeno pois não serve de reservatório sanguíneo como nos mamíferos (O'MALLEY, 2005).

O estômago das aves é dividido pelo istmo em proventrículo, porção glandular responsável pela digestão química, e ventrículo, porção muscular responsável pela digestão mecânica (KLASING, 1999). O duodeno é a primeira porção do intestino delgado e tem origem no ventrículo (KLASING, 1999; O'MALLEY, 2005). O intestino delgado em si é menor do que em mamíferos e tem pouca diferença histológica entre o duodeno, íleo e jejuno (KLASING, 1999; O'MALLEY, 2005). O intestino grosso apresenta a mesma espessura do delgado e, de tamanho reduzido, se estende da junção ileocecal à cloaca (KLASING, 1999; O'MALLEY, 2005). O ceco faz parte do intestino grosso e em aves pode ser vestigial ou presente, dependendo da alimentação da ave (KLASING, 1999; O'MALLEY, 2005). O pâncreas tem três lobos e fica em região de alça duodenal (DONELEY, 2016).

O fígado fica caudal ao coração, na porção medial do celoma e ele é dividido em dois lobos (COLES, 2007). A vesícula biliar, ausente em struthioniformes, columbiformes e psitaciformes (BEZUIDENHOUT, 1999; O'MALLEY, 2005; COLES, 2007), encontra-se na superfície visceral do lobo direito (O'MALLEY, 2005). Apesar da proximidade taxonômica entre os struthioniformes e tinamiformes, nas perdizes a vesícula biliar está presente (HAGEY et al., 2009). O pâncreas fica localizado na borda antimesentérica

do duodeno (O'MALLEY, 2005).

Os rins ficam aderidos ao sinsacro e têm grande extensão e a eles se ligam os ureteres que transportam o urato até a cloaca (McLELLAND, 1990; O'MALLEY, 2005). As aves não possuem vesícula urinária nem uretra (McLELLAND, 1990; O'MALLEY, 2005).

Nos machos os testículos ficam próximos ao polo cranial dos rins, e as fêmeas possuem unicamente o ovário e oviduto esquerdo desenvolvido, com exceção de algumas espécies (O'MALLEY, 2005; COLES, 2007).

As figuras 1 e 2 esquematizam a anatomia macroscópica da cavidade celomática aviária descrita acima.

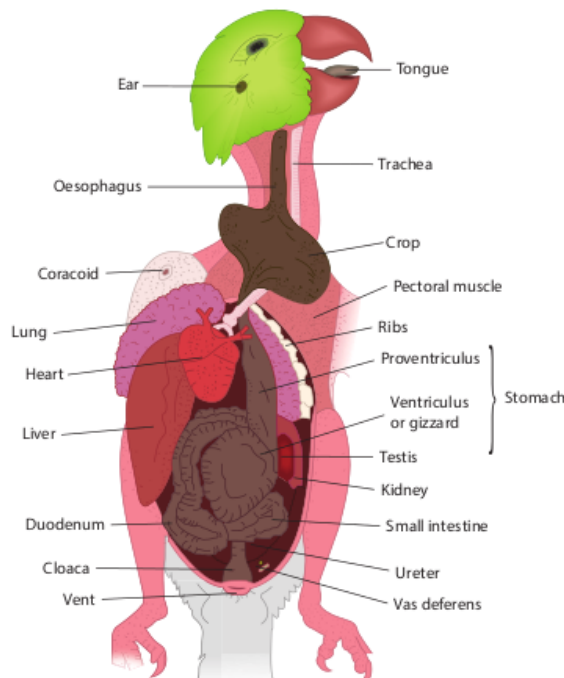


Figura 1: Visualização ventral esquematizada dos órgãos na cavidade celomática das aves. Fonte: DONELEY (2016).

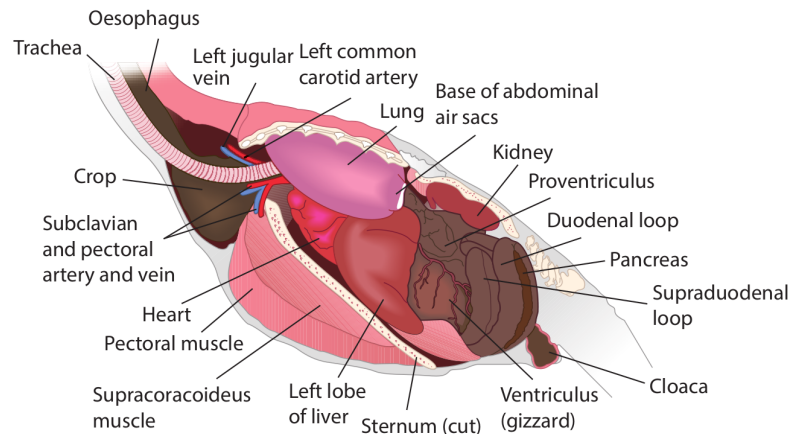


Figura 2: Visualização lateral esquematizada dos órgãos na cavidade celômica das aves. Fonte: DONELEY (2016).

3.2 Sistema respiratório das aves

O sistema respiratório das aves, assim como em demais vertebrados, divide-se em sistema respiratório inferior e superior, onde o sistema respiratório superior é formado pela cavidade nasal, laringe e traqueia (O'MALLEY, 2005). Já o sistema respiratório inferior será descrito a seguir.

A traqueia se divide em dois brônquios primários (mesobrônquios) que percorrem o pulmão e terminam nos sacos aéreos caudais (O'MALLEY, 2005; KÖNIG et al., 2016). Os demais sacos aéreos estão conectados aos brônquios secundários (KÖNIG et al., 2016). Os pulmões são mais cartilagosos e rígidos que os pulmões de mamíferos e não se expandem com os movimentos respiratórios (O'MALLEY, 2005). São esponjosos e fortemente aderidos às costelas na porção dorsal (O'MALLEY, 2005). Os brônquios primários se dividem em quatro pares de brônquios secundários (mediodorsal, medioventral, laterodorsal e lateromedial), que por sua vez se dividem em brônquios terciários, os *parabronchi*, onde acontece a troca gasosa (O'MALLEY, 2005; KÖNIG et al., 2016).

Os sacos aéreos eram tidos como as estruturas responsáveis pelo fluxo unidirecional de ar no pulmão sem que este se distenda na inspiração para acomodar o volume de ar inspirado (O'MALLEY, 2005). Entretanto, o fluxo unidirecional foi comprovado em aligátors (FARMER; SANDERS, 2010), crocodilianos (SCHACHNER; HUTCHINSON; FARMER, 2013), iguana (CIERI et al., 2014) e lagarto monitor (SCHACHNER et al., 2014) e não está certo até que ponto os sacos aéreos têm importância para o fluxo unidirecional em aves. Por isso, o modelo proposto por Hazelhoff (1951), onde a estrutura

pulmonar aviária em si permite este fluxo unidirecional, está sendo reavaliado (MAKANYA; KAVOI; DJONOV, 2014). Os sacos aéreos exercem função na termorregulação e apresentam uma membrana fina (espessura de duas células) de epitélio estratificado, transparentes e com capacidade de expansão (O'MALLEY, 2005). Os sacos aéreos constituem 80% do volume respiratório e se estendem aos ossos pneumáticos (O'MALLEY, 2005; KARDONG, 2012). Os sacos aéreos são classificados em craniais e caudais, de acordo com sua inserção nos brônquios: os craniais (cervical, clavicular e torácico cranial) se inserem nos brônquios ventrais e os caudais (torácico caudal e abdominal) se inserem nos mesobrônquios (O'MALLEY, 2005; KÖNIG et al., 2016). Geralmente as aves têm três pares de sacos aéreos (torácico cranial e caudal e abdominal) e dois únicos (cervical e clavicular), contudo, o saco aéreo cervical pode ser pareado em algumas espécies (O'MALLEY, 2005; KÖNIG et al., 2016).

O saco aéreo cervical fica localizado dorsalmente ao esôfago e tem um divertículo vertebral de C3 - T5, com conexão ao crânio através do sinus infraorbital (O'MALLEY, 2005; KÖNIG et al., 2016). O saco aéreo clavicular tem uma porção no divertículo intratorácico, ao redor do coração e esterno, e uma porção extratorácica que pneumatiza costelas, esterno e úmero (O'MALLEY, 2005; KÖNIG et al., 2016). Os sacos aéreos torácicos craniais e caudais se seguem na porção dorsolateral da caixa torácica (O'MALLEY, 2005). Os torácicos caudais são os únicos sacos aéreos sem conexão com ossos pneumáticos (O'MALLEY, 2005). Os sacos aéreos abdominais são os maiores das aves e se estendem desde o pulmão até a cloaca, com um divertículo na altura dos rins e do fêmur (O'MALLEY, 2005; KÖNIG et al., 2016).

A fisiologia respiratória das aves é única: para que o ar percorra o caminho total do aparelho respiratório são necessários dois movimentos respiratórios completos — inspiração e expiração (figura 3) (O'MALLEY, 2005; ASENSIO, 2009; KARDONG, 2012; KÖNIG et al., 2016). Em uma primeira inspiração o ar entra pelas narinas, percorre a traqueia e brônquios primários e vai para os sacos aéreos caudais (torácicos caudais e abdominais) (O'MALLEY, 2005; ASENSIO, 2009; KARDONG, 2012; KÖNIG et al., 2016). Com a primeira expiração este ar se desloca para o pulmão, onde efetua a troca gasosa nos parabrônquios (O'MALLEY, 2005; ASENSIO, 2009; KARDONG, 2012; KÖNIG et al., 2016). Na segunda inspiração o ar vai para os sacos aéreos cranias e na segunda expiração ele vai para os brônquios e traqueia para ser expirado pela ave (O'MALLEY, 2005; ASENSIO, 2009; KARDONG, 2012; KÖNIG et al., 2016). Nesta dinâmica o ar sempre passa pelos parabrônquios na mesma

direção, independentemente de estar em um movimento inspiratório ou expiratório, o que é denominado de fluxo unidirecional (O'MALLEY, 2005; ASENSIO, 2009; KARDONG, 2012; KÖNIG et al., 2016).

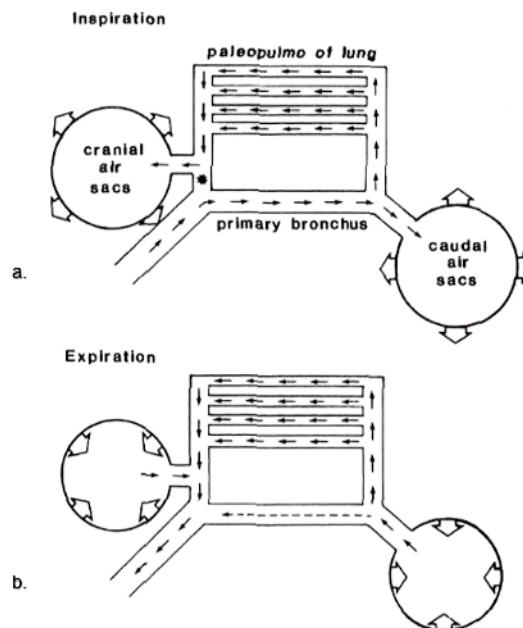


Figura 3: Representação do fluxo de ar no sistema respiratório da ave durante a inspiração (a) e expiração (b). Asterisco representa fatores aerodinâmicos que impossibilitam a passagem de ar do brônquio primário diretamente para os sacos aéreos craniais. À expiração uma pequena porção de ar escapa dos sacos aéreos caudais diretamente para a traqueia através do brônquio primário. Fonte: KING e MCLELLAND, 1984.

Devido à variação em número, topografia e divertículos que pode existir nos sacos aéreos entre diferentes espécies, vários estudos morfológicos foram realizados ao longo dos anos. Os sacos aéreos já foram descritos nas seguintes aves: galinha doméstica (*Gallus gallus*) (AKESTER, 1960; GOODCHILD, 1970), ganso doméstico (*Anser anser domesticus*) (ONUK; HAZIROĞLU; KABAT, 2009), patos (*Anas spp.*) (ÇEVİK DEMİRKAN; HAZIROĞLU; KÜRTÜL, 2006; DE ARAÚJO; KFOURY JR, 2014, 2014; EL-BABLY; REZK; TOLBA, 2014), peru (*Meleagris*, espécie não definida) (RIGDON et al., 1958; KING; ATHERTON, 1970; RAGAB; REEM, 2016), avestruz (*Struthio camelus*) (BEZUIDENHOUT; GROENEWALD; SOLEY, 1999), codorna (*Coturnix coturnix*) (BIANCHI et al., 2016), codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) (ÇEVİK-DEMİRKAN; KÜRTÜL; HAZIROĞLU, 2006; SAWAD; UDAH, 2012), perdiz europeia, da ordem dos galliformes, (*Alectoris graeca*) (KÜRTÜL et al., 2004), bútio-mourisco (*Buteo rufinus*) (ORHAN et al., 2009), pombo europeu (*Columbia livia*) (MÜLLER, 1908; GILBERT, 1939; AKESTER, 1960), melha-grande (*Gavia immer*) (GIER, 1952), Tuta-de-faces-brancas (*Pycnonotus leucogenys*)

(JAIFAR; SAWAD, 2016) e da gralha-cinzenta (*Corvus cornix*) (EL-SAYED; HASSAN, 2020).

As galinhas estão entre as espécies de aves melhor descritas, com anatomia completa em livros (AKESTER, 1960; KÖNIG et al., 2016). Elas têm oito sacos aéreos: um clavicular, um cervical, dois torácicos craniais, dois torácicos caudais e dois abdominais (AKESTER, 1960; KÖNIG et al., 2016). Codornas (*Coturnix coturnix*) e codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) têm oito sacos aéreos segundo Bianchi et al. (2016) e Sawad e Uдах (2012), respectivamente, porém Çevik-Demirkan; Kürtül; Hazirolu (2006) descreveram o saco cervical da codorna japonesa como pareado, levando à um número de nove sacos aéreos na espécie.

Em patos (*Anas spp.*) foram descritos dois sacos aéreos cervicais, um clavicular, dois torácicos craniais, dois torácicos caudais e dois abdominais: os torácicos caudais, são quase duas vezes maior que os craniais enquanto os sacos aéreos abdominais são assimétricos (o antímero esquerdo mais curto do que o direito) - totalizando nove sacos aéreos (AKESTER, 1960; ÇEVİK DEMİRKAN; HAZIROĞLU; KÜRTÜL, 2006; DE ARAÚJO; KFOURY JR, 2014; EL-BABLY; REZK; TOLBA, 2014). Avestruzes (*Struthio camelus*) têm nove sacos aéreos que, assim como em demais ratitas descritos, são pequenos, inclusive os sacos aéreos abdominais (BEDDARD, 1886; BEZUIDENHOUT; GROENEWALD; SOLEY, 1999). Representante dos rapinantes, o *Buteo rufinus* chamado de Long Legged Buzzard em língua inglesa e butio-mourisco em Portugal (FERREIRA, 2006) foi descrito com a mesma numeração de sacos aéreos (ORHAN et al., 2009). O pombo (*Columbia livia*), o qual foi bastante estudado como modelo aviário inicialmente foi relatado igualmente com oito sacos aéreos (MÜLLER, 1908; GILBERT, 1939; AKESTER, 1960). A *Pycnonotus leucogenys*, tuta-de-faces-brancas em Portugal e white-cheeked-bulbul em inglês (FERREIRA, 2006), da ordem dos passeriformes (BirdLife International, 2016) e gralha-cinzenta (*Corvus cornix*) também foram descritos com nove sacos aéreos, sendo o clavicular o único não pareado (JAIFAR; SAWAD, 2016; EL-SAYED; HASSAN, 2020).

Perdizes (*Alectoris graeca*), da ordem dos galliformes, presentes na Europa (BirdLife International, 2020) possuem oito sacos aéreos, porém os sacos aéreos claviculares que são pareados, e não os cervicais, como nas demais espécies descritas com oito ou nove sacos aéreos (KÜRTÜL et al., 2004).

Já em gansos (*Anser anser domesticus*), pertencentes à ordem dos

anseriformes, foram relatados sete sacos aéreos: um saco aéreo cervicoclavicular, dois torácicos craniais, dois torácicos caudais e dois abdominais (ONUK; HAZIROĞLU; KABAT, 2009; CÂNDIDO, 2014). Perus, do gênero *Meleagris*, têm a mesma anatomia disposição de sacos aéreos, com um único saco aéreo cervicoclavicular e os demais pareados (RIGDON et al., 1958; KING; ATHERTON, 1970; RAGAB; REEM, 2016).

A mobelha grande (*Gavia immer*) também possui uma morfologia de sacos aéreos mais simples, caracterizada pela ausência de saco aéreo cervical e saco aéreo clavicular único, totalizando sete sacos aéreos (GIER, 1952).

3.3 Dados biológicos da perdiz

Segundo Marques (2014), a perdiz (*Rhynchotus rufescens* - Temminck, 1815) é uma ave de porte médio, com peso variando de 700 g a 1 kg e pertence à ordem Tinamiforme, família Tinamidae, a única família da ordem, e subfamília Rhynchotinae. A ordem inclui igualmente a codorna, inhambu, macuco e jaó. As codornas (*Nothura spp.*) devem ser diferenciadas das codornas domésticas (*Coturnix coturnix*) pertencentes à ordem dos galliformes (MARQUES, 2014). Filogeneticamente os Tinamiformes são próximos dos Struthioniformes (HACKETT et al., 2008). A perdiz está presente na América do Sul, desde o Nordeste brasileiro até a Argentina assim como Bolívia e Paraguai (MARQUES, 2014; BIRDLIFE INTERNACIONAL, 2020). Apesar da população estar em declínio devido à caça e consumo indiscriminado de agrotóxicos (MARQUES, 2014), a perdiz está classificada como LC (*Least concern*) na lista vermelha da BirdLife International (2021).

3.4 Radiografia

De acordo com Thrall (2018) a radiografia é amplamente utilizada no diagnóstico médico, humano e veterinário, e é obtida por meio de raios X, que são uma radiação eletromagnética (THRALL, 2018). Quando emitidos os raios X são em parte absorvidos pelos tecidos e não sensibilizam o filme (THRALL, 2018). Quanto mais exposição do filme mais preto fica (radiolúcido) e quanto menos exposição mais branco fica (radiopaco), esta variação é chamada de resolução de contraste (THRALL, 2018). Na radiografia a reso-

lução de contraste é menor do que na Tomografia Computadorizada ou na Ressonância Magnética e pode ser definida como radiopacidade ar, radiopacidade gordura, radiopacidade água, radiopacidade osso (ou mineral) e radiopacidade metal (THRALL, 2018). Conforme os tecidos mais ou menos raios X passam e estas variações permitem a visualização radiográfica das estruturas e a detecção de alterações em forma, tamanho e tipo de tecido (THRALL, 2018).

A radiografia é uma ferramenta diagnóstica usada para avaliação de ossos e cavidade celomática em aves na rotina clínica, mas por gerar uma imagem em duas dimensões (2D) de um corpo tridimensional (3D) existe sobreposição de estruturas que devem ser levadas em conta na interpretação da imagem e pode dificultar a visualização e diagnóstico (KRAUTWALD-JUNGHANNS; SCHROFF; BARTELS, 2011). Ela é usada principalmente para avaliação de sacos aéreos e pulmões para diagnóstico de aerossaculite e pneumonia (KRAUTWALD-JUNGHANNS, 2011).

3.5 Tomografia computadorizada

A tomografia computadorizada (TC) fornece representações tridimensionais, enquanto a radiografia representa estruturas tridimensionais em planos bidimensionais (KRAUTWALD-JUNGHANNS; PEERS, 2011; THRALL, 2015). Assim é possível eliminar as sobreposições e obter melhores representações de relações anatômicas estruturais (KRAUTWALD-JUNGHANNS; PEERS, 2011; D'ANJOU, 2015). Os tecidos são examinados em seções ou cortes finos, de forma que os órgãos e demais estruturas são mais facilmente identificados e diferenciados (D'ANJOU, 2015; THRALL, 2015).

A sensibilidade da TC é maior do que da radiografia (OHLERTH; SCHARF, 2007; D'ANJOU, 2015), permitindo a diferenciação e caracterização das estruturas visualizadas. Esta técnica permite um diagnóstico precoce e a técnica de reconstrução 3D permite avaliar a proporção correta de tamanho e posição dos órgãos (KORBEL; PROBST; LIEBICH, 2016). A tomografia computadorizada é uma excelente técnica para avaliação do sistema respiratório, principalmente para a avaliação do pulmão (GUMPENBERGER; HENNINGER, 2001; KRAUTWALD-JUNGHANNS; PEERS, 2011). Já para avaliação dos sacos aéreos tem uma menor sensibilidade diagnóstica (KRAUTWALD-JUNGHANNS; PEERS, 2011).

Materiais e Métodos

4 Materiais e Métodos

4.1 Origem dos animais

A metodologia adotada no desenvolvimento do presente estudo foi aprovada pela Comissão de Ética no uso de animais (CEUA) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Botucatu, segundo nº 00302021 em (Anexo I). O projeto obteve também autorização do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, divisão do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, para manutenção temporária de vertebrados silvestres em cativeiro sob nº 77786-1 (Anexo II).

Foram utilizadas 20 perdizes provenientes do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal do curso de Zootecnia da Unesp – Campus Botucatu. O material cadavérico foi coletado após o abate de animais oriundos de projetos na área de produção.

4.2 Tomografia Computadorizada

Cinco das aves foram utilizadas para avaliação tomográfica.

As aves foram submetidas ao exame de Tomografia Computadorizada (TC) para avaliação da cavidade celomática com o uso do contraste a base de iodo. O equipamento é da marca Shimadzu modelo SCT 7800 TC Helicoidal de 1 canal.

Foram adquiridas as imagens no plano transversal (axial) com cortes de 1mm de espessura, usando 120kVp e 130mAs à 150mAs. Após a conclusão dos exames, as imagens foram reconstruídas no plano coronal (dorsal) e sagital, com o objetivo de realizar as mensurações da cavidade celomática.

Foi realizada a abertura da pele na região cervical, exposição da traqueia e corte vertical de aproximadamente 1cm permitiu a introdução de uma cânula para a perfusão de contraste de iodo.

4.3 Exame radiográfico

Outras 10 perdizes foram submetidas aos exames radiográficos com o contraste sulfato de bário com repleição através da traqueia até o completo preenchimento do sistema respiratório. Todos os posicionamentos radiográficos foram realizados na posição ventrodorsal nos equipamentos de Raio-X G.E e Aparelho de Raio-X Shimatzu EXY-RAD. Nas radiografias foram mensurados o comprimento e a largura da cavidade celomática e dos sacos aéreos.

Foi realizada a abertura da pele na região cervical, exposição da traqueia, corte vertical de aproximadamente 1cm que permitiu a introdução de uma cânula para a perfusão de contraste de sulfato de bário.

4.4 Anatomia macroscópica

Cinco perdizes foram injetadas com látex e dissecadas.

Para tal a pele foi realizada na região cervical, exposição da traqueia, corte vertical de aproximadamente 1cm que permitiu a introdução de uma cânula para a perfusão de látex. O material foi mantido congelado e mantido no freezer por 15 dias até solidificação total do material.

Foi realizada uma incisão na linha medial desde a traqueia até a cloaca, expondo a musculatura peitoral. Foi realizada a retirada da musculatura peitoral e retirado o esterno por meio da separação na altura das articulações costoverbrais e da cintura escapular. As vísceras foram retiradas e posteriormente o molde de látex foi retirado da carcaça.

4.5 Estatística

Para o tratamento estatístico foi calculada a média, mediana e o desvio padrão dos parâmetros morfológicos estabelecidos (plano sagital, dorsal e transversal):

- Comprimento da cavidade celomática,
- Largura da cavidade celomática,
- Altura da cavidade celomática.

Resultados

5 Resultados

5.1 Tomografia Computadorizada

As medidas obtidas na TC estão representadas na Tabela 1 e exemplificadas nas figuras 4 e 5.

Tabela 1: *Ilustra as mensurações da cavidade celomática pela Tomografia Computadorizada com o uso do contraste (iodo)*

Cavidade Celomática (mm)	Comprimento	Largura	Altura	Comprimento	Altura	Largura
Plano	Dorsal	Dorsal	Transversal	Sagital	Sagital	Transversal
Ave 1	127,31	42,10	33,09	137,64	37,84	41,05
Ave 2	131,84	43,62	39,57	148,72	48,50	50,92
Ave 3	136,04	37,19	33,42	145,66	40,85	33,92
Ave 4	128,07	38,07	37,00	138,88	44,56	41,01
Ave 5	105,30	42,87	43,05	114,80	38,90	44,05
Média	125,71	40,86	37,23	137,14	42,13	42,10
Mediana	128,07	42,10	37,00	138,88	40,85	41,05
Desvio Padrão	10,67	2,53	3,77	11,91	3,92	5,63

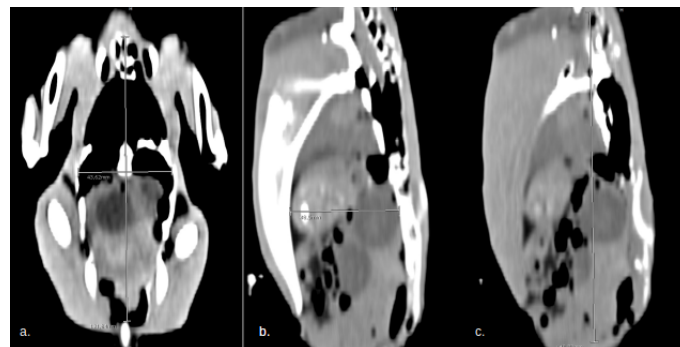


Figura 4: *Tomografias exemplificando as medidas coletadas no corte dorsal (a) de comprimento e largura e no corte sagital de altura (b) e comprimento (c)*

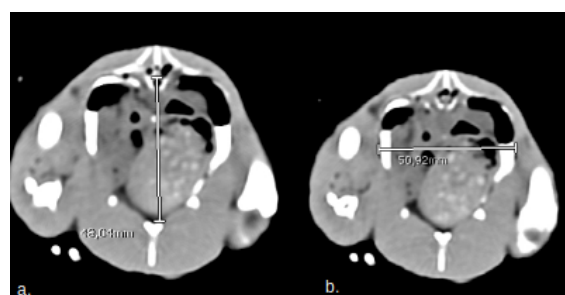


Figura 5: *Tomografias exemplificando as medidas coletadas no corte transverse de altura (a) e largura (b)*

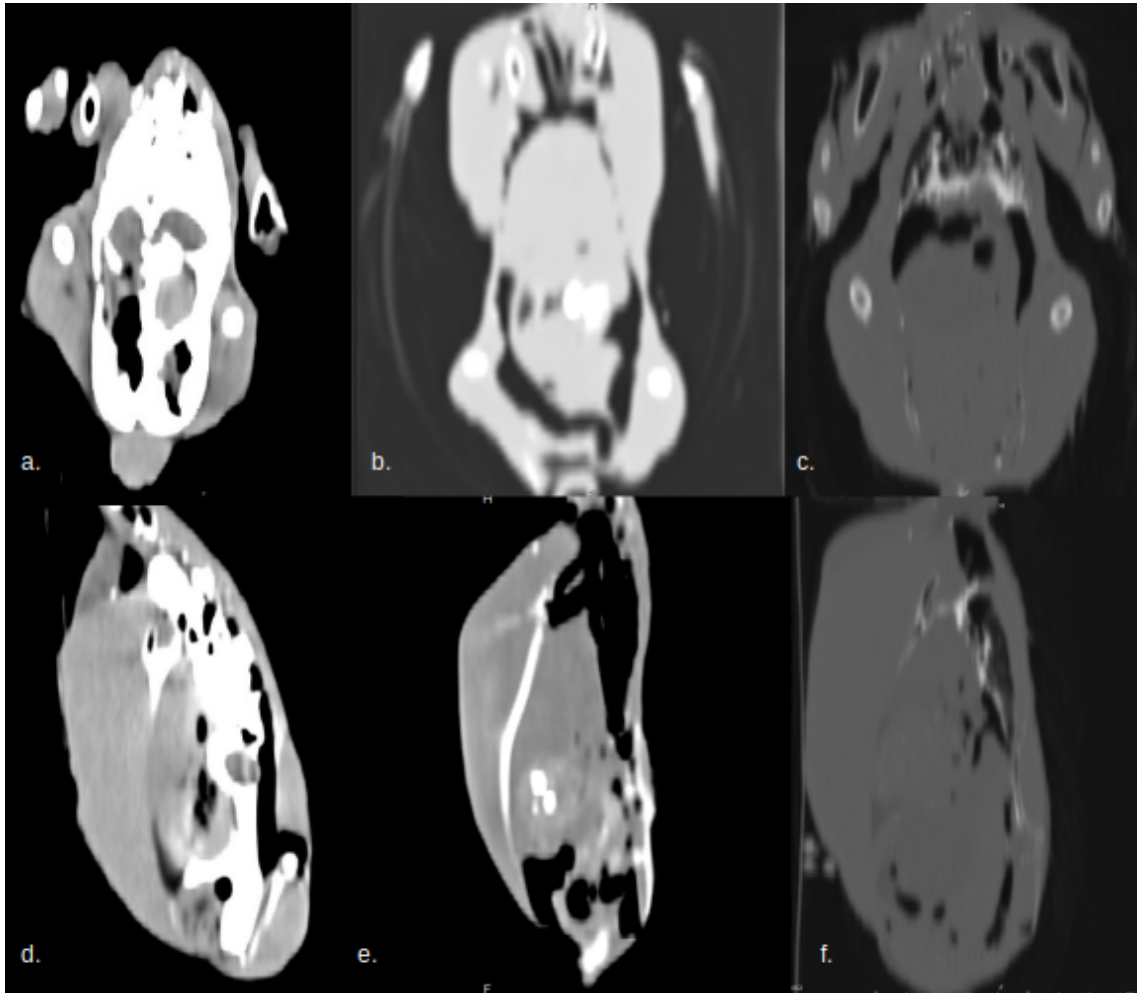


Figura 6: Tomografia Computadorizada do celoma de perdizes. **a.** Corte dorsal contrastado onde pode-se ver pulmão e sacos aéreos hiperdensos. **b.** Plano dorsal não contrastado onde pode-se visualizar os sacos aéreos hipodensos (densidade ar). **c.** Em plano dorsal em janela de tecidos moles diferencia-se pulmões e sacos aéreos. **d.** Corte sagital com contraste em pulmão e sacos aéreos. **e.** Corte sagital não contrastado com visualização dos sacos aéreos hipodensos (densidade ar). **f.** Corte sagital em janela de tecidos moles com visualização dos sacos aéreos com hipodensidade e do pulmão em região heterogenia.

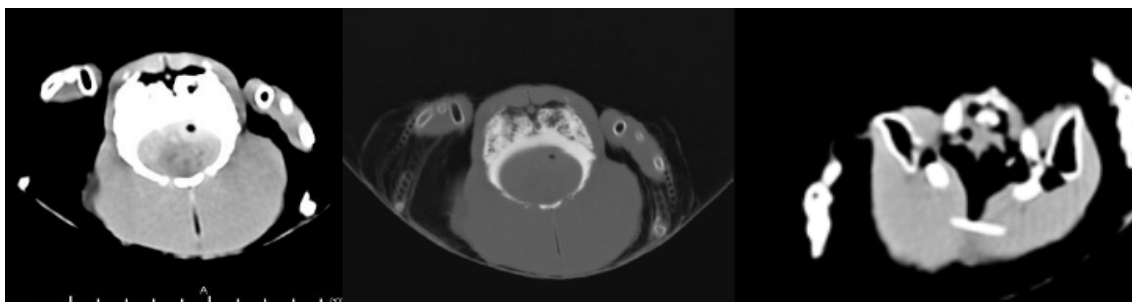


Figura 7: Tomografia Computadorizada do celoma de perdzes no corte transversal. **a.** Tomografia contrastada com repleição total do pulmão e sacos aéreos. **b.** Tomografia em janela de tecidos moles, com diferenciação heterogênea entre sacos aéreos e pulmões. **c.** Tomografia não contrastada com região de pulmão e sacos aéreos em hipodensidade (densidade ar).

5.2 Exame radiográfico

Foi realizada a mensuração da cavidade celomática através dos sacos aéreos repletos de contraste de sulfato de bário, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Mensuração da cavidade celomática pela radiografia digital em projeção ventrodorsal após repleição do sistema respiratório inferior com sulfato de bário

Cavidade Celomática (mm)	Comprimento	Largura
Ave 1	160,37	70,52
Ave 2	178,03	74,52
Ave 3	179,59	56,40
Ave 4	178,65	60,28
Ave 5	169,30	54,10
Ave 6	166,42	63,78
Ave 7	173,69	59,53
Ave 8	163,45	58,03
Ave 9	140,64	42,66
Ave 10	180,87	76,76
Média	169,10	61,66
Mediana	171,50	59,91
Desvio Padrão	11,14	9,25

Os sacos aéreos foram delimitados de forma empírica (figura 8), com base na anatomia topográfica dos mesmos e dos resultados da análise macroscópica das peças anatômicas produzidas e abordadas abaixo.

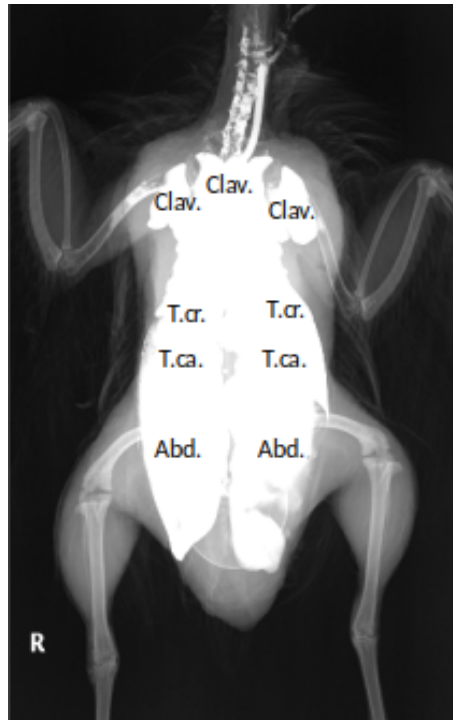


Figura 8: Radiografia contrastada em projeção ventrodorsal com evidência dos sacos aéreos e pulmões da perdiz. A delimitação dos sacos aéreos foi feita de forma aproximada com base na anatomia topográfica dos mesmos. Note a presença de contraste em espaço intramedular do úmero direito, a qual demonstra pneumatização.

5.3 Anatomia macroscópica

As perdizes não apresentaram sacos aéreos cervicais. Um único saco aéreo clavicular (Clav.) foi encontrado, com três subdivisões: direita, esquerda e medial. Adicionalmente porções extra celomáticas direita e esquerda foram encontradas, passando por debaixo da clavícula (figuras 9 a 13). Em um dos animais foram encontrados os dois úmeros preenchidos por látex (figura 14). Foi evidenciado um par de sacos aéreos torácicos craniais (T.cr.), um par de sacos aéreos torácicos caudais (T.ca.) e um de sacos aéreos abdominais (Abd.), totalizando sete sacos aéreos (figuras 9 a 13).

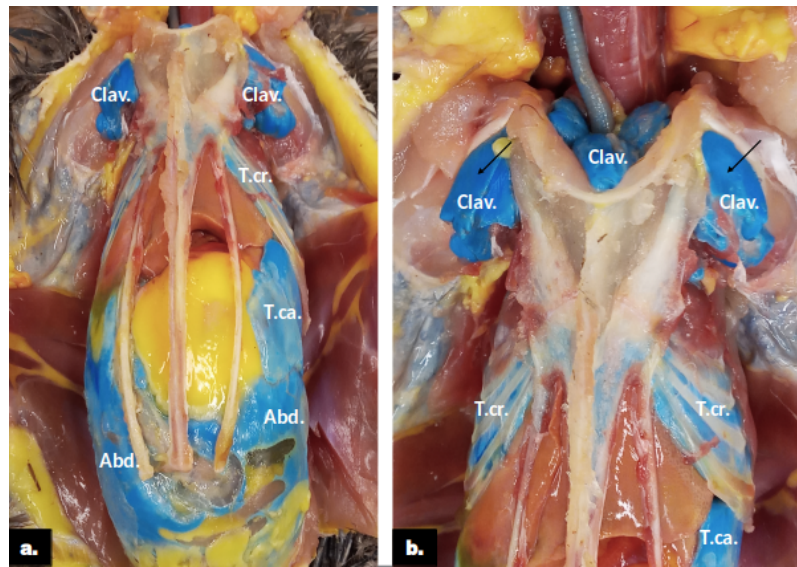


Figura 9: Visualização dos sacos aéreos da perdiz após retirada de pele e musculatura ventral (a). Observe a porção extratorácica do saco aéreo clavicular (setas) (b).

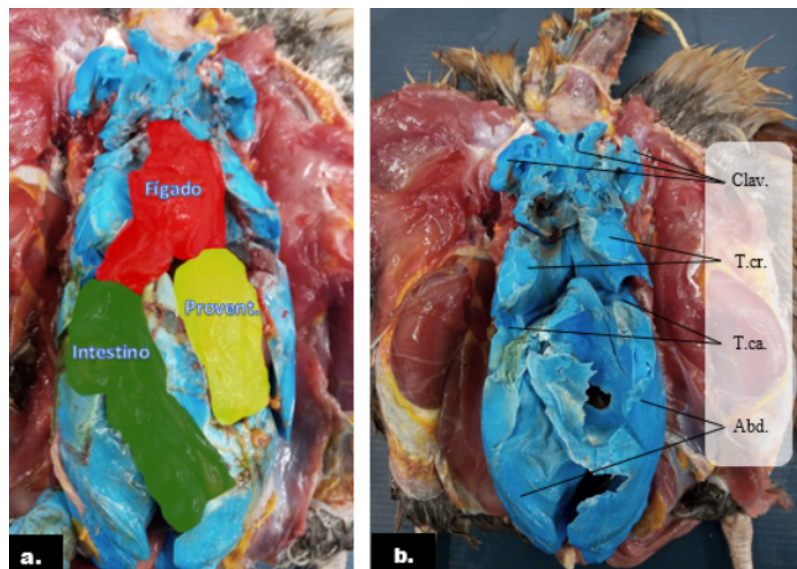


Figura 10: Relação dos sacos aéreos e das vísceras na cavidade celomática da Perdiz, onde pode-se visualizar o Fígado (vermelho), Proventrículo (amarelo) e Intestino (verde) (a). Visualização dos sacos aéreos na cavidade celomática da Perdiz após retirada das vísceras (b).

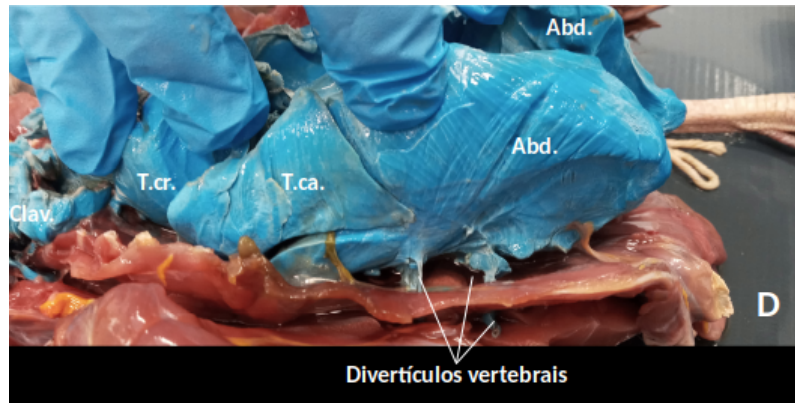


Figura 11: Visualização lateral dos sacos aéreos da perdiz, com visualização da inserção do látex em divertículos vertebrais.

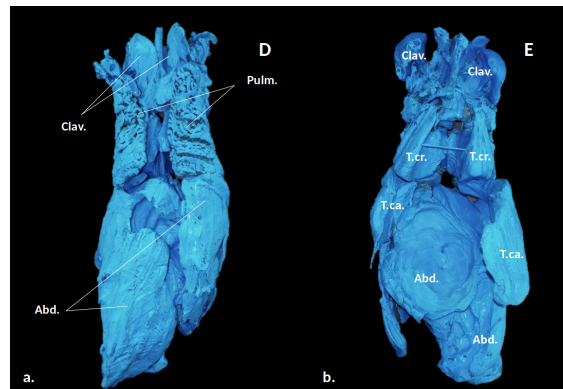


Figura 12: Molde de látex do sistema respiratório inferior da perdiz, vista dorsal (a.) e ventral (b).

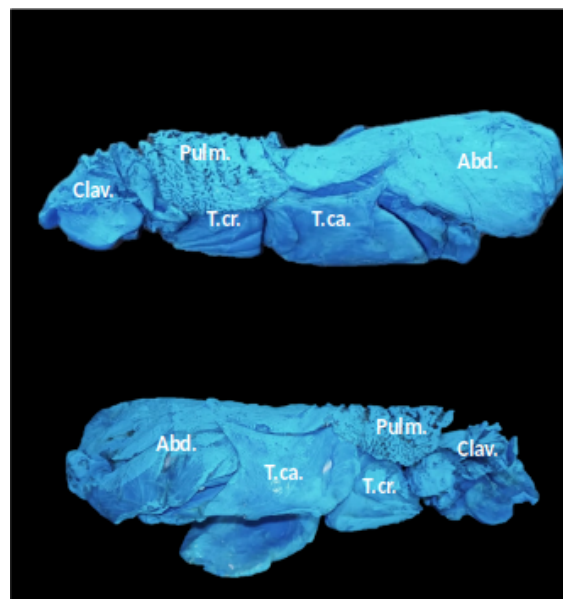


Figura 13: Molde de látex do sistema respiratório inferior da perdiz, vista lateral direita (acima) e esquerda (abaixo).



Figura 14: *Úmero de perdiz com preenchimento por látex no espaço intramedular, evidenciando a pneumatização deste osso.*

Discussão

6 Discussão

De todos os trabalhos encontrados, este foi o primeiro a estabelecer mensurações relacionadas a sacos aéreos, porém devido à impossibilidade de delimitar visualmente os sacos aéreos nas imagens radiográficas e tomográficas, eles foram medidos no seu conjunto, o que corresponde às delimitações da cavidade celomática (MÜLLER, 1908; GILBERT, 1939; GIER, 1952; RIGDON et al., 1958; AKESTER, 1960; GOODCHILD, 1970; KING; ATHERTON, 1970; BEZUIDENHOUT; GROENEWALD; SOLEY, 1999; KÜRTÜL et al., 2004; ÇEVİK-DEMIRKAN; KÜRTÜL; HAZIROĞLU, 2006; ÇEVİK DEMİRKAN; HAZIROĞLU; KÜRTÜL, 2006; ONUK; HAZIROĞLU; KABAT, 2009; ORHAN et al., 2009; SAWAD; UDAH, 2012; DE ARAÚJO; KFOURY JR, 2014; EL-BABLY; REZK; TOLBA, 2014; BIANCHI et al., 2016; JAIFAR; SAWAD, 2016; RAGAB; REEM, 2016; EL-SAYED; HASSAN, 2020).

A relação entre os sacos aéreos e as vísceras é muito importante para determinar a saúde da ave (VAN ZEELAND; SCHOEMAKER; HSU, 2016). Uma organomegalia severa pode ocasionar uma redução da capacidade de volume de ar suficiente para causar dispneia (VAN ZEELAND; SCHOEMAKER; HSU, 2016). Descrições imagenológicas da cavidade celomática das aves tendem a avaliar tamanho e proporção das vísceras (VAN ZEELAND; SCHOEMAKER; HSU, 2016). O estudo anatômico dos sacos aéreos da perdiz permite avaliar o tamanho e proporção dos mesmos em animais aparentemente hígidos, estabelecendo um padrão visual para comparação e possibilidade de detectar em radiografias e tomografias futuras um espaço de sacos aéreos reduzido.

O saco aéreo cervical tem uma conformação mais irregular e possui um tamanho menor do que os demais. Os sacos aéreos torácicos são simétricos e os torácicos craniais são menores do que os caudais. Os sacos aéreos abdominais são os maiores, assimétricos e se estendem até a cloaca. Um único indivíduo apresentou o antímero direito menor do que o esquerdo (Figura 12 a e b), enquanto em patos *Anas spp.* o saco aéreo abdominal esquerdo foi descrito como sendo menor do que o direito (AKESTER, 1960; ÇEVİK DEMİRKAN; HAZIROĞLU; KÜRTÜL, 2006; DE ARAÚJO; KFOURY JR, 2014; EL-BABLY; REZK; TOLBA, 2014).

A porção extratorácica do saco aéreo clavicular pneumatiza o úmero e esterno e se estende para a siringe aonde tem papel essencial na vocalização (O'MALLEY, 2005). Em um dos animais dissecados foi possível a comprovação da pneumatização dos úmeros devido ao preenchimento por látex

e em três outras costelas também foram preenchidas, podendo ser visualizados divertículos vertebrais. A viscosidade do látex faz com que ossos pneumatizados não necessariamente sejam preenchidos, e o estudo da pneumatização de ossos é feito através de um exame osteológico minucioso para localização de divertículos e visualização das trabéculas através da secção dos ossos. Como o presente trabalho não teve como foco a descrição de ossos pneumáticos, ele limitou-se a relatar os ossos onde foi possível descrever o preenchimento por látex, não havendo como afirmar se demais ossos são pneumatizados na espécie ou se existe variação intraespecífica.

A morfologia do sistema respiratório encontrado na perdiz (*R. rufescens*) é pouco descrita na literatura, sendo similar unicamente à morfologia descrita em mobilha grande (*Gavia immer*), uma ave aquática pertencente à ordem dos Gaviiformes (GIER, 1952; Birdlife International, 2018). Demais aves com sete sacos aéreos são os gansos (*Anser anser domesticus*) (ONUK; HAZIROĞLU; KABAT, 2009; CÂNDIDO, 2014) e perus (gênero *Meleagris*) apresentando um único saco aéreo cervicoclavicular e os demais pareados (RIGDON et al., 1958; KING; ATHERTON, 1970; RAGAB; REEM, 2016).

Não existe uma relação clara entre taxonomia e biologia da ave e a quantidade e conformação dos seus sacos aéreos. Animais de proximidade taxonômica apresentam diferenças, a exemplo das perdizes (*R. rufescens*) que possuem um saco cervical ausente e clavicular único, totalizando sete sacos aéreos, enquanto os avestruzes (*Struthio camelus*) têm dois cervicais e um clavicular, totalizando nove sacos aéreos (BEZUIDENHOUT; GROENEWALD; SOLEY, 1999). Até mesmo dentro da ordem existem diferenças como por exemplo os Anseriformes onde os patos (*Anas spp.*) possuem nove sacos aéreos (dois cervicais e um clavicular) e gansos (*Anser anser domesticus*) possuem sete (um cervical) (ÇEVİK DEMİRKAN; HAZIROĞLU; KÜRTÜL, 2006; ONUK; HAZIROĞLU; KABAT, 2009; DE ARAÚJO; KFOURY JR, 2014; EL-BABLY; REZK; TOLBA, 2014).

7 Conclusão

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que os sacos aéreos da perdiz (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815):

- a – Delimitam as extremidades da cavidade celomática toda e ainda possuem uma porção extratorácica visível radiograficamente,
- b – Na tomografia, em janela de tecidos moles os sacos aéreos são facilmente diferenciados do pulmão por serem mais hipodensos,
- c – São sete sacos aéreos (um único clavicular, dois torácicos craniais, dois torácicos caudais e dois abdominais).

Referências

AKESTER, A. R. The comparative anatomy of the respiratory pathways in the domestic fowl (*Gallus domesticus*), pigeon (*Columbia livia*) and domestic duck (*Anas platyrhyncha*). **Journal of Anatomy**, v. 94, p. 487–505, 1 out. 1960. ISSN 0021-8782, 1469-7580. Disponível em: <http://europepmc.org/article/PMC/1244348>. Acesso em: 26 fev. 2021.

ARAÚJO, J. M.; KFOURY JR, J. R. Descrição Anatômica Topográfica dos Sacos Aéreos de patos, *Anas platyrhynchos* (Aves: Anseriformes). **Biosci. J.**, v. 30, n. 3, p. 810–815, 2014.

ASENSIO, E. A. **Fisiología Aviar**. 1. ed. Espanha: Edición de la Universidad de Lleida, 2009.

EL-BABLY, S. H.; REZK, H. M.; TOLBA, A. R. Gross Morphological Studies on the Air Sacs (*Sacci Pneumatici*) of Golden Pekin Duck (*Anas platyrhyncha*). **Haryana Vet**, v. 51, p. 13–17, 2014.

BEDDARD, F. E. Note on the air-sacs of the cassowary. **Proceedings of the Zoological Society**, p. 145–146, 1886. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/page/28985174>. Acesso em: 5 mar. 2021.

BEZUIDENHOUT, A. J.; GROENEWALD, H. B.; SOLEY, J. T. An anatomical study of the respiratory air sacs in ostriches. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 66, p. 317–325, 1999.

BIANCHI, P. et al. Relações topográficas dos sacos aéreos de codornas (*Coturnix coturnix*). **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 279–284, jun. 2016. Publisher: Universidade Federal de Goiás. ISSN 1809-6891. DOI: 10.1590/1089-6891v17i231635. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1809-68912016000200279&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 12 jul. 2020.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. **IUCN Red List of Threatened Species: *Rhynchotus rufescens***. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-3. 1 out. 2016. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/en>. Acesso em: 18 fev. 2021.

CAPAVERDE-JR, U. D. et al. Wild animals collected by the Independent Company of Environmental Police Monte Roraima in urban area of Boa Vista, Brazilian Amazon. **Biota Amazônia**, v. 8, n. 1, p. 43–48, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/>. Disponível em: <http://periodicos.unifap.br/index.php/biota>.

ÇEVİK DEMIRKAN, A.; HAZIROĞLU, R. M.; KÜRTÜL, İ. Air sacs (*Sacci pneumatici*) in mallard ducks (*Anas platyrhynchos*). **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 53, n. 1, p. 75–78, 2006. ISSN 1300-0861. DOI: 10.1501/Vetfak_0000000067. Disponível em: <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/11/222/1850.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

CIERI, R. L. et al. New insight into the evolution of the vertebrate respiratory system and the discovery of unidirectional airflow in iguana lungs. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 48, p. 17218–17223, 2 dez. 2014. ISSN 0027-8424, 1091-6490. DOI: 10.1073/pnas.1405088111. Disponível em: <http://www.pnas.org/lookup/doi/10.1073/pnas.1405088111>. Acesso em: 5 mar. 2021.

COLES, B. H. Diversity in Anatomy and Physiology. In: **ESSENTIALS of Avian Medicine and Surgery**. 3. ed. UK: Blackwell Science Ltd, 2007. P. 1–21.

DONELEY, B. Clinical Anatomy and Physiology. In: **AVIAN Medicine and Surgery in Practice: Companion and aviary birds**. 2. ed. USA: CRC Press, 2016. P. 1–44.

DORRESTEIN, G. M. Passeriformes. In: **Clínica de Aves**. Edição: Thomas N Tully, Gerry M Dorrestein e Alan K Jones. 2. ed. São Paulo, Brazil: Elsevier, 2010.

FARMER, C. G.; SANDERS, K. Unidirectional Airflow in the Lungs of Alligators. **Science**, v. 327, n. 5963, p. 338–340, 15 jan. 2010. ISSN 0036-8075, 1095-9203. DOI: 10.1126/science.1180219. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1180219>. Acesso em: 5 mar. 2021.

- FERREIRA, P. J. S. G. **Bird names**. 2006. Disponível em: <http://sweet.ua.pt/pjf/Aves/chmsm.html>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- GIER, H. T. The Air Sacs of the Loon. **The Auk**, v. 69, n. 1, p. 40–49, jan. 1952. ISSN 00048038, 19384254. DOI: 10.2307/4081291. Disponível em: <https://academic.oup.com/auk/article/69/1/40-49/5223878>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- GILBERT, P. W. The Avian Lung and Air-Sac System. **The Auk**, v. 56, n. 1, p. 57–63, jan. 1939. ISSN 00048038, 19384254. DOI: 10.2307/4078361. Disponível em: <https://academic.oup.com/auk/article/56/1/57-63/5246004>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- GOODCHILD, W. M. Differentiation of the body cavities and air sacs of *Gallus domesticus* post mortem and their location *in vivo*. **British Poultry Science**, v. 11, n. 2, p. 209–215, abr. 1970. ISSN 0007-1668, 1466-1799. DOI: 10.1080/00071667008415808. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071667008415808>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- GUMPENBERGER, M.; HENNINGER, W. The use of computed tomography in avian and reptile medicine. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 10, n. 4, p. 174–180, 1 out. 2001. ISSN 1055-937X. DOI: 10.1053/saep.2001.24674. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055937X01800116>. Acesso em: 15 set. 2021.
- HACKETT, S. J. et al. A Phylogenomic Study of Birds Reveals Their Evolutionary History. **Science**, v. 320, n. 5884, p. 1763–1768, 27 jun. 2008. ISSN 0036-8075, 1095-9203. DOI: 10.1126/science.1157704. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1157704>. Acesso em: 17 dez. 2020.
- HAGEY, L. R. et al. A new, major C₂₇ biliary bile acid in the Red-winged tinamou (*Rhynchotus rufescens*):(25 R)-1,3,7-trihydroxy-5-cholestan-27-oic acid. **Journal of Lipid Research**, v. 50, n. 4, p. 651–657, abr. 2009. ISSN 0022-2275, 1539-7262. DOI: 10.1194/jlr.M800521-JLR200. Disponível

em:

<http://www.jlr.org/lookup/doi/10.1194/jlr.M800521-JLR200>.

Acesso em: 17 dez. 2020.

HAZELHOFF, E. H. Structure and Function of the Lung of Birds - ScienceDirect. **Poultry Science**, v. 30, p. 3–10, 1951. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119511130>. Acesso em: 5 mar. 2021.

INTERNATIONAL, B. **IUCN Red List of Threatened Species: *Alectoris graeca***. IUCN Red List of Threatened Species. 30 ago. 2020. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/species/22678684/183062253>. Acesso em: 5 mar. 2021.

_____. IUCN Red List of Threatened Species: *Gavia immer*. **IUCN Red List of Threatened Species**, 7 ago. 2018. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/en>. Acesso em: 6 mai. 2021.

JAIFAR, S.; SAWAD, A. Morphological study of air sacs (*Sacci pneumatici*) in White Cheeked Bulbul (*Pycnonotus leucotis*). **Basrah Journal of Veterinary Research**, v. 15, p. 3–461, 1 jan. 2016.

KARDONG, K. V. **Vertebrates: Comparative anatomy, function, evolution**. 6. ed. USA: McGraw-Hill, 2012.

KING, A. S.; ATHERTON, J. D. The identity of the air sacs of the turkey (*Meleagris gallopavo*). **Cells Tissues Organs**, v. 77, n. 1, p. 78–91, 1970. Publisher: Karger Publishers. ISSN 1422-6405, 1422-6421. DOI: 10.1159/000143530. Disponível em: <https://www.karger.com/Article/FullText/143530>. Acesso em: 26 fev. 2021.

KING, A. S.; MCLELLAND, J. **Birds, their structure and function**. 2. ed. UK: Baillière Tindall, 1984.

KLASING, K. C. Avian gastrointestinal anatomy and physiology. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 8, n. 2, p. 42–50, 1 abr. 1999. ISSN 1055-937X. DOI: 10.1016/S1055-937X(99)80036-X. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055937X9980036X>. Acesso em: 12 fev. 2021.

KÖNIG, H. E. et al. Respiratory system (apparatus respiratorius). In: KÖNIG, H. E.; KORBEL, R.; LIEBICH, H. G. **Avian Anatomy Textbook and Colour Atlas**. 2. ed. UK: 5M, 2016. P. 118–130.

KORBEL, R.; PROBST, A.; LIEBICH, H. G. Imaging Techniques. In: KÖNIG, H. E.; KORBEL, R.; LIEBICH, H. G. **Avian Anatomy Textbook and Colour Atlas**. 2. ed. UK: 5M, 2016. P. 118–130.

KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E. Respiratory tract. In: **DIAGNOSTIC Imaging of Exotic Pets**. 1. ed. Germany: Schlütersche, 2011. P. 92–103.

KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E.; PEES, M. Computed Tomography (TC). In: **DIAGNOSTIC Imaging of Exotic Pets**. 1. ed. Germany: Schlütersche, 2011. P. 54–58.

KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E.; SCHROFF, S.; BARTELS, T. Radiographic investigation. In: **DIAGNOSTIC Imaging of Exotic Pets**. 1. ed. Germany: Schlütersche, 2011. P. 2–36.

KÜRTÜL, I. et al. Morphology of the Air Sacs (*Sacci Pneumatici*) in the Rock Partridge (*Alectoris graeca*). **Veterinary Research Communications**, v. 28, n. 7, p. 553–559, 2004. ISSN 0165-7380. DOI: 10.1023/B:VERC.0000042871.69978.f0. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1023/B:VERC.0000042871.69978.f0>. Acesso em: 26 fev. 2021.

LIMA, N. J.; MARTINS, A. P. et al. Quantitativo e espécies dos animais selvagens resgatados por uma organização não governamental no município de Mineiros, Goiás. **XIII Semana Universitária UNIFIMES - Mineiros, Goiás**, 2018.

LIMA, R. A.; SILVA, S. M. Levantamento Da Fauna Silvestre No Centro De Reabilitação Do Batalhão Da Polícia Militar Ambiental Nos Anos De 2010, 2011 E 2013 No Município De Candeias Do Jamari-Ro. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 296–311, 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117012289>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/12289>.

LOVATO, M.; SANTOS, E. O. Rheiformes (Ema) e Struthioniformes (Avestruz, Emu e Casuar). In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens**. 2. ed. São Paulo: ROCA, 2014. v. 1, p. 272–302.

MAKANYA, A. N.; KAVOI, B. M.; DJONOV, V. Three-Dimensional Structure and Disposition of the Air Conducting and Gas Exchange Conduits of the Avian Lung: The Domestic Duck (*Cairina moschata*). **ISRN Anatomy**, v. 2014, p. 1–9, 5 fev. 2014. ISSN 2314-4726. DOI: 10.1155/2014/621982. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/isrn/2014/621982/>. Acesso em: 5 mar. 2021.

MARQUES, M. V. R. Tinamiformes (Codorna, Inhambu, Macuco, Jaó, e Perdiz). In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens**. 2. ed. São Paulo: ROCA, 2014. v. 1, p. 303–329.

MCLELLAND, J. **A Colours Atlas of Avian Anatomy**. 1. ed. UK: Wolfe Publishing Ltd, 1990.

MÜLLER, B. Air Sacs of the Pigeon. **Smithsonian Miscellaneous Collections**, v. 50, p. 68, 1908.

O'MALLEY, B. Avian anatomy and physiology. In: **CLINICAL Anatomy and Physiology of Exotic Species**. 1. ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders, 2005. P. 113–116.

ONUK, B.; HAZIROĞLU, R. M.; KABAT, M. Gross anatomy of the respiratory system in goose (*Anser anser domesticus*): *Bronchi* and *sacci pneumatici*. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 56, n. 3, p. 165–170, 2009. ISSN 1300-0861. DOI: 10.1501/Vetfak_0000002216. Disponível em: <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/11/928/11558.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

ORHAN, İ. Ö. et al. Air sacs (*sacci pneumatici*) in the long-legged buzzard (*Buteo rufinus*). **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 56, n. 1, p. 7–11, 2009. ISSN 1300-0861. DOI: 10.1501/Vetfak_0000002180. Disponível em:

<http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/11/913/11392.pdf>.
Acesso em: 26 fev. 2021.

RAGAB, S. A.; REEM, R. T. Macroscopical anatomy of the air sacs of the turkey. **International Journal of Advanced Research in Biological Sciences**, v. 3, n. 8, p. 149–159, 2016. ISSN 23488069.

RIGDON, R. et al. Air Sacs in the Turkey. **Poultry Science**, v. 37, n. 1, p. 53–60, jan. 1958. ISSN 00325791. DOI: 10.3382/ps.0370053. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119575009>.
Acesso em: 26 fev. 2021.

SAWAD, A. A.; UDAH, D. A. Morphological and histopathological study of Air Sacs (*Sacci pneumatic*) in Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Mirror of Research in Veterinary Sciences and Animals**, v. 1, n. 1, p. 50–56, 2012.

EL-SAYED, A. K.; HASSAN, S. Gross morphological features of the air sacs of the hooded crow (*Corvus cornix*). **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v. 49, n. 2, p. 159–166, mar. 2020. ISSN 0340-2096, 1439-0264. DOI: 10.1111/ahel.12504. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ahel.12504>.
Acesso em: 26 fev. 2021.

SCHACHNER, E. R.; CIERI, R. L. et al. Unidirectional pulmonary airflow patterns in the savannah monitor lizard. **Nature**, v. 506, n. 7488, p. 367–370, fev. 2014. ISSN 0028-0836, 1476-4687. DOI: 10.1038/nature12871. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/nature12871>.
Acesso em: 5 mar. 2021.

SCHACHNER, E. R.; HUTCHINSON, J. R.; FARMER, C. G. Pulmonary anatomy in the Nile crocodile and the evolution of unidirectional airflow in Archosauria. **PeerJ**, v. 1, e60, 26 mar. 2013. Publisher: PeerJ Inc. ISSN 2167-8359. DOI: 10.7717/peerj.60. Disponível em: <https://peerj.com/articles/60>. Acesso em: 5 mar. 2021.

THRALL, D. Introduction to Radiographic Interpretation. In_____. **Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology**. 7. ed. USA: Saunders, 2018.

P. 110–123. Disponível em:

<https://www.elsevier.com/books/textbook-of-veterinary-diagnostic-radiology/thrall/978-0-323-48247-9>. Acesso em: 5 mai. 2021.

ZEELAND, Y. R. van; SCHOEMAKER, N. J.; HSU, E. W. Advances in diagnostic imaging. In: SPEER, B. L. **Current Therapy in Avian Medicine and Surgery**. USA: ELSEVIER, 2016. P. 531–549.

Trabalho Científico

Morphological and imagenological analysis of air sacs in the red-winged tinamou (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815)

Karina Padula¹, Jéssica Leite Fogaça¹, Raquel Naomi Tanaka Scaduto¹, Rodrigo Leal², Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva¹, Vânia Maria de Vasconcelos Machado¹, and André Luis Filadelpho³

¹Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, Brasil

²Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral, FAEF, Garça, SP, Brasil

³Instituto de Biociências – IBB, Campus Botucatu, SP, Brasil

Av. Universitária, n2330, BOTUCATU/SP, Brazil. karina.padula@unesp.br

Abstract

This work aimed to analyze air sacs of the red-winged tinamou (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815), to enhance species-specific anatomical knowledge. For this purpose, ten birds were utilized, injected with latex and dissected. Seven air sacs were visible: one clavicular, two cranial thoracic, two caudal thoracic and two abdominal.

Keywords: wild animals ,birds ,diagnostic imaging ,respiratory system ,animal anatomy

Introduction

The clinical care of birds in wild animal medicine is considered common (Capaverde-Jr et al., 2018; N. J. Lima et al., 2018; R. A. Lima and Silva, 2014), but it must be remembered that birds are an extremely diversified class, comprising 32 orders and more than 10,000 distinct species (Dorrestein, 2010; Lovato and Santos, 2014).

Birds do not possess a diaphragm, so they do not present any differentiation between the thoracic and abdominal cavities. The respiratory system of birds is divided into lower and upper respiratory tract. The upper respiratory system is formed by the nasal cavity, larynx and trachea, whereas the lower respiratory tract is formed by the lungs and air sacs (8 or 9 depending on the species) (O'Malley, 2005).

Air sacs have already been described in the following birds: the domestic fowl (*Gallus gallus*) (Akester, 1960; Goodchild, 1970), domestic goose (*Anser anser domesticus*) (Onuk et al., 2009), duck (*Anas spp.*) (Araújo and Kfoury Jr, 2014; Çevik Demirkan et al., 2006; El-Bably et al., 2014), turkey (*Meleagris*, espécie não definida) (King and Atherton, 1970; Ragab and Reem, 2016; Rigdon et al., 1958), ostrich (*Struthio camelus*) (Bezuidenhout et al., 1999), quail (*Coturnix coturnix*) (Bianchi et al., 2016), Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) (Çevik Demirkan et al., 2006; Sawad and Udah, 2012), european partridge, of the order Galliformes, (*Alectoris graeca*) (Kürtül et al., 2004), long-legged buzzard (*Buteo rufinus*) (Orhan et al., 2009), European pigeon (*Columbia livia*) (Akester, 1960;

Gilbert, 1939; Müller, 1908), loon (*Gavia immer*) (Gier, 1952), White Cheeked Bulbul (*Pycnonotus leucogenys*) (Jaifar and Sawad, 2016) and hooded crow (*Corvus cornix*) (El-Sayed and Hassan, 2020).

The red-winged tinamou (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815) belongs to the order Tinaniforme, family Tinamidae (Marques, 2014). It is present in South America, and despite its declining population (International, 2020; Marques, 2014), the red-winged tinamou is classified as LC (Least concern) on the BirdLife International red list (2020).

Given the scarcity of anatomical studies in partridges, the present study aimed to evaluate the air sacs in this species.

Materials and Methods

The methodology adopted in the development of the present work was approved by the Committee on Ethics in the Use of Animals – CEUA of the School of Veterinary Medicine and Animal Science at the São Paulo State University (UNESP) - Botucatu, filed under the number 0030/2021. The project also obtained authorization from the Biodiversity Authorization and Information System – SISBIO, a division of the Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources – IBAMA, for the temporary maintenance of wild vertebrates in captivity, under number 77786-1.

The ten birds utilized were obtained from the Department of Animal Improvement and Nutrition in the Animal Science course at UNESP – Botucatu Campus. The cadaveric material was collected after the slaughter of animals from projects in the production area, which were injected with latex and dissected for macroscopic evaluation. Opening the skin in the cervical region, exposing the trachea, and making a vertical cut of approximately 1 cm allowed the introduction of a cannula for latex perfusion. The total solidification of the material was achieved by keeping it in a freezer for 15 days. A midline incision was made from the trachea to the cloaca, exposing the pectoral musculature. The pectoral muscles and the sternum were removed by separating the costochondral joints and the shoulder girdle. The viscera were removed and subsequently the latex mold was removed from the carcass.

Results

Compared to the others, the cervical air sac of the red-winged tinamou is smaller and has a more irregular conformation. The thoracic air sacs are symmetrical and the cranial thoracic air sacs are smaller than the caudal ones. Abdominal air sacs are asymmetrical and the largest, extending to the cloaca. A single individual had the right antimere smaller than the left. A single individual had the right antimere smaller than the left one (figure a and b).

The partridges did not present cervical air sacs. Only one clavicular air sac was found, with three subdivisions: right, left and medial. Additionally, right and left extra-coelomatic portions were found, passing under the clavicle (figures 1, 2, 4 and 5). In one of the animals, the two latex-filled humeri were found (Figure 6). One cervical air sac, one pair of cranial thoracic air sacs, one pair of caudal thoracic air sacs and one pair of abdominal air sacs were evidenced, totaling seven air sacs.

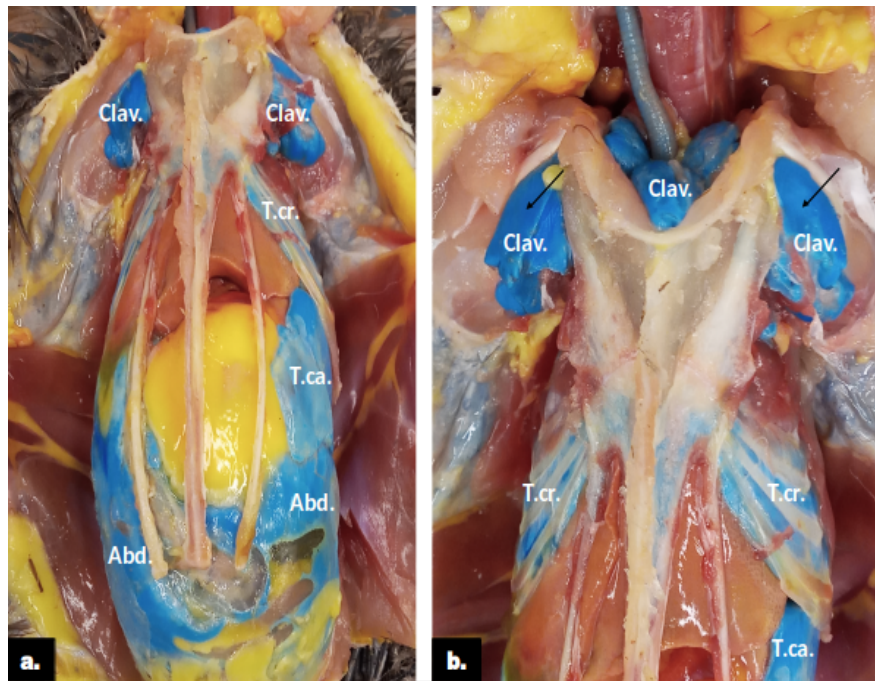


Figure 1: View of the air sacs of the red-winged tinamou after removal of skin and ventral musculature (a). Observe the extrathoracic portions of the clavicular air sac (arrows) (b).

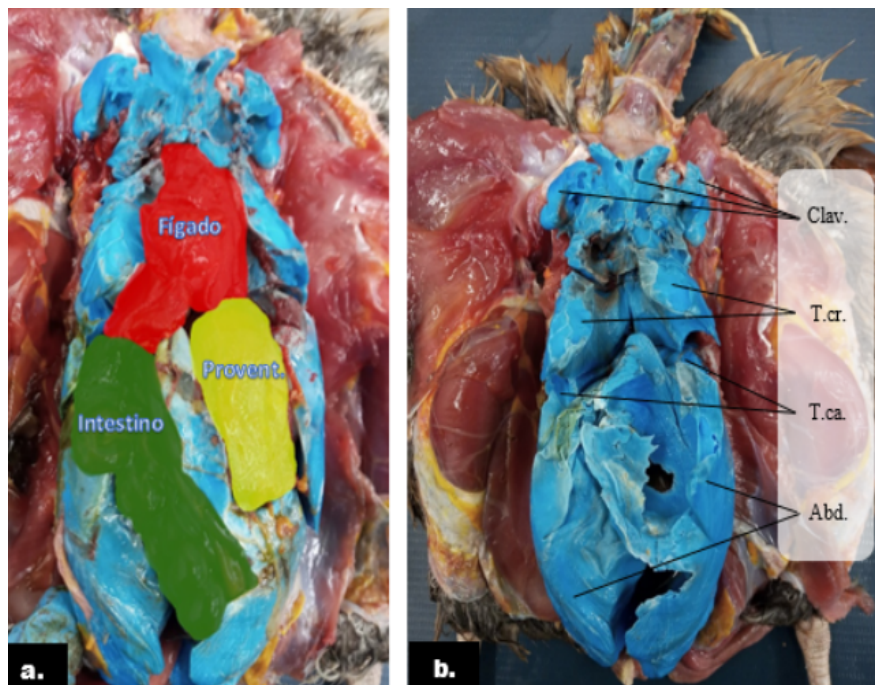


Figure 2: Image showing the air sacs and viscera ratio in the celomatic cavity of the red-winged tinamou, where the Liver (red), Proventricle (yellow) and Intestine (green) (a) can be seen. View of air sacs in the celomatic cavity of the red-winged tinamou after removal of the viscera (b).

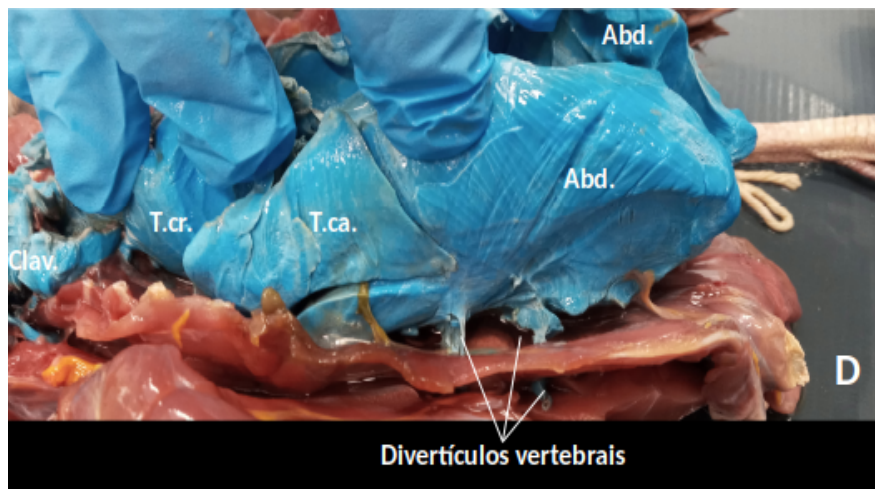


Figure 3: Lateral view of the air sacs of the red-winged tinamou, with view of latex insertion in vertebral diverticula.

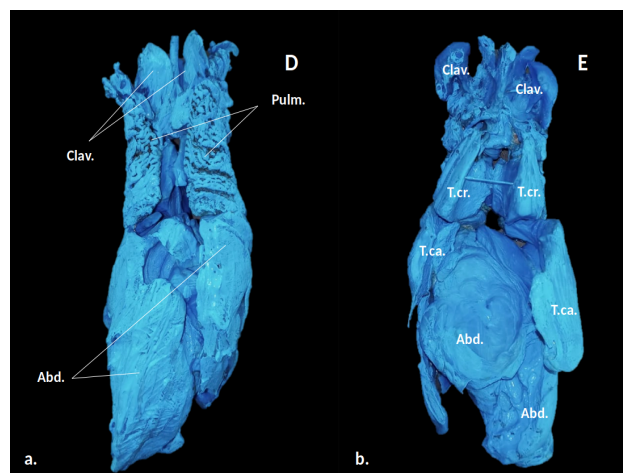


Figure 4: Latex mold of the lower respiratory system of the red-winged tinamou, dorsal (a) and ventral (b) view.

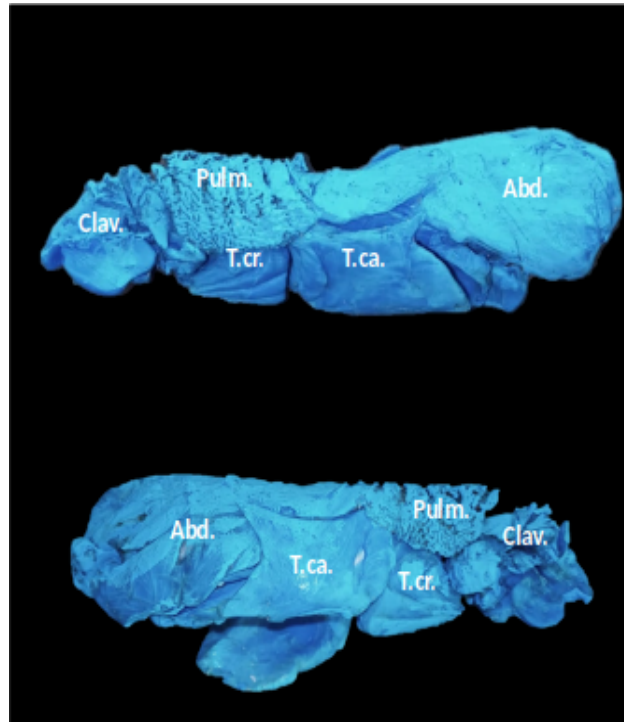


Figure 5: Latex mold of the lower respiratory system of the red-winged tinamou, right side view (above) and left (below).



Figure 6: Latex-filled humerus found in one of the dissected animals, evidencing bone pneumatization.

Discussion

The size ratio of air sacs follows what has already been described in the literature for the other species: the cervical air sac has a more irregular conformation and a smaller size. The thoracic air sacs are symmetrical and the cranial thoracic air sacs are smaller than the caudal ones. The abdominal air sacs are the largest and, despite being asymmetrical, both antimeres extend to the cloaca. A single individual presented the right antimeres smaller than the left while in ducks (*Anas spp.*), the left abdominal air sac was described as being smaller than the right one (Akester, 1960; Araújo and Kfoury Jr, 2014; Çevik Demirkan et al., 2006; El-Bably et al., 2014).

The extrathoracic portion of the clavicular air sac pneumatizes the humerus and sternum and extends to the syrinx where it plays an essential role in vocalization (O'Malley, 2005). In one of the dissected animals, the latex filling evidenced the pneumatization of the humerus, and in three other ribs, revealed presence of the vertebral diverticula. Latex viscosity means that pneumatized bones are not necessarily filled, and bone pneumatization is studied via a thorough osteological examination to locate diverticula and visualization of trabeculae through sectioning of the bones. Given that the present work did not focus on the description of pneumatic bones, it was limited to reporting bones describable by latex filling, thus leaving no basis to affirm whether other bones are pneumatized in the species and whether there is intraspecific variation.

The morphology of the respiratory system found in the red-winged tinamou (*R. rufescens*) is scarcely described in the literature, being similar only to the morphology reported in the loon (*Gavia immer*), a water bird belonging to the Gaviiformes order (Gier, 1952; International, 2018). The other birds with seven air sacs are geese (*Anser anser domesticus*) (Cândido, 2014; Onuk et al., 2009) and turkeys (genus *Meleagris*) with a single cervicoclavicular air sac and the others paired (King and Atherton, 1970; Ragab and Reem, 2016; Rigdon et al., 1958).

There is no clear relationship between the bird's taxonomy and biology versus the quantity and conformation of its air sacs. Animals with taxonomic proximity present differences, as exemplified by red-winged tinamou (*R. rufescens*), which lack a cervical sac and possess a single clavicular one, totaling seven air sacs, while ostriches (*Struthio camelus*) have two cervical sacs and one clavicular sac, totaling nine air sacs (Bezuidenhout et al., 1999). Even within the same order there are differences such as in Anseriformes, where ducks (*Anas spp.*) have nine air sacs (two cervical and one clavicular) and geese (*Anser anser domesticus*) have seven (one cervical) (Araújo and Junior, 2014; Çevik Demirkan et al., 2006; El-Bably et al., 2014; Onuk et al., 2009).

Conclusion

Based on the results obtained, it was possible to conclude that the red-winged tinamou (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815) presents a total of seven air sacs, differentiated into a single clavicular air sac, a pair of cranial thoracic air sacs, a pair of caudal air sacs and a pair of abdominal air sacs.

Other comparative studies are important to better define the specific anatomy of each species.

Declaration of interest

I declare that there is no conflict of interest in relation to the publication of this article.

Acknowledgments

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

References

- Akester, A. R. (1960). The comparative anatomy of the respiratory pathways in the domestic fowl (*Gallus domesticus*), pigeon (*Columba livia*) and domestic duck (*Anas platyrhynchos*). *Journal of Anatomy*, 94, 487–505. Retrieved February 26, 2021, from <http://europepmc.org/article/PMC/1244348>
- Araújo, J. M., & Junior, J. R. K. (2014). ANATOMICAL AND TOPOGRAPHIC DESCRIPTION OF THE AIR BAGS OF. *Biosci. J.*, 30(3), 6.
- Araújo, J. M., & Kfoury Jr, J. R. (2014). Descrição Anatômica Topográfica dos Sacos Aéreos de patos, *Anas platyrhynchos* (Aves: Anseriformes). *Biosci. J.*, 30(3), 810–815.
- Bezuidenhout, A. J., Groenewald, H. B., & Soley, J. T. (1999). An anatomical study of the respiratory air sacs in ostriches. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 66, 317–325.
- Bianchi, P., Silvestre, T., Kfoury Junior, J. R., Poscai, A. N., Leandro, R. M., Gonzalez, P. O., Bianchi, P., Silvestre, T., Kfoury Junior, J. R., Poscai, A. N., Leandro, R. M., & Gonzalez, P. O. (2016). Relações topográficas dos sacos aéreos de codornas (*Coturnix coturnix*) [Publisher: Universidade Federal de Goiás]. *Ciência Animal Brasileira*, 17(2), 279–284. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i231635>
- Cândido, M. V. (2014). Anseriformes (marreco, pato e ganso). *Tratado de animais selvagens* (2nd ed., pp. 330–353). ROCA.
- Capaverde-Jr, U. D., da Silva Lopes, M., de Almeida, N. C. V., de Almeida, F. Z. P., & Pathek, D. B. (2018). Wild animals collected by the independent company of environmental police monte roraima in urban area of Boa Vista, Brazilian Amazon. *Biota Amazônia*, 8(1), 43–48. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/>
- Çevik Demirkan, A., Haziroğlu, R. M., & Kürtül, İ. (2006). Air sacs (*Sacci pneumatici*) in mallard ducks (*Anas platyrhynchos*). *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 53(1), 75–78. https://doi.org/10.1501/Vetfak_00000000067
- Dorresteijn, G. M. (2010). Passeriformes. In T. N. Tully, G. M. Dorresteijn, & A. K. Jones (Eds.), *Clínica de aves* (2nd ed.). Elsevier.
- El-Bably, S. H., Rezk, H. M., & Tolba, A. R. (2014). Gross morphological studies on the air sacs (*Sacci Pneumatici*) of golden pekin duck (*Anas platyrhynchos*). *Haryana Vet*, 51, 13–17.
- El-Sayed, A. K., & Hassan, S. (2020). Gross morphological features of the air sacs of the hooded crow (*Corvus cornix*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 49(2), 159–166. <https://doi.org/10.1111/ah.12504>
- Gier, H. T. (1952). The air sacs of the loon. *The Auk*, 69(1), 40–49. <https://doi.org/10.2307/4081291>
- Gilbert, P. W. (1939). The avian lung and air-sac system. *The Auk*, 56(1), 57–63. <https://doi.org/10.2307/4078361>
- Goodchild, W. M. (1970). Differentiation of the body cavities and air sacs of *Gallus domesticus* post mortem and their location *in vivo*. *British Poultry Science*, 11(2), 209–215. <https://doi.org/10.1080/00071667008415808>
- International, B. (2018). IUCN red list of threatened species: *Gavia immer*. *IUCN Red List of Threatened Species*. Retrieved May 6, 2021, from <https://www.iucnredlist.org/en>

- International, B. (2020, August 30). *IUCN red list of threatened species: Alectoris graeca* [IUCN red list of threatened species]. Retrieved March 5, 2021, from <https://www.iucnredlist.org/species/22678684/183062253>
- Jaifar, S., & Sawad, A. (2016). Morphological study of air sacs (*Sacci pneumatici*) in white cheeked bulbul (*Pycnonotus leucotis*). *Basrah Journal of Veterinary Research*, 15, 3–461.
- King, A. S., & Atherton, J. D. (1970). The identity of the air sacs of the turkey (meleagris gallopavo) [Publisher: Karger Publishers]. *Cells Tissues Organs*, 77(1), 78–91. <https://doi.org/10.1159/000143530>
- Kürtül, I., Aslan, K., Aksoy, G., & Özcan, S. (2004). Morphology of the air sacs (*Sacci Pneumatici*) in the rock partridge (*Alectoris graeca*). *Veterinary Research Communications*, 28(7), 553–559. <https://doi.org/10.1023/B:VERC.0000042871.69978.f0>
- Lima, N. J., Martins, A. P., Katsuyama, A. T., & de Paula, E. M. N. (2018). Quantitativo e espécies dos animais selvagens resgatados por uma organização não governamental no município de mineiros, goiás. *XIII Semana Universitária UNIFIMES - Mineiros, Goiás*.
- Lima, R. A., & Silva, S. M. (2014). Levantamento da fauna silvestre no centro de reabilitação do batalhão da polícia militar ambiental nos anos de 2010, 2011 e 2013 no município de candeias do jamari-ro. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 18(1), 296–311. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5902/2236117012289>
- Lovato, M., & Santos, E. O. (2014). Rheiformes (ema) e struthioniformes (avestruz, emu e casuar). *Tratado de animais selvagens* (2nd ed., pp. 272–302). ROCA.
- Marques, M. V. R. (2014). Tinamiformes (codorna, inhambu, macuco, jaó, e perdiz). *Tratado de animais selvagens* (2nd ed., pp. 303–329). ROCA.
- Müller, B. (1908). Air sacs of the pigeon. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 50, 68.
- O'Malley, B. (2005). Avian anatomy and physiology. *Clinical anatomy and physiology of exotic species* (1st ed., pp. 113–116). Elsevier Saunders.
- Onuk, B., Haziroğlu, R. M., & Kabat, M. (2009). Gross anatomy of the respiratory system in goose (*Anser anser domesticus*): *Bronchi* and *sacci pneumatici*. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 56(3), 165–170. https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002216
- Orhan, İ. Ö., Kabat, M., Oto, Ç., & Haziroğlu, R. M. (2009). Air sacs (*sacci pneumatici*) in the long-legged buzzard (*Buteo rufinus*). *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 56(1), 7–11. https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002180
- Ragab, S. A., & Reem, R. T. (2016). Macroscopical anatomy of the air sacs of the turkey. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3(8), 149–159.
- Rigdon, R., Ferguson, T., Feldman, G., & Couch, J. (1958). Air sacs in the turkey. *Poultry Science*, 37(1), 53–60. <https://doi.org/10.3382/ps.0370053>
- Sawad, A. A., & Udah, D. A. (2012). Morphological and histopathological study of air sacs (*Sacci pneumatic*) in japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Mirror of Research in Veterinary Sciences and Animals*, 1(1), 50–56.