



ULPGC

**Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria**

**Escuela de
Doctorado**

**PROGRAMA DE DOCTORADO DE INVESTIGACIÓN EN
BIOMEDICINA**

TESIS DOCTORAL

**APORTACIONES AL CONOCIMIENTO ANATÓMICO DE
LA CABEZA Y CAVIDAD CELÓMICA DEL FRAILECILLO
(*Fratercula ártica*) MEDIANTE CORTES ANATÓMICOS,
TOMOGRFÍA COMPUTARIZADA Y RESONANCIA
MAGNÉTICA.**

Doctorando

Marcos Fumero Hernández

Directores

José Raduán Jaber Mohamad, Mario Encinosa Quintana e
Inmaculada Morales Fariña

Las Palmas de Gran canaria, 2023.



ULPGC

**Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria**

**Escuela de
Doctorado**

D. JOSE ALBERTO MONTOYA ALONSO, COORDINADOR DEL PROGRAMA DE DOCTORADO DE INVESTIGACIÓN EN BIOMEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

INFORMA,

De que la Comisión Académica del Programa de Doctorado, en su sesión de fecha..... tomó el acuerdo de dar el consentimiento para su tramitación, a la tesis doctoral titulada **“APORTACIONES AL CONOCIMIENTO ANATÓMICO DE LA CABEZA Y CAVIDAD CELÓMICA DEL FRAILECILLO (*Fratercula ártica*) MEDIANTE CORTES ANATÓMICOS, TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA Y RESONANCIA MAGNÉTICA”**, presentada por el doctorando D. Marcos Fumero Hernández y dirigida por los doctores José Raduán Jaber Mohamad, Mario Encinosa Quintana e Inmaculada Morales Fariña.

Y para que así conste, y a efectos de lo previsto en el Artº 11 del Reglamento de Estudios de Doctorado (BOULPGC 04/03/2019) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, firmo la presente en Las Palmas de Gran Canaria, a.....de.....de dos mil veintitrés.

D. José Raduán Jaber Mohamad, Doctor en veterinaria y profesor titular de Universidad del Departamento de Morfología de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

INFORMA:

Que **D. Marcos Fumero Hernández**, Graduado en Veterinaria, ha realizado, bajo mi dirección y asesoramiento, el presente trabajo de tesis doctoral titulado: **“APORTACIONES AL CONOCIMIENTO ANATÓMICO DE LA CABEZA Y CAVIDAD CELÓMICA DEL FRAILECILLO (*Fratercula ártica*) MEDIANTE CORTES ANATÓMICOS, TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA Y RESONANCIA MAGNÉTICA”**, que considero reúne las condiciones y calidad científica necesarias, para su presentación y defensa, para optar al título de Doctor por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Lo que firmo, a los efectos oportunos, en Arucas (Las Palmas) a veintidós de noviembre de dos mil veintitrés.

D. Mario Encinosa Quintana, Doctor en veterinaria, acreditado en Diagnóstico por Imagen, GPCert DI y elective ECVDI,

INFORMA:

Que **D. Marcos Fumero Hernández**, Graduado en Veterinaria, ha realizado, bajo mi dirección y asesoramiento, el presente trabajo de tesis doctoral titulado: **“APORTACIONES AL CONOCIMIENTO ANATÓMICO DE LA CABEZA Y CAVIDAD CELÓMICA DEL FRAILECILLO (*Fratercula ártica*) MEDIANTE CORTES ANATÓMICOS, TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA Y RESONANCIA MAGNÉTICA”**, que considero reúne las condiciones y calidad científica necesarias, para su presentación y defensa, para optar al título de Doctor por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Lo que firmo, a los efectos oportunos, en Arucas (Las Palmas) a seis de noviembre de dos mil veintitrés.

Dña. Inmaculada Morales Fariña, Doctora en veterinaria y profesora titular de Universidad del Departamento de Patología Animal, Producción Animal, Bromatología y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

INFORMA:

Que **D. Marcos Fumero Hernández**, Graduado en Veterinaria, ha realizado, bajo mi dirección y asesoramiento, el presente trabajo de tesis doctoral titulado: **“APORTACIONES AL CONOCIMIENTO ANATÓMICO DE LA CABEZA Y CAVIDAD CELÓMICA DEL FRAILECILLO (*Fratercula ártica*) MEDIANTE CORTES ANATÓMICOS, TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA Y RESONANCIA MAGNÉTICA”**, que considero reúne las condiciones y calidad científica necesarias, para su presentación y defensa, para optar al título de Doctor por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Lo que firmo, a los efectos oportunos, en Arucas (Las Palmas) a seis de noviembre de dos mil veintitrés.

**INFORME EXPERTO EXTERNO
EXTERNAL REFEREE REPORT**

Nombre del experto: <i>Name of the referee:</i>	Sabrina Clemente Martín
Categoría: <i>Position:</i>	Profesor Contratado Doctor
Departamento, Universidad, Organismo de adscripción: <i>Department, University or Organism of adscription:</i>	Universidad de La Laguna Biología Animal, Edafología y Geología (Área de Zoología)
Doctor por la Universidad de: <i>Doctor by the University of:</i>	Universidad de La Laguna
Año de defensa de la tesis doctoral: <i>Year of the Doctoral Thesis Defense:</i>	2008

Título de la tesis:	Aportaciones al conocimiento anatómico de la cabeza y cavidad celómica del frailecillo (<i>Fratecula arctica</i>) mediante cortes anatómicos, tomografía computarizada y resonancia magnética.
<i>Title of the thesis:</i>	
Nombre del doctorando/a que presenta la tesis: <i>Name of the PhD student:</i>	Marcos Fumero Hernández

- Especificar los motivos que avalan la calidad de la tesis mencionada para su defensa pública en relación a los siguientes aspectos:** / *Specify reasons endorsing the quality of the above-mentioned thesis for its public reading with respect to:*

Objetivos / Objectives:

Esta tesis versa sobre una temática de actualidad en la rama de conocimiento, presentando un objetivo general bien planteado y consistente en el estudio y descripción de la anatomía del frailecillo atlántico (*Fratecula arctica*) empleando técnicas avanzadas de diagnóstico por imagen tales como la tomografía computarizada y la resonancia magnética. Para conseguir este objetivo general se han desarrollado tres objetivos específicos:

Analizar las características morfométricas del ojo y estructuras asociadas en el frailecillo atlántico mediante tomografía computarizada.

Estudiar la cavidad celómica del frailecillo empleando cortes anatómicos e imágenes de tomografía computarizada.

Caracterizar la anatomía de la cabeza y sistema nervioso central del frailecillo atlántico utilizando cortes anatómicos, tomografía computarizada y resonancia magnética.

Cada uno de estos objetivos se abordan adecuadamente en los tres capítulos de la tesis doctoral, siguiendo los estándares de los trabajos científicos. De hecho, cada uno de estos capítulos constituye un artículo científico, que ya han sido publicados en revistas internacionales del ámbito de especialización.

Originalidad del trabajo / *Originality of the work:*

La tesis destaca en originalidad en cuanto a su temática, dada la inexistencia de estudios científicos previos sobre la anatomía del frailecillo atlántico que empleen técnicas avanzadas de diagnóstico de imágenes. La temática gana relevancia ya no solo desde el punto de vista de la mejora del conocimiento de la anatomía del grupo de las aves, sino por la elección de la especie *Fratercula ártica*, especie amenazada que ha registrado recientemente eventos de llegada masiva a las costas canarias. El trabajo constituye, por tanto, una contribución con potenciales aplicaciones a la conservación de esta especie y de otras de la familia *Alcidae*.

Metodología / *Methodology:*

La tesis doctoral aúna una revisión bibliográfica sobre generalidades de la temática de estudio, incluyendo una compilación sobre conocimientos de anatomía aviar y también de los fundamentos y aplicaciones de las principales técnicas que se emplearán posteriormente para estudiar la anatomía del frailecillo atlántico. En concreto, los artículos científicos utilizan una metodología con técnicas técnicas avanzadas de diagnóstico de imágenes. Esta metodología resulta novedosa en el campo de investigación, con potencial como técnicas diagnósticas para la clínica veterinaria, siendo por ejemplo el uso de la tomografía computarizada novedoso en el campo de la oftalmología o el análisis mediante resonancia magnética para una descripción detalla de la anatomía de la cabeza de aves.

Antecedentes y bibliografía / *Background and references:*

La tesis presenta una introducción clara, donde se relacionan satisfactoriamente todos los contenidos de la tesis, exponiendo el objetivo general del trabajo y los objetivos específicos de cada capítulo. A continuación, destaca una sección de revisión bibliográfica donde se desarrollan varios aspectos clave para contextualizar los artículos científicos de investigación que componen la tesis doctoral.

En esta revisión bibliográfica se comienza con una breve compilación de datos generales sobre la anatomía del grupo de las aves, para continuar con una descripción más técnica de los principales métodos de análisis empleados en el desarrollo de la investigación, la tomografía computarizada y la resonancia magnética, así como de la aplicación de las mismas a estudios anatómicos y clínicos en medicina veterinaria.

Durante las secciones iniciales que tratan los antecedentes de la temática de investigación, y en general en todo el manuscrito, se hace un buen uso de la información previa y de las referencias bibliográficas, que denotan el dominio del tema de investigación.

2. Valoración absoluta y/o ponderada de la tesis presentada en comparación con otros trabajos de investigación en su campo / *Absolute and/or relative assessment of the thesis in comparison with other research works in the same field:*

La tesis cumple con los estándares científicos de planteamiento de hipótesis de investigación, uso de metodología adecuada para responder a los objetivos planteados, de presentación de resultados y uso de la literatura disponible para discutir los resultados. Además, las investigaciones que se presentan genera nuevos conocimientos científicos de calidad y valor en el campo de las ciencias veterinarias, siendo un trabajo muy competitivo que queda claramente de manifiesto al estar los tres capítulos de investigación publicados en revistas internacionales de calidad (Q1 del JCR en la categoría de Ciencias Veterinarias).

3. ¿Considera que la tesis anteriormente mencionada es apta para su lectura y defensa pública? / *Considering all the above, is the thesis judged to be suitable for public presentation?*

Sí

Firma y fecha
Signature and date

4 de diciembre de 2023

**INFORME EXPERTO EXTERNO
EXTERNAL REFEREE REPORT**

Nombre del experto: <i>Name of the referee:</i>	M^a Teresa Peña
Categoría: <i>Position:</i>	Titular de Universidad
Departamento, Universidad, Organismo de adscripción: <i>Department, University or Organism of adscription:</i>	Departamento de Medicina y Cirugía Animal. Universidad Autónoma de Barcelona
Doctor por la Universidad de: <i>Doctor by the University of:</i>	Universidad Autónoma de Barcelona
Año de defensa de la tesis doctoral: <i>Year of the Doctoral Thesis Defense:</i>	1991

Título de la tesis:	Aportaciones al conocimiento anatómico de la cabeza y cavidad celómica del frailecillo (<i>Fratercula arctica</i>) mediante cortes anatómicos, tomografía computarizada y resonancia magnética.
<i>Title of the thesis:</i>	
Nombre del doctorando/a que presenta la tesis: <i>Name of the PhD student:</i>	Marcos Fumero Hernández

1. Especificar los motivos que avalan la calidad de la tesis mencionada para su defensa pública en relación a los siguientes aspectos: / Specify reasons endorsing the quality of the above-mentioned thesis for its public reading with respect to:

Objetivos/Objectives:

- Objetivo general

Describir la anatomía del frailecillo atlántico (*Fratercula arctica*) empleando técnicas avanzadas de diagnóstico por imagen tales como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM).

- Objetivos específicos

- 1) Analizar las características morfométricas del ojo y estructuras asociadas en el frailecillo atlántico mediante tomografía computarizada.

- 2) Estudiar la cavidad celómica del frailecillo empleando cortes anatómicos e imágenes de tomografía computarizada.
- 3) Caracterizar la anatomía de la cabeza y sistema nervioso central del frailecillo atlántico utilizando cortes anatómicos, tomografía computarizada y resonancia magnética.

Originalidad del trabajo/ *Originality of the work:*

Es el primer trabajo que describe todas estas características tanto del ojo como de la cavidad celómica, cabeza y sistema nervioso central del frailecillo. No sólo no hay nada publicado, sino que, el presente estudio engloba todos los aspectos anatómicos de la cabeza, lo cual lo hace mucho más valioso por las diversas aplicaciones directas en diferentes especialidades clínicas (oftalmología, Neurología y medicina de Aves).

Metodología / *Methodology:*

La metodología es novedosa y puntera, al aplicar métodos de tomografía computarizada y resonancia magnética, que permiten estudiar las partes óseas y tejidos blandos y realizar reconstrucciones tridimensionales.

Antecedentes y bibliografía/ *Background and references:*

La realización de estudios anatómicos en aves utilizando Tomografía Computarizada (TC) y Resonancia Magnética (RM) es un área relativamente reciente y especializada dentro de la medicina veterinaria y la investigación biológica.

1. Antecedentes Históricos:

- Desarrollo de la TC y la RM: Estas tecnologías, originalmente desarrolladas para uso humano en la década de 1970, han evolucionado significativamente. Con el tiempo, se adaptaron para estudios veterinarios, incluyendo el uso en aves.
- Investigación en Aves: Inicialmente, la mayoría de los estudios se centraban en mamíferos, pero con el tiempo, el interés en la anatomía y fisiología de las aves ha crecido.

Esto incluye estudios sobre su sistema músculo-esquelético, respiratorio, y nervioso.

2. Aplicaciones Clínicas y de Investigación:

- Diagnóstico Veterinario: Estas técnicas proporcionan

imágenes detalladas y no invasivas que son cruciales para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades en aves.

- Investigación Biológica: Ayudan a entender mejor la anatomía de las aves, su evolución, y adaptaciones.

3. Referencias Bibliográficas:

- "Avian Medicine and Surgery in Practice" de Bob Doneley: aborda aspectos de la medicina aviar, incluyendo técnicas de imagen.

Artículos Científicos: de autores como Petnehazy *et al.* (2012); Düring *et al.* (2013); Veladiano *et al.* (2016); Abraham *et al.* (2023); Streckenbach *et al.* (2023), y recogidos en las referencias bibliográficas de los diferentes artículos que componen la presente Tesis.

- "Diagnostic Imaging of Exotic Pets: Birds, Small Mammals, Reptiles" de Maria-Elisabeth Krautwald-Junghanns *et al.*: Ofrece una visión detallada del uso de la TC y la RM en aves y otros animales exóticos.

2. Valoración absoluta y/o ponderada de la tesis presentada en comparación con otros trabajos de investigación en su campo / *Absolute and/or relative assessment of the thesis in comparison with other research works in the same field:*

El planteamiento de la tesis es muy bueno y cubre aspectos anatómicos de esta especie que no estaban descritos anteriormente en la literatura. Está además desarrollada con mucho acierto con un proceso minucioso en la ejecución y análisis de las técnicas de imagen.

3. ¿Considera que la tesis anteriormente mencionada es apta para su lectura y defensa pública? / *Considering all the above, is the thesis judged to be suitable for public presentation?*

Sí/Yes

No

Firma y fecha
Signature and date

A mis padres, a mi hermana
y a la pequeña Sofía...a mis abuelos.



Agradecimientos

“- La ilusión no se come - dijo ella.
- No se come, pero alimenta - replicó el coronel.”

— **Gabriel García Márquez, El coronel no tiene quien le escriba.**

GRACIAS siempre a mis queridos padres y a mi hermana, por su incondicional apoyo y por todo lo bueno que me aportan cada día. De ustedes y para ustedes es también esta Tesis.

GRACIAS a mi niña, a Sofía, que en el momento de depositar esta Tesis tiene dos años. Gracias por aparecer en nuestras vidas y por todo lo que nos regalas día a día. También es para ti.

GRACIAS eternamente a mis abuelos, por el SITIO que ocupan en mi vida, por sus valores y enseñanzas. Espero que esta Tesis sea para ustedes motivo de orgullo.

GRACIAS a toda mi familia, a mis primos, tan importantes para mí.

GRACIAS a mis directores de Tesis, el Dr. José Raduán Jaber Mohamad, el Dr. Mario Encinosa Quintana y la Dra Inmaculada Morales Fariña, por sus enseñanzas y consejos, pero sobre todo, por su tiempo y la confianza depositada en mí. Por su valía en lo académico y también en lo personal.

GRACIAS al Dr. Alberto Arencibia Espinosa, por su colaboración desinteresada y entrega.

GRACIAS a mis amigas, por su apoyo y por ser parte importante en el camino.

GRACIAS a mis compañeros del Hospital Clínico Veterinario de la ULPGC por los momentos compartidos. Gracias en especial a Tere, por tu acogida y tu cariño, y a Luigi, profesora, compañera y amiga.

GRACIAS, por supuesto, a la isla de Gran Canaria y su maravillosa gente, por hacer de este lugar mi segunda casa.

GRACIAS a todos los que, de una u otra manera, alimentan mi ilusión...

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	7
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	9
I. Generalidades de la anatomía de las aves.....	9
II. Fundamentos de la tomografía computarizada (TC).....	15
II.1. Concepto de la técnica.....	15
II.2. Principios físicos.....	15
II.3. Formación y tratamiento de la imagen.....	17
II.4. Reconstrucción de la imagen.....	19
II.5. Componentes del equipo de TC.....	20
II.6. Evolución de los equipos de tomografía; generaciones de tomógrafos.....	23
II.7. Medios de contraste en TC.....	27
II.8. Artefactos en la imagen de TC.....	28
II.9. Estudios anatómicos mediante TC en medicina veterinaria.....	30
II.10. Estudios clínicos mediante TC en medicina veterinaria.....	45
III. Fundamentos de la resonancia magnética (RM).....	60
III.1. Concepto de la técnica.....	60
III.2. Principios físicos.....	61
III.3. Densidad protónica (Dp), tiempos de relajación T1 y tiempo de relajación T2.....	63
III.4. Secuencias de pulsos.....	64
III.5. Parámetros que influyen en la imagen de RM.....	67
III.6. Componentes del equipo de RM.....	69
III.7. Medios de contraste en RM.....	72
III.8. Artefactos en la imagen de RM.....	73
III.9. Estudios anatómicos mediante RM en medicina veterinaria.....	75
III.. Estudios clínicos mediante RM en medicina veterinaria.....	87

ARTÍCULOS.....	99
-A Cadaveric Study Using Computed Tomography for Measuring the Ocular Bulb and Scleral Skeleton of the Atlantic Puffin (Aves, Alcidae, <i>Fratercula arctica</i>).....	100
-Cross-Sectional Anatomy and Computed Tomography of the Coelomic Cavity in Juvenile Atlantic Puffins (Aves, Alcidae, <i>Fratercula arctica</i>).....	109
-Anatomical Cross Sections and Magnetic Resonance Imaging of the Juvenile Atlantic Puffin Head (Aves, Alcidae, <i>Fratercula arctica</i>).....	128
CONCLUSIONES.....	145
RESUMEN/SUMMARY.....	147
BIBLIOGRAFÍA.....	151



Introducción



Introducción

Las aves integran un amplio y diverso grupo taxonómico que incluye más de 11.000 especies descritas en la actualidad. Esta diversidad, unida a la variedad de hábitats que ocupan, su apariencia o la capacidad de volar de algunas de ellas ha despertado la fascinación del ser humano e incentivado el estudio de esta clase de vertebrados desde las primeras civilizaciones. Ya en el antiguo Egipto se realizaban representaciones artísticas de las aves y se hicieron algunas observaciones básicas sobre sus características externas. Sin embargo las primeras investigaciones acerca de la anatomía aviar parten de la Grecia antigua donde Aristóteles, pionero de la morfología, proporcionó desde un enfoque empírico una descripción en detalle de diferentes procesos internos y de anatomía externa de las aves, en su tratado sobre anatomía animal ``*De partibus animalium*``. Posteriormente, en la etapa del Renacimiento el interés renovado por la observación científica y el estudio anatómico propició la aparición de obras como la de Leonardo da Vinci (1452-1519), que recoge descripciones detalladas y conclusiones acerca del vuelo y propulsión de las aves (*Sul volo degli Ucelli*). En los años siguientes los eruditos italianos dirigieron la investigación anatómica de una forma más específica, destacando estudiosos como el anatomista Girolamo Fabrizi d'Acquapendente (1537-1619), quien realizó un relato escrito de la bolsa de Fabricio o *bursa cloacalis*. William Harvey (1578-1657), quien fuera discípulo suyo, llevó a cabo estudios sobre el desarrollo del corazón en embriones de pollo, los cuales en siglos posteriores contribuirían al establecimiento de los pilares de la embriología moderna. A lo largo de los siglos XVIII Y XIX los acontecimientos más reseñables en el campo de la anatomía aviar se centraron en aspectos morfológicos por ejemplo relacionados con el tracto urogenital, el oído (Luigi Galvani; 1737-1798) o la osteología comparada (Richard Owen; 1804-1892). No sería hasta bien entrado el siglo XIX cuando todo este conocimiento anatómico de las aves comenzó a aparecer y ser relevante en los libros de anatomía veterinaria. Además en 1861 se produjo un hallazgo fósil trascendental: el *Archaeopteryx lithographica*. Conocido como ``el primer pájaro``, *Archaeopteryx* muestra una combinación de rasgos que se encuentran tanto en los dinosaurios terópodos (con plumas y dos patas) como en aves modernas. Este descubrimiento resultó fundamental, reforzando el vínculo evolutivo entre dinosaurios y aves, apoyado en la idea de que estas evolucionaron a partir de pequeños terópodos.

Ya en la segunda mitad del siglo XX destaca la publicación de la obra ``Form and Function in Birds (1979–1989)’’ por parte de J. McLelland y A. S. King, un trabajo que constituye una referencia completa a la anatomía aviar, resaltando la forma en que la estructura se relaciona con la biología y la función. La aparición de la primera edición de la *Nomina Anatomica Avium* (NAA) en 1979 sentó las bases de la terminología anatómica en las aves.

En la actualidad, la combinación de las técnicas tradicionales con tecnologías de vanguardia, como la microscopía, la genómica o los avanzados procedimientos de diagnóstico por imagen como la tomografía computarizada o la resonancia magnética, posibilita una comprensión anatómica integral y mucho más completa. Al tratarse de individuos generalmente de tamaño reducido y compleja anatomía estas técnicas de imagen permiten de una manera no invasiva obtener valiosa información acerca de las diferentes estructuras, tanto internas como externas, facilitando el diagnóstico y tratamiento de las diversas patologías.

De las diferentes técnicas de diagnóstico por imagen la radiología convencional es, probablemente, la más utilizada de forma rutinaria dado su bajo costo, su amplia disponibilidad y la rapidez con la que se obtienen las radiografías. Resulta especialmente útil para valoraciones óseas, por ejemplo para evaluar fracturas, y para detectar alteraciones en el tamaño, forma o radiodensidad de los órganos internos. La detección de cuerpos extraños se incluye también entre sus aplicaciones. Otro de los procedimientos diagnósticos comúnmente empleados es la ecografía, basada en la emisión y recepción de ultrasonidos mediante un transductor. Se trata por tanto de un método seguro, ya que no utiliza radiaciones ionizantes, y muy útil para la valoración de tejidos blandos y órganos como el hígado o los riñones. Sin embargo, tienen especial relevancia sobre el resto de métodos las técnicas de diagnóstico por imagen avanzada. Se trata de herramientas que han demostrado grandes ventajas sobre las pruebas de imagen convencionales, ya que permiten obtener vistas de secciones corporales desde varios planos tomográficos, proporcionando imágenes con una adecuada resolución anatómica sin superposición de tejidos, un alto contraste entre diferentes estructuras y una excelente diferenciación tisular. Destacan la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM).

La TC emplea radiación electromagnética ionizante, al igual que la radiografía, pero en lugar de obtener una imagen se obtienen múltiples imágenes que posteriormente son procesadas para realizar reconstrucciones del órgano o región a estudiar. Es de gran utilidad para identificar fracturas complejas o para proporcionar reconstrucciones en 3D para la planificación quirúrgica entre otros.

En contraposición la RM utiliza fuertes campos magnéticos para crear imágenes detalladas de los tejidos blandos, lo que la hace especialmente útil para examinar el sistema nervioso.

Pese a las grandes posibilidades que ofrecen ambas técnicas, su implantación y uso generalizado en veterinaria se ha visto ralentizado entre otras razones por el alto coste económico o la imposibilidad de aplicarlo en determinadas especies por el tamaño o conformación de estas. De este modo han surgido nuevas variantes como por ejemplo la micro-TC, que utiliza una fuente de rayos X de enfoque micro-nano con una resolución de micras o submicras, y se usa ampliamente en la investigación científica dando grandes resultados en el estudio tisular y de pequeñas estructuras.

Las aplicaciones de la TC en la práctica clínica veterinaria son diversas, implicando patologías del cráneo (Kaser-Hotz *et al.*, 2002; Dewey *et al.*, 2003; Malinowski, 2006; Drago *et al.*, 2008; de Lucas *et al.*, 2008; Barachetti *et al.*, 2009; Travetti *et al.*, 2010; Motta *et al.*, 2012; Fink *et al.*, 2015; Estey, 2016; Belmudes *et al.*, 2018; Winer *et al.*, 2018; Arnold *et al.*, 2020; Jones *et al.*, 2022), columna vertebral (Sharp *et al.*, 1995; Jones *et al.*, 1999; da Costa *et al.*, 2010; Ricciardi *et al.*, 2018; Ruoff *et al.*, 2018), extremidades (Reichle *et al.*, 2000; Ginja *et al.*, 2009; Murino *et al.*, 2016; Hebel *et al.*, 2021) tórax (Yoon *et al.*, 2004; Schwarz *et al.*, 2011; Cerquetella *et al.*, 2013; Watton *et al.*, 2017; McGratch *et al.*, 2022) y abdomen (Tidwell *et al.*, 1997; Fife *et al.*, 2004; Head *et al.*, 2005; Zwingenberger, 2009; Terragni *et al.*, 2012; Hoey *et al.*, 2013; Adrian *et al.*, 2015; Haverkamp *et al.*, 2019; Leel-Arpon *et al.*, 2019; Minitier *et al.*, 2019; Tanaka *et al.*, 2019; Barozzi *et al.*, 2021; Russo *et al.*, 2021; Schwarz *et al.*, 2021; Tanaka *et al.*, 2021; Zuercher *et al.*, 2021; Burti *et al.*, 2022).

La RM es el procedimiento de elección en veterinaria para evaluar el sistema nervioso central (Kraft *et al.*, 1989; Hudson *et al.*, 1995; Thomas *et al.*, 1996; Cherubini *et al.*, 2006; Motta *et al.*, 2012; Hyunju *et al.*, 2021), siendo también de gran utilidad en procesos que afectan al ojo y la órbita (Moore *et al.*, 1991; Garosi *et al.*, 2003; Wilfried, 2018), o ciertas patologías osteoarticulares (Van Bree *et al.*, 1993; Widmer *et al.*, 1994; Barret *et al.*, 2009).

Cabe destacar que el uso de la TC y la RM en veterinaria no se limita al diagnóstico clínico, también son ampliamente utilizadas en estudios anatómicos y descriptivos en diferentes especies, permitiendo obtener excelentes resultados tanto en pequeños animales como en grandes animales y exóticos (Fike *et al.*, 1981; Arencibia *et al.*, 2000; de Rycke *et*

al., 2005; Leigh *et al.*, 2008; Banzato *et al.*, 2011; Witkowska *et al.*, 2014; Müllhaupt *et al.*, 2015; Yitbarek *et al.*, 2022; Andrade *et al.*, 2023).

En muchos casos además dichos estudios anatómicos se complementan con el empleo de cortes anatómicos macroscópicos, lo que permite una descripción y valoración de la anatomía aún más completa (Rivero *et al.*, 2005; Blanco *et al.*, 2012; Veladiano *et al.*, 2016; Arencibia *et al.*, 2020; Morales-Bordón *et al.*, 2023; González *et al.*, 2023). Sin embargo, y de acuerdo al conocimiento del autor, no existen hasta el momento artículos científicos de este tipo referidos al frailecillo atlántico (*Fratercula ártica*), ave objeto de estudio de este proyecto de investigación. Se trata de uno de los tres miembros de la familia Alcidae (Fig 1.), junto con el frailecillo cornudo (*Fratercula corniculata*) y el frailecillo coletudo (*Fratercula cirrhata*), aunque estos se encuentran típicamente en el Pacífico Norte, y no en el Atlántico.

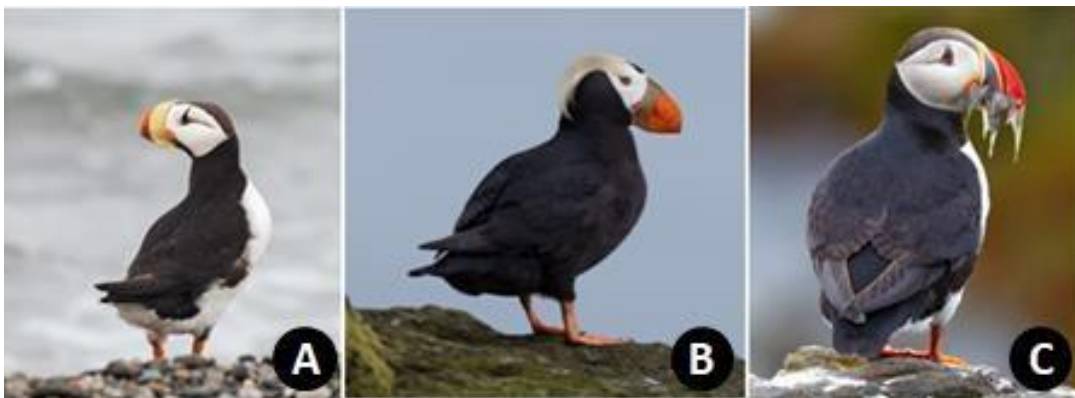


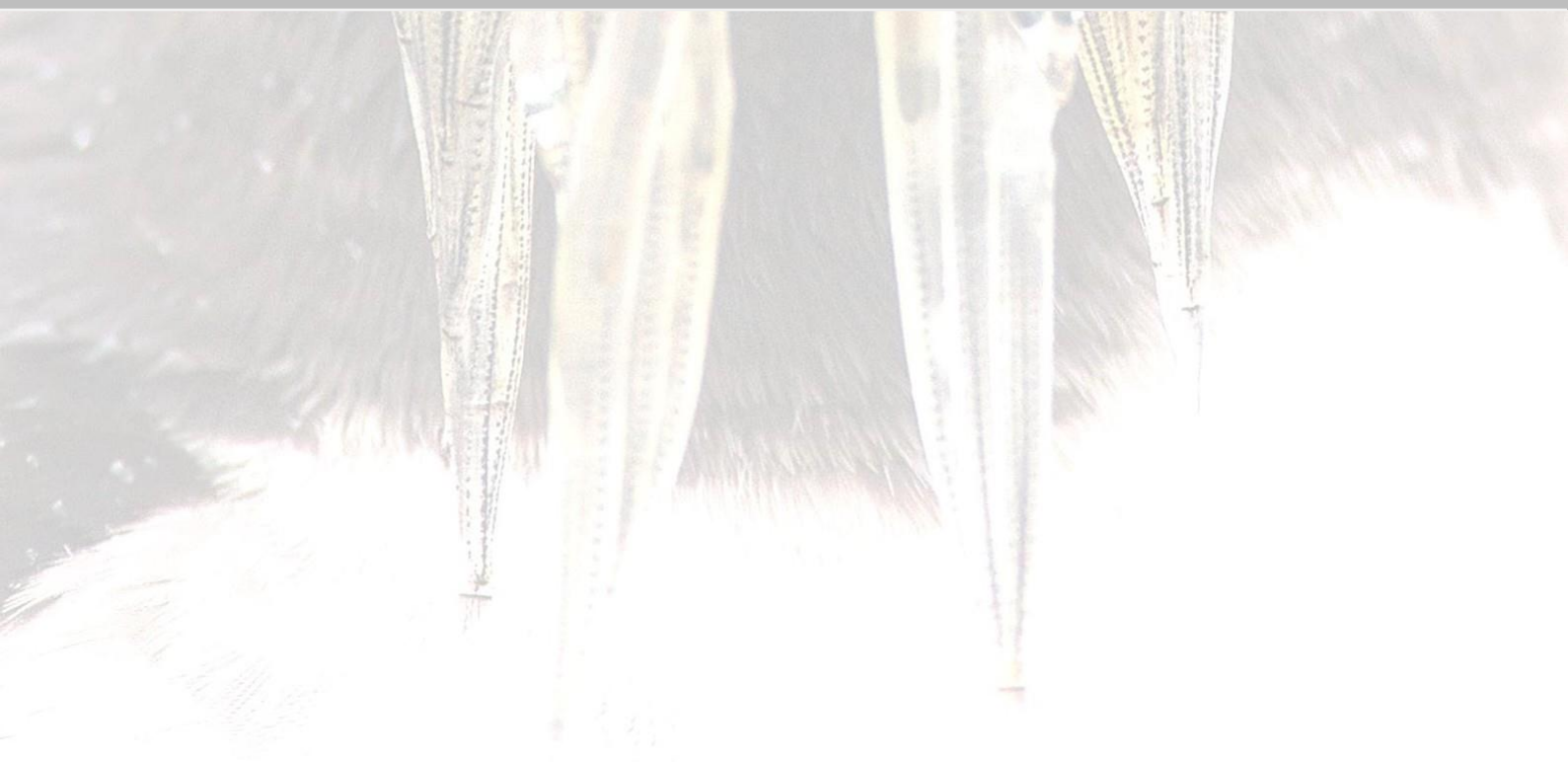
Figura 1. Frailecillos en su hábitat natural; *Fratercula corniculata* (A), *F. cirrhata* (B) y *F. arctica* (C). Fuente: NaturalistaCO.

Los frailecillos atlánticos son álcidos de tamaño mediano y color blanquinegro característico, que están especialmente adaptados a la vida marina, siendo excelentes buceadores capaces de sumergirse en busca de peces y otros organismos marinos. Estos y otros aspectos son bien conocidos gracias a la literatura científica existente vinculada a esta ave y que se centra, predominantemente, en su biología y ecología o aborda, por ejemplo, la oftalmología desde un punto de vista clínico (Harris *et al.*, 1978; Barret *et al.*, 1985; Guilford *et al.*, 2011; Harris *et al.*, 2011; Westmoreland *et al.*, 2020). Sin embargo, la realización de análisis anatómicos y morfobiométricos del frailecillo podría arrojar información valiosa sobre los patrones de comportamiento de este animal o sobre las patologías que más comúnmente padece.

En consonancia con la actual línea de investigación que de forma conjunta, y con las técnicas de imagen avanzada como pilar fundamental, desarrollan el Hospital Clínico Veterinario de la ULPGC y la Unidad Docente de Anatomía y Embriología de la Facultad de Veterinaria de la ULPGC, se ha planteado la presente tesis doctoral que aborda el estudio de la anatomía del frailecillo atlántico empleando TC, RM y cortes anatómicos. Como ya mencionamos, no existen estudios científicos específicos de la anatomía del frailecillo atlántico aunando las técnicas anteriormente citadas. Este hecho unido al de la llegada masiva de dichas aves a las costas Canarias a comienzos del año 2023 justifica la elección de esta especie, clasificada como vulnerable en la Lista Roja de especies amenazadas de la IUCN. Sirva por tanto el presente trabajo como contribución a la conservación de esta y otras aves amenazadas.



Objetivos



Por todo lo expuesto, los objetivos planteados en la presente Tesis Doctoral fueron los que a continuación se describen.

- Objetivo general

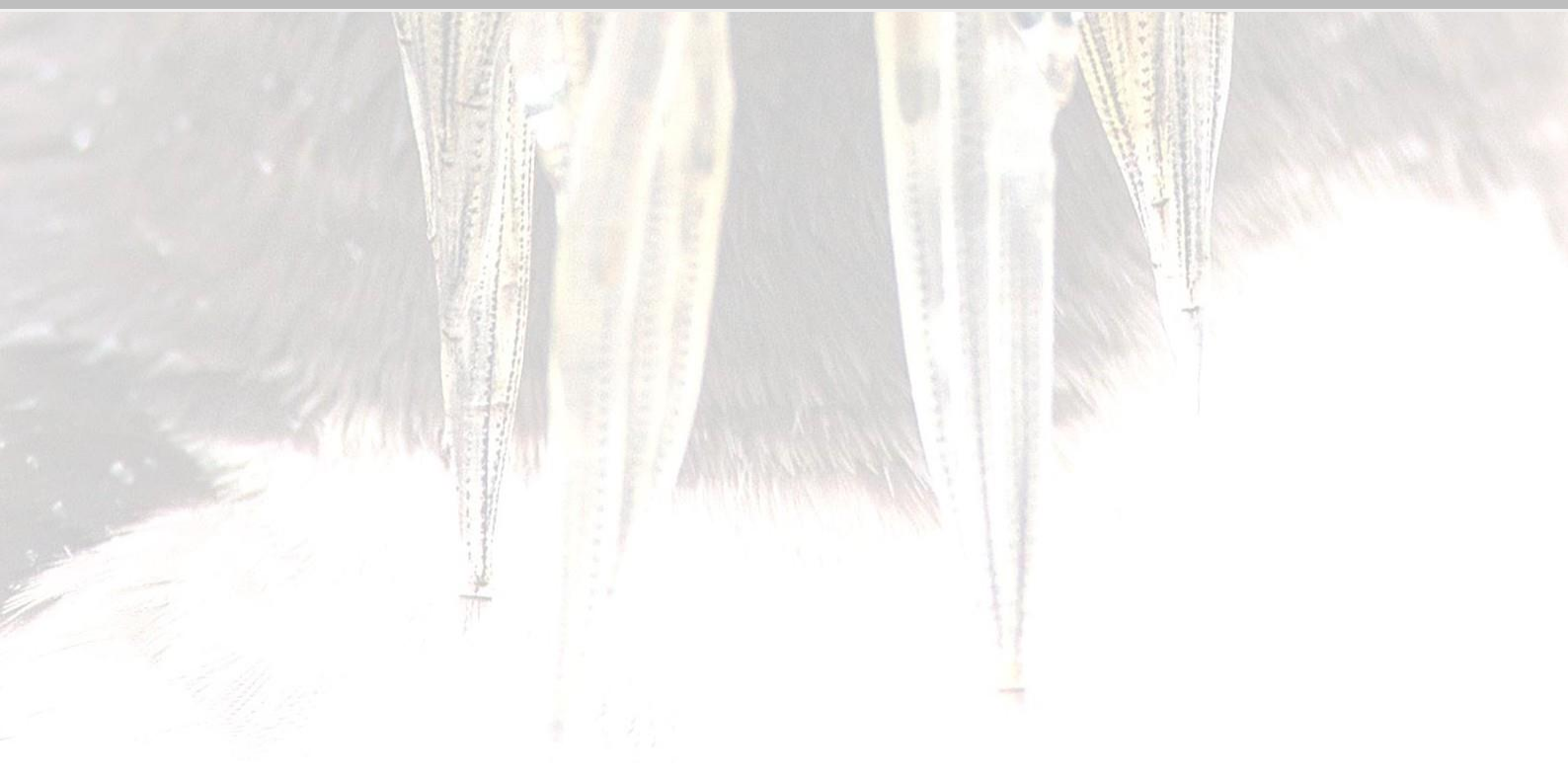
Describir la anatomía del frailecillo atlántico (*Frateercula arctica*) empleando técnicas avanzadas de diagnóstico por imagen tales como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM).

- Objetivos específicos

- 1) Analizar las características morfométricas del ojo y estructuras asociadas en el frailecillo atlántico mediante tomografía computarizada.
- 2) Estudiar la cavidad celómica del frailecillo empleando cortes anatómicos e imágenes de tomografía computarizada.
- 3) Caracterizar la anatomía de la cabeza y sistema nervioso central del frailecillo atlántico utilizando cortes anatómicos, tomografía computarizada y resonancia magnética.



Revisión bibliográfica



Revisión bibliográfica

I. Generalidades de la anatomía de las aves.

Las aves poseen una serie de características anatómicas vinculadas a su parentesco evolutivo con los reptiles, y únicas en el reino animal, como son la presencia de un solo cóndilo occipital, de un solo hueso del oído medio o de escamas en ciertas regiones corporales. Además de esta relación filogenética con los reptiles, la capacidad de volar y los requerimientos que ello implica, también han condicionado su anatomía (Dyce *et al.*, 2012). A lo largo de este apartado desarrollaremos las generalidades de la anatomía aviar, sirviendo ello de base para la consecución de los objetivos planteados en la presente Tesis Doctoral.

En lo que respecta al **sistema musculoesquelético**, sus principales características están vinculadas a la capacidad de volar como medio de locomoción característico. Su esqueleto, ligero y altamente mineralizado (Fig.2), se distingue por la fusión de determinadas vértebras y huesos, la desaparición de algunos de ellos, la modificación del miembro torácico para formar el ala o un protuberante esternón, pero sin duda, es la neumatización de las estructuras óseas por medio de divertículos de los sacos aéreos, el rasgo fundamental de esta Clase de animales (Sandoval, 2003).



Figura 2. Detalle del interior del hueso aviar, con una cortical muy fina y la cavidad medular con una red de trabéculas para aumentar la resistencia. Fuente: Anatomía interactiva de las aves. UMU, 2007.

El **cráneo** abovedado, el enorme tamaño de las órbitas y la evolución de los huesos de la cara para constituir el denominado rostro piramidal (pico) son las características principales de la cabeza de estos animales (Fig.3). El pico, se compone en su parte superior de los huesos premaxilar, maxilar y nasal, y en la parte inferior por la fusión de pequeños huesos que forman la mandíbula. Destacamos también la presencia del denominado hueso cuadrado, que

conecta la mandíbula con el cráneo, y el arco yugal, homólogo del cigomático de los mamíferos (Feduccia, 1975).



Figura 3. Vista lateral del cráneo aviar. Fuente: . Fuente: Anatomía interactiva de las aves. UMU, 2007.

En lo relativo al **esqueleto axial**, este se compone de costillas, esternón y columna vertebral, pudiendo incluirse la pelvis que se encuentra íntimamente unida al sinsacro (vertebras lumbares, sacras y caudales fusionadas). Resulta llamativa la elevada cantidad de vértebras cervicales en contraposición a su escasez a nivel caudal, donde tienden a fusionarse. El número de vertebras es variable entre especies, así en la gallina encontramos 14 a nivel cervical y 7 torácicas (relativas a las que articulan con las costillas), mientras que la paloma posee 12 vértebras a nivel cervical y el pato 9 en la región torácica. Parte de las vértebras torácicas, las lumbares y las caudales se anquilosan formando el conocido como sinsacro, y la porción final la compone el pigostilo. Por otra parte, debemos mencionar que las costillas, de naturaleza ósea, carecen de cartílago costal, el cual se osifica y da lugar a los huesos esternocostales. También resultan llamativas las modificaciones del esternón, concebido como un gran hueso en una única pieza y con una carina o quilla más prominente en aves voladoras por ser el punto de inserción de los músculos del vuelo (Sandoval, 2003).

En lo que concierne al **esqueleto apendicular** y, como ya mencionamos, su modificación más notable ha sido la conversión de las extremidades anteriores en alas, mientras que los miembros posteriores poseen las características necesarias para el desplazamiento en tierra y las maniobras de aterrizaje. El cinturón pectoral está compuesto por el coracoides, que articula con el esternón, las clavículas, y la escápula, con morfología aplanada y larga. A continuación se localizan el húmero, siendo el mayor de los huesos del ala, los huesos del antebrazo (radio y cúbito), los huesos carpometacarpianos II, III Y IV, con sus respectivas falanges. Respecto al cinturón pelviano, se compone también de tres huesos que son el ilion, el isquion y el pubis. En estrecha relación se localiza el fémur, articulando en el acetábulo, que a su vez articula

con el tibiotarso (el mayor de los huesos del miembro pelviano) y el peroné (muy reducido en algunas especies como la gallina). La porción distal del tibiotarso presenta prominentes cóndilos mediante los que se articula con el tarsometatarso, el cual se continúa con los dedos II, III y IV (Chamberlain, 1943)

En lo referente a la **miología aviar** resaltar los principales grupos musculares implicados en el vuelo tales como los pectorales superficial (con origen en la quilla esternal e inserción a nivel del húmero proximal) y profundo (originándose en la misma región que músculo pectoral superficial, cubierto por este, y con inserción también en el húmero).

En relación a los músculos propios del ala mencionar el músculo extensor carporradial, que se origina en el epicóndilo dorsal del húmero y se inserta en el carpometacarpo, posibilitando la extensión del extremo del ala. Otro músculo relevante para el despegue del ave es el supracoracoideo (con origen en el esternón e inserción en la clavícula). A pesar de no ser un músculo, sí debemos citar el propatagio, un pliegue cutáneo triangular que se extiende del hombro al carpo, que junto con las plumas resulta esencial en la sustentación aerodinámica (Sandoval, 2003).

De la musculatura de las extremidades posteriores, son los músculos sustentadores de las articulaciones de la cadera y la rodilla los que cobran mayor importancia en la bipedestación y locomoción. Destacan algunos como el músculo ileotrocantérico medio, craneal y caudal (equivalente al glúteo de los mamíferos), el músculo pubisquifemoral con porciones medial y lateral (equivalente al M. Aductor), o el músculo iliotibial lateral que sería equivalente al M. Tensor de la fascia lata de los mamíferos (Abourachid. 1991).

Ahora que ya hemos tratado de forma sucinta las generalidades del aparato locomotor describiremos la localización y características fundamentales de los órganos principales del aparato circulatorio, respiratorio, digestivo y urogenital. Sin embargo, antes de entrar en materia, debemos recordar que en la aves no existe un diafragma como el de los mamíferos por los que los aparatos mencionados anteriormente se alojan en las denominada **cavidades celómicas**, delimitadas por septos y que son 8; cavidades pleurales derecha e izquierda, cavidad pericárdica, hepáticas dorsales derecha e izquierda, hepáticas ventrales derecha e izquierda y cavidad celómica intestinal (McLelland *et al.*, 1970).

En lo concerniente al **aparato circulatorio**, las diferencias a nivel morfológico respecto a los mamíferos son menores que las descritas en otros aparatos como el respiratorio. El corazón, protegido por el saco pericárdico y de morfología cónica, se localiza entre los lóbulos hepáticos y se compone de cuatro cámaras cardíacas. Además del corazón, grandes vasos como el tronco pulmonar, tronco de la aorta, venas pulmonares, venas cava craneales, vena cava caudal e ilíacas, constituyen el aparato circulatorio. A nivel del atrio

derecho encontramos el par de venas cava craneales y la cava caudal, mientras que en el izquierdo se insertan las venas pulmonares, de forma independiente (por ejemplo en la gallina) o previa fusión como en los periquitos (Dyce *et al.*, 2012; Baumel., 1975).

El **aparato digestivo** aviar no presenta gran variabilidad interespecífica, excepto en la morfología del pico, y las diferencias se centran en el desarrollo de los ciegos, morfología del buche y características del estómago bicameral (Dyce *et al.*, 2012). La orofaringe abarca desde el pico hasta el esófago, con ausencia de labios, dientes y paladar blando. Además el paladar se comunica con la cavidad nasal por la denominada coana, constituida por una hendidura a nivel medio. Por otra parte, la lengua, de morfología triangular, contacta con numerosas crestas y papilas a nivel de la mucosa palatina. El esófago, continuación de la bucofaringe, se dilata a nivel de la entrada torácica formando el buche, ausente en especies como búhos o pingüinos (Malewitz *et al.*, 1958; Sisson *et al.*, 1982).

El estómago de las especies carnívoras es más glandular, mientras que el de especies con otro tipo de alimentación, como las granívoras, está más desarrollado muscularmente. Este órgano se divide en un proventrículo (glandular) y un ventrículo o molleja (muscular), separados por el conocido como itsmo, y que se sitúan en contacto con el hígado, y sobre todo la molleja, en relación al esternón. A continuación, caudalmente, encontramos el paquete intestinal constituido por los tramos de duodeno, yeyuno, íleon y colon (que se abre en la cloaca). El ciego es doble en las aves herbívoras, y se extiende en relación al íleon vinculado por los pliegues ileocecales. La porción final del digestivo lo constituye la cloaca, que también forma parte del aparato urogenital y se divide en coprodeo (craneal y que almacena material fecal), urodeo (almacena orina y uratos y a él se abren los uréteres y conductos genitales) y caudalmente el proctodeo, que comunica al exterior a través del orificio cloacal (Bradley *et al.*, 1960; Dyce *et al.*, 2012).

Por otra parte mencionar el hígado, que en las aves presenta un lóbulo derecho y otro izquierdo, generalmente de menor tamaño, unidos en la parte craneal y en estrecha relación con el corazón. El lóbulo derecho es atravesado por la vena cava caudal, y sobre él se asienta la vesícula biliar (ausente en palomas y estrutioformes). En lo concerniente al páncreas, localizado junto a las asas duodenales, se divide en un lóbulo dorsal y otro ventral. Si bien es cierto que algunos autores (Sisson *et al.*, 1982) consideran un tercer lóbulo denominado esplénico. Mencionamos también al bazo en este apartado dado la estrecha relación topográfica, que como vemos, guarda con el hígado y páncreas. Su morfología varía desde triangular en especies como el pato a ovalada en la paloma (Dyce *et al.*, 2012).

Los requerimientos metabólicos del vuelo, también han modificado enormemente el **aparato respiratorio**, de cara a satisfacer el elevado consumo de oxígeno. Las aves poseen narinas u orificios nasales situados en la base del pico que conectan con la cavidad nasal, dividida por un septo mediano y, como ya mencionamos comunicada con la bucofaringe por la coana. El interior de la cavidad nasal aloja una serie de compartimentos o conchas nasales, que son la concha nasal rostral, la media y la caudal. Es de destacar que existe una única cavidad paranasal, el seno infraorbitario, que se correspondería con el maxilar de los mamíferos y que conecta con la concha nasal caudal. Se continúa el aparato respiratorio con la laringe, precedida por la eminencia laríngea, y que a diferencia de la de los mamíferos carece de cartílagos tiroideo y epiglótico pero con un cartílago cricoideo bien desarrollado. A continuación encontramos la tráquea, constituida por anillos cartilaginosos completos y aplanados, que se divide dorsalmente a la base cardíaca, en los bronquios principales. En esta región entre los bronquios y la tráquea se halla la siringe, órgano fonador de las aves. Los bronquios principales penetran en los pulmones, que carecen de lóbulos y presentan abundante cartílago, en su cara ventral. A su vez los bronquios primarios se continúan con los secundarios y estos con los terciarios o parabronquios. Como una de las características principales del aparato respiratorio aviar, debemos mencionar la presencia de los sacos aéreos. Se trata de expansiones membranosas de los pulmones, comunicadas con los parabronquios, que se relacionan con las distintas vísceras celómicas y penetran en el interior de distintos huesos como el sinsacro o el acetábulo. La gallina, por ejemplo posee 8 sacos aéreos; el saco aéreo cervical, el clavicular (ambos impares), los torácicos craneales, torácicos caudales y los abdominales (todos ellos pares; derechos e izquierdos). Además de aligerar el peso corporal, estos sacos aéreos facilitan el flujo de aire en los pulmones, aspirando durante la inspiración y empujándolo en la expiración (King, 1975; Payne, 1960; Dyce *et al.*, 2012).

En las aves, el **aparato urinario** se compone únicamente de riñones y uréteres, dada la ausencia de vejiga urinaria y uretra que sí poseen los mamíferos y debida a que el drenaje de la orina se realiza directamente en la cloaca. Los riñones se disponen simétricamente a ambos lados de la columna vertebral, empotrados en las caras ventrales del sinsacro e íleon, y relacionándose cranealmente con los pulmones. Destacar que se segmentan en tres porciones; craneal, media y caudal, aunque en algunas especies estas dos últimas porciones se fusionan. Además, internamente, no se aprecia una clara diferenciación cortico-medular, ni presencia de pelvis y cálices renales (Goodchild, 1956; Koenig *et al.*, 2016).

Los **órganos reproductores del macho** también presentan diferencias respecto a los de los mamíferos, al carecer de cordón espermático, envolturas testiculares (a excepción de la albugínea), glándulas accesorias y uretra. Por

tanto el aparato reproductor masculino se compone de un par de testículos ovoides y suspendidos en el techo de la cavidad corporal, el epidídimo y los conductos deferentes, además del falo, que en especies como la paloma o las rapaces está ausente. Destacar también que estos animales son endórgidos de manera fisiológica durante toda su vida. Por otra parte, el **aparato reproductor femenino** presenta diversas variaciones debidas a la reproducción ovípara característica de las aves, y se compone de los ovarios y el oviducto, siendo funcionales, por lo general, solamente los izquierdos. El ovario, con aspecto de racimo durante la actividad sexual, se localiza en relación a la porción craneal del riñón, y se conecta con la cloaca por medio del oviducto, de paredes gruesas y topografiado a nivel dorsal de la cavidad. Dicho oviducto se divide a su vez en 5 regiones que son infundíbulo, mágnium, itsmo, útero y vagina, cada una con funciones en la formación y progreso del huevo (Sandoval, 2003; Dyce *et al.*, 2012; Koenig *et al.*, 2016).

El **sistema nervioso central** de las aves está compuesto por el encéfalo y la médula espinal, al igual que en otros vertebrados. El encéfalo, tiene un tamaño reducido, y su morfología se encuentra influenciada por el gran volumen de los ojos y el espacio que estos ocupan. Además, y en relación a ello, resulta llamativo el enorme desarrollo de los lóbulos ópticos y el quiasma óptico. En contraposición hallamos los bulbos olfatorios, de menor tamaño. Por otra parte mencionar que los hemisferios del cerebro se encuentran separados entre sí por una fisura mediana, y del cerebelo por la fisura transversa. Este último se compone a su vez, de un cuerpo central y pequeños lóbulos laterales o flóculos (Baumel, 1975b; Koenig *et al.*, 2016).

Finalmente abordaremos la anatomía de los **órganos de los sentidos**, principalmente ojos y oído. En primer lugar hablaremos del ojo, que como hemos señalado, suele ser voluminoso y de morfología globosa pero igualmente variable. Se compone de una túnica interna o retina, una túnica vascular, y una túnica fibrosa con una esclerótica muy consistente. Sin embargo, es el *pecten oculi*, perteneciente a la túnica interna, una de las estructuras más características del fondo de ojo aviar. Dicha formación, que se proyecta a partir del disco óptico dentro del humor vítreo, está compuesta por un plexo de vasos sanguíneos y se cree que aporta nutrición a la retina. Otra estructura ocular de interés es el anillo esclerótico, de naturaleza ósea y constituido por los huesecillos esclerales imbricados que en conjunto refuerzan la esclerótica (Sisson *et al.*, 1982; Sandoval, 2003). Por último referir la extensa membrana nictitante, con gran movilidad y que aporta protección al globo ocular de las aves.

En lo relativo al oído, las características anatómicas más destacables son la ausencia de pabellón auricular y la modificación de los huesecillos del oído medio por uno alargado denominado columela (Dyce *et al.*, 2012).

II. Fundamentos de la tomografía computarizada (TC).

II.1. Concepto de la técnica.

La tomografía computarizada (TC) es un procedimiento que permite obtener imágenes de secciones anatómicas del paciente mediante el empleo de radiación ionizante. Su funcionamiento se basa en un tubo de rayos x que realiza movimientos de rotación entorno al sujeto, emitiendo un haz de radiación a través del cuerpo. Posteriormente una serie de detectores electrónicos, posicionados frente al tubo, monitorizan los rayos x que atraviesan el cuerpo y el ángulo en que se proyectan. Luego, dicha información es evaluada matemáticamente por un ordenador (de ahí el término computarizada), que determina la densidad de los diferentes puntos del tejido escaneado (Lattimer, 2020).

II.2. Principios físicos.

Para explicar el funcionamiento de la técnica de tomografía computarizada debemos recordar algunos conceptos físicos relacionados con la interacción de los fotones con la materia al penetrarla. Estas partículas elementales pueden atravesar la materia sin interactuar con ella o sufriendo fenómenos de dispersión o absorción. Entre las interacciones que pueden experimentar los fotones de rayos x y gamma destacaremos las que a continuación se describen, dada su importancia en la radiología diagnóstica y medicina nuclear. Hablamos de la dispersión de Compton, la dispersión de Rayleigh y la absorción fotoeléctrica.

-Dispersión de Compton.

La dispersión de Compton, dispersión inelástica o no clásica, es la interacción predominante de fotones de rayos X y gamma con el tejido blando en el rango de energía de diagnóstico. En este tipo de reacción un fotón interactúa con un electrón de la capa periférica de un átomo, resultando dicho electrón expulsado y dispersándose el fotón con menor energía y en un ángulo diferente. Debemos resaltar que la probabilidad de una reacción de este tipo no depende del número atómico, pero sí de la densidad del tejido. Esta independencia del número atómico supone una desventaja a la hora de producir una radiografía, ya que todos los tejidos tienden a absorber los rayos x de manera similar. De este modo, si la absorción de Compton predomina la imagen tendrá poco contraste. Además desde el punto de vista de la seguridad radiológica los

fotones dispersos fruto de este tipo de interacciones suponen igualmente una desventaja (Thrall, 2017).

-Dispersión de Rayleigh.

En la dispersión coherente o clásica, más comúnmente denominada dispersión de Rayleigh, el fotón interactúa con el átomo y en consecuencia el campo eléctrico de su onda electromagnética gasta energía haciendo que todos los electrones del átomo oscilen en fase. Como consecuencia estos electrones irradian dicha energía emitiendo un fotón de la misma energía pero en una dirección ligeramente diferente. Cabe destacar que desde el punto de vista diagnóstico la calidad de la imagen se verá negativamente afectada por la presencia de rayos x dispersos. Sin embargo, este tipo de interacción se produce con rayos x de muy baja energía, por lo que es poco probable que se produzca en el rango de energía diagnóstico. Así, por ejemplo en los tejidos blandos la dispersión de Rayleigh constituye menos del 5% de las interacciones por encima de 70 keV (Bushberg *et al.*, 2012).

-Absorción fotoeléctrica.

El efecto fotoeléctrico es el tipo de interacción más importante a la hora de generar una imagen radiológica. En este tipo de reacción los rayos x son absorbidos en su totalidad por el tejido, por lo que no hay rayos x dispersos. El fotón de rayos x absorbido expulsa un electrón (fotoelectrón) de una capa interna de un átomo del tejido, y cuando el vacío creado por el electrón expulsado es llenado por otro electrón, se producen rayos x característicos. Es de destacar que la probabilidad de una interacción de este tipo aumenta proporcionalmente respecto a la tercera potencia del número atómico, y esta relación amplifica las diferencias en la absorción de los diferentes tejidos. Es decir, hace posible las diferencias en cuanto a la opacidad radiológica de los tejidos y permite que la radiografía tenga contraste y por tanto sea útil (Thrall, 2017).

Estos mecanismos de interacción, en mayor o menor medida, causan un fenómeno conocido como **atenuación**. Durante dicho evento el haz de rayos x o gamma experimenta, al atravesar un determinado medio material, una reducción en el número de fotones que lo forman. La atenuación es causada tanto por la absorción como por la dispersión de los fotones primarios, y queda recogida en la siguiente fórmula:

$$N=N_0 e^{-\mu x}$$

Así N es el número de fotones incidentes, N_0 es el número de fotones finales, e es la base del logaritmo natural (2.718), x es el espesor del absorbente, y μ es el coeficiente lineal total de todos los tejidos presentes a lo largo de la trayectoria de los rayos X (Chen *et al.*, 2006; CSN, 2013). Este último concepto, el **coeficiente de atenuación lineal**, representa la fracción de fotones eliminados de un haz monoenergético de rayos X o rayos gamma por unidad de espesor de material, o lo que es lo mismo, la probabilidad de absorción. Sin embargo el coeficiente de atenuación lineal presenta el inconveniente de que cambia en función del estado físico del absorbente, y es por ello que se emplea el concepto de **coeficiente de atenuación másico**, μ/ρ (siendo ρ la densidad del absorbente), resultante de normalizar el coeficiente de atenuación lineal a la unidad de densidad. Así la ecuación de atenuación se reescribiría del siguiente modo:

$$N=N_0 e^{-(\mu/\rho) \rho x}$$

Por tanto, el coeficiente de atenuación de masa es independiente de la densidad (Bushberg *et al.*, 2012).

II.3. Formación y tratamiento de la imagen.

En el contexto de la imagen computarizada, existen tres conceptos fundamentales a la hora de comprender la representación y manipulación de datos visuales y espaciales; hablamos del **pixel**, el **vóxel** y la **matriz**. Cada imagen se compone de una serie de elementos o unidades individuales, conocidos como elementos de imagen o píxeles, que representan un único punto en la imagen y suelen visualizarse como un pequeño cuadrado o punto. Estos a su vez reflejan el contenido de elementos de volumen o vóxeles. Es decir, el vóxel extiende el concepto de pixel al espacio tridimensional (Runge *et al.*, 2022).

La matriz (Fig. 4) es la representación, en un sistema de abscisas y ordenadas, de los elementos o píxeles que representan los datos de una imagen. El tamaño de la matriz está determinado por sus dimensiones, de forma que por ejemplo en una matriz de 512x512, hay 512 filas y 512 columnas de elementos que en conjunto forman la imagen (Goldman, 2007).

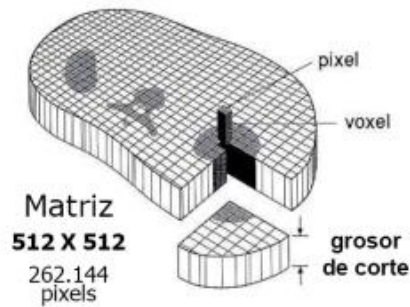


Figura 4. Representación esquemática de una matriz, un píxel y un vóxel. Fuente: AVEPA.

En la mayoría de las imágenes radiológicas, cada píxel está representado por un número y la imagen se puede almacenar como una matriz de estos números. En las imágenes de TC a cada píxel se le asigna un valor en relación al coeficiente de atenuación lineal vinculado al correspondiente tejido. Sin embargo este coeficiente depende en gran medida de la energía del espectro y en consecuencia no se puede emplear para la interpretación de imágenes. De este modo, tras la aplicación de técnicas de reconstrucción de la imagen esa matriz de coeficientes de atenuación lineal se transforma en una matriz de **números o valores de TC**. Estos números de TC representan la atenuación relativa de los rayos X a medida que pasan a través de los tejidos del cuerpo en comparación con la atenuación de los rayos X que pasan a través del agua (Calzado *et al.*, 2010; Schwarz *et al.*, 2011). Esta medida relativa de la radiodensidad se expresa en unidades Hounsfield (HU), en honor a Sir Godfrey Hounsfield, Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1979, y pionero en el desarrollo de la tomografía computarizada. En la escala Hounsfield el agua destilada se define como cero Unidades Hounsfield y el aire como -1000 HU (Fig.5). Esta escala se muestra como una progresión de grises de forma que los tejidos densos y que por tanto presentan mayor absorción de rayos x aparecen brillantes y con valores positivos. En contraposición los tejidos menos densos aparecen oscuros, con valores negativos (Hounsfield, 1979; Raju, 1999; DenOtter *et al.*, 2023)

Hipodenso → -1000
Isodenso → 0
Hiperdenso → +1000

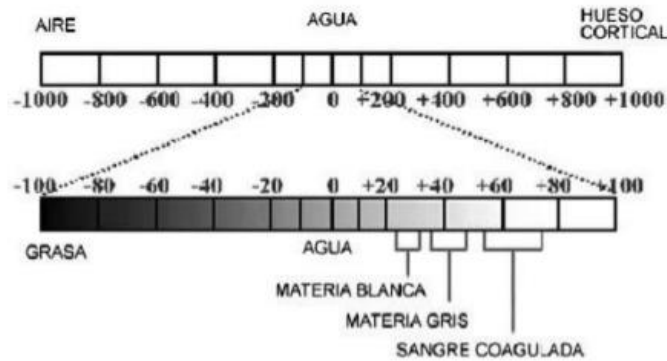


Figura 5. Esquema que representa la escala de Hounsfield utilizada para establecer la medida de contraste de los píxeles de una imagen de tomografía computarizada. Fuente: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.

El ojo humano tiene una capacidad limitada para diferenciar los tonos de la escala de gris (diferencia unos 30-90 tonos). Sin embargo los dispositivos electrónicos de visualización son capaces de mostrar imágenes de 8 bits, lo que se corresponde con unas 256 tonalidades de gris, y las imágenes de TC suelen tener unos 12 bits (4096 tonos de gris). Esto implica que es necesario aplicar determinadas técnicas básicas de post-procesamiento a las imágenes de TC para posibilitar que estas puedan ser visualizadas. Hablamos de la selección de tablas de traducción y ventanas.

Una **tabla de traducción**, en el contexto de una interfaz de video, funciona como una tabla de referencia utilizada para ajustar los valores de píxeles individuales antes de transmitirlos al convertidor digital a analógico (DAC) para producir una señal analógica. Dentro de la tabla, hay una entrada para cada valor de píxel posible, que representa un nivel de intensidad de vídeo específico. Cuando la tabla de traducción recibe un valor de píxel, recupera la intensidad de vídeo correspondiente de la tabla y envía esta representación numérica digital al DAC, que convierte este valor digital en una señal de voltaje analógica (Schwarz *et al.*, 2011; Bushberg *et al.*, 2012).

La utilización de **ventanas** permite utilizar el espectro completo de intensidades de vídeo para representar sólo una fracción del rango total de valores de píxeles. De este modo el nivel de ventana o WL (corresponde al brillo) debe coincidir con el nivel de intensidad del órgano o tejido, y el ancho o WW (se corresponde al contraste) debe coincidir con la latitud de contraste de ese órgano o tejido. Por tanto, para la interpretación de la imagen tomográfica, la anchura y el nivel de ventana son factores cruciales (Schwarz *et al.*, 2011; Bushberg *et al.*, 2012).

II.4. Reconstrucción de la imagen.

Cuando se reconstruye la imagen, como hemos explicado, se asigna a cada vóxel un valor de atenuación, dependiente de interacciones físicas como son el efecto fotoeléctrico o la dispersión. Este cálculo de la estructura del objeto o paciente objeto de estudio se puede realizar mediante métodos analíticos o iterativos, que implican complejos desarrollos matemáticos. El método analítico, basado en el empleo de fórmulas matemáticas, incluye 2 grandes herramientas; la **retroproyección** y la **retroproyección filtrada** (Filtered back projection, FBP). Constituye esta última la técnica estándar utilizada para la reconstrucción de imágenes en TC (Fig.6). El método iterativo en cambio, emplea procedimientos algebraicos y estadísticos.

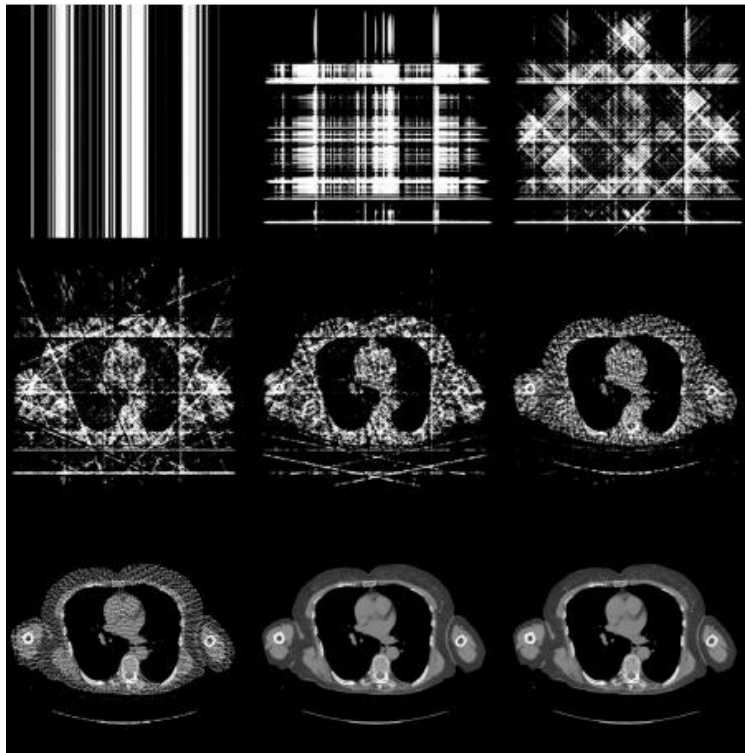


Figura 6. El uso de retroproyecciones filtradas permite reconstrucciones óptimas. En la imagen se muestran los resultados de aplicar este método de forma sucesiva en diferentes ángulos. Fuente: Dance *et al.*, 2014.

II.5. Componentes del equipo de TC.

Los componentes básicos del equipo de tomografía computarizada pueden dividirse en tres partes o sistemas que son el sistema de recolección de datos, el sistema de procesamiento de datos y el sistema de presentación y almacenamiento de datos (González *et al.*, 1996; Bushong, 1998; Hofer, 2001).

1. **Sistema de recolección de datos**, integrado por los elementos que permiten explorar al paciente y recoger los datos resultantes de dicha exploración. Dichos elementos son:

-El **gantry** (traducido al español como pórtico o grúa) o unidad de escaneo es el marco que contiene el tubo de rayos x, los detectores de fotones y elementos de blindaje. En él el tubo de rayos x y los detectores se encuentran enfrentados girando 360 grados entorno al paciente, que atraviesa el gantry en la camilla de exploración a través de un anillo central, o cilindro que presenta dicha estructura. La inclinación del gantry, es decir el ángulo entre el plano del tubo de rayos x y el plano vertical, varía de -25 a +25 grados y puede cambiarse con diversas finalidades como por ejemplo reducir los artefactos de la imagen (Thrall,2017; Hermena *et al.*, 2021)

-El **generador** constituye la fuente de energía eléctrica necesaria para la producción de rayos x. Dicho componente genera corriente eléctrica mediante un suministro de alto voltaje de entre 20 a 150 Kilovoltios, que determinará la intensidad de dichos rayos x, y también por medio de un voltaje bajo (entorno a 10 kilovoltios) que permite la emisión continua de electrones (Zink, 1997).

-El **tubo de rayos x**, que es un tubo de vacío y constituye el elemento encargado de generar la radiación ionizante necesaria, convirtiendo los electrones en movimiento en fotones. Está compuesto por un cátodo (filamento) y un ánodo (objetivo). El cátodo, cargado negativamente, incluye un filamento de tungsteno que emite electrones al calentarse. El ánodo por su parte, se compone de un disco de tungsteno (o aleación del mismo) que contiene un objetivo anular, lo que se conoce como pista focal. En el proceso de producción de rayos x el filamento del cátodo expulsa electrones (emisión termoiónica), que se desprenden de la corriente producida por el generador. Estos electrones, son acelerados por la diferencia de carga cátodo-ánodo hacia este último. Finalmente, los electrones impactan con el punto focal del ánodo generando radiación electromagnética. En general, cuanto menor sea el tamaño focal, mayor será la resolución de la imagen (Seibert, 1997; Seibert, 2004).

La producción de radiación electromagnética es posible gracias a 2 mecanismos; los rayos x característicos y los rayos x Bremsstrahlung (estos últimos también conocidos como radiación de frenado). La radiación característica se va a producir cuando un electrón libre acelerado impacta con el núcleo de un átomo provocando la expulsión de uno de los electrones de la capa interna, que es emitido como un fotón. La radiación de frenado, sin embargo, se genera cuando el electrón libre acelerado atraviesa al átomo provocando el desvío de las partículas subatómicas próximas, y por tanto perdiendo su energía cinética. Esa energía cinética perdida es ganada por otras partículas cercanas, como por ejemplo electrones de la capa externa de

los átomos del cátodo. Dichos electrones también pueden emitirse como fotones. Estos procesos generan gran cantidad de calor por lo que el tubo de rayos X está encerrado en una carcasa llena de aceite aislante, la cual transmite este calor a la superficie refrigerando el equipo y además protege contra el voltaje del tubo y los rayos x (Hall, 1927; Hermena *et al.*, 2021).

-Los **detectores** son los elementos del equipo que absorben y cuantifican los fotones generados por el tubo de rayos x que han atravesado al paciente. Así, los fotones de rayos x absorbidos son transformados en fotones de luz visual para posteriormente ser convertidos en una señal eléctrica. La señal obtenida por los detectores de radiación se representa en una forma gráfica constituyendo la señal analógica que posteriormente mediante convertidores se transforma en una señal digital (**sistema de adquisición de datos, DAS**), con la que trabajará el ordenador (González *et al.*, 1996; Bushong, 1998; Hofer, 2001; Hermena *et al.*, 2021).

Distinguimos 2 tipos de detectores:

- Detectores de centelleo: son los predominantes en la actualidad dado su corto tiempo de desintegración, una cualidad muy importante relacionada con los tiempos de escaneo. Se fabrican con cristales como el tungstato de cadmio o materiales cerámicos como el oxisulfuro de gadolinio. Su funcionamiento se relaciona con la cualidad de estos materiales que les permite producir luz cuando una radiación ionizante interactúa con ellos (Schwarz *et al.*, 2011).
- Cámaras de ionización: son los menos utilizados, dada su baja capacidad de detección y los inconvenientes para fabricarlos en diseños de varias filas. En su mayoría rellenas de gas xenón a alta presión, basan su funcionamiento en la capacidad del gas para ionizarse al incidir radiación sobre él (Schwarz *et al.*, 2011).

El número de detectores de los equipos de tomografía computarizada ha variado a lo largo del tiempo, desde los primeros que incluían sólo 2 detectores, a los más modernos que poseen hasta 4500 (Hounsfield, 1973; Goldman, 2007).

-**Colimadores y filtros**; elementos de protección frente a los rayos x.

La adecuada calidad de la imagen puede verse alterada por determinados factores reducen la capacidad de la máquina para recomponer la imagen, como por ejemplo la radiación que no viaja en línea recta desde la fuente de rayos x hasta el detector con el que se encuentra alineado sino hacia otros detectores fuera de su trayectoria. Dichas alteraciones generan lo que se conoce como "ruido" de la imagen, reduciendo el contraste entre estructuras y dificultando la interpretación. Por ello es importante la colimación, ya que garantiza una buena calidad de imagen y la disminución de radiación innecesaria. De este modo se localizan colimadores pre-paciente (diafragma), o lo que es lo mismo

entre el paciente y el tubo, y colimadores post-paciente (rejilla), entre el paciente y los detectores. Los primeros dan forma al haz de rayos x permitiendo aplicarlo a una zona o región definida, mientras que los últimos mejoran el perfil de sensibilidad del corte al darle una forma más rectangular. Se fabrican con materiales muy absorbentes como el molibdeno (Schwarz *et al.*, 2011; Bushberg *et al.*, 2012).

La radiación x de baja energía contribuye a la dosis a que se expone al paciente y a la radiación dispersa, pero poco a la señal detectada. Es por ello que además se emplean filtros para eliminarla. Dichos filtros pueden ser planos o perfilados. Los filtros planos suelen ser de cobre o aluminio y se sitúan entre el tubo de rayos x y el paciente. Los filtros con forma están diseñados para atenuar la radiación fundamentalmente en su periferia, donde su espesor es mayor, y en su composición incluyen materiales como el teflón (Schwarz *et al.*, 2011; Bushberg *et al.*, 2012).

2. Sistema de procesamiento de datos, constituido en esencia por el ordenador.

-El **ordenador** es el encargado de reconstruir la imagen mediante cálculos matemáticos, partiendo de las señales digitales que a su vez proceden de las señales captadas por los detectores, como describimos anteriormente (González *et al.*, 1996; Bushong, 1998; Hofer, 2001).

3. Sistema de presentación y almacenamiento de datos, que comprende la mesa de trabajo y los discos ópticos, láser, magnéticos o cinta.

-La **mesa de trabajo** es la que se emplazan el teclado, la pantalla de visualización de las imágenes y, en definitiva, el equipo utilizado por el operador para manejar el ordenador y el propio equipo. En algunos casos se incluyen 2 consolas; una para operar el propio escáner de TC y configurar los parámetros de exploración, monitorizar dicha exploración y garantizar la seguridad del paciente, y otra para evaluar y modificar las imágenes obtenidas.

-Los **discos ópticos, láser o magnéticos**, en los que se almacenan las imágenes en formato digital para su posterior visualización (González *et al.*, 1996; Bushong, 1998; Hofer, 2001).

Todos estos componentes se emplazan en distintas zonas; un **área de exploración**, independiente del resto, aislada radiológicamente, y donde se encuentran el gantry con la camilla y el material y equipamiento médico necesarios; un **área de control**, desde donde se visualiza el área de exploración y que alberga, entre otros elementos, los controles del equipo para dirigir el procedimiento; y finalmente el **área donde se localiza el equipo informático** (Snopex, 1992).

II.6. Evolución de los equipos de tomografía; generaciones de tomógrafos.

Desde que en 1972 Godfrey Hounsfield publicara en la revista *British Journal of Radiology* la descripción de la técnica de tomografía computarizada, basándose en el desarrollo matemático llevado a cabo por el físico y cristalógrafo sudafricano Allan MacLeod Cormack, la evolución de este método de exploración y su impacto en el campo de la medicina han sido imparables (Cormack, 1963; Hounsfield, 1973; Bosch, 2004).

En el año 1973 se comercializó el primer equipo de tomografía con el nombre de EMI Mark I, desarrollado por la EMI Ltd y que contaba con una matriz de 80x80 píxeles y tardaba unas 9 horas en completar el examen de un cerebro humano (Hounsfield, 1980; Beckman, 2006). Los sucesores de este primer modelo han ido apareciendo con diversas mejoras, para tratar de reducir el tiempo del procedimiento y por tanto de radiación recibida por el paciente, todo ello sin perder calidad de imagen. A continuación describimos las diferentes generaciones de este tipo de equipos.

-Primera generación.

En este grupo se integran los primeros equipos construidos, siguiendo el modelo de Hounsfield. Los escáneres TC de primera generación utilizaban una única fuente de rayos X, que emitía un haz de rayos en forma lineal, y un único detector que estaba físicamente separado y en paralelo. Además se combinaba un movimiento de rotación-traslación de ambos elementos (Fig.7). Todo ello provocaba que fueran necesarios varios minutos para completar un sólo escaneo (aproximadamente 5 minutos), y sólo eran aptos para el estudio del cerebro. Además la matriz que utilizaban estos equipos era de 80x80 píxeles de 2,4 mm y una imagen de 3 bits, equivalente a 8 tonos de gris. (Hounsfield, 1973; Hernández *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1999; Brosted *et al.*, 2012; Bushberg, 2012).

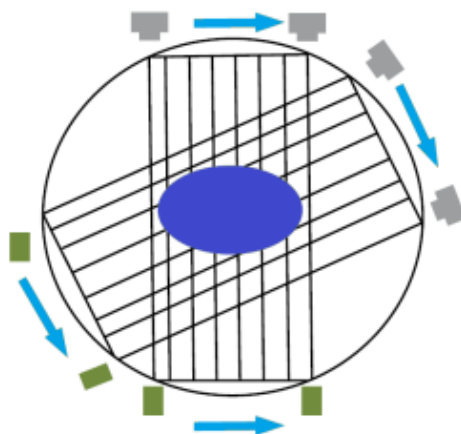


Figura 7. Representación esquemática de un tomógrafo de primera generación. Fuente: Rojo, 2020.

-Segunda generación.

Los tomógrafos de segunda generación también realizaban movimientos de traslación rotación pero gracias al uso de un mayor número de detectores (entorno a 30 y dispuestos linealmente) y la emisión de un haz de rayos en forma de abanico, eran capaces de completar el examen en menos tiempo (Fig.8). La matriz generada por estos equipos era de 160x160 (Kalender, 2006; Bushberg, 2012).

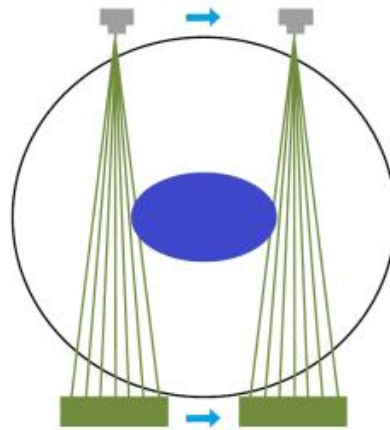


Figura 8. Representación esquemática de un tomógrafo de segunda generación. Fuente: Rojo, 2020.

-Tercera generación.

Con el fin de tratar de reducir los tiempos de escaneo la geometría de traslación-rotación fue eliminada, ya que los movimientos de traslación eran en gran medida los que ralentizaban el proceso. Así, en los tomógrafos de tercera generación el tubo de rayos x y el conjunto de detectores se encontraban fijos uno respecto a otro, rotando de forma simultánea (Fig.9). Además, en esta generación se amplió ángulo del haz, permitiendo escanear a todo el paciente. Sin embargo su gran inconveniente fue la presencia de los conocidos como artefactos de anillo, debido a la relación angular fija entre los detectores y la fuente de rayos x. Cabe destacar que la disposición curvilínea de los detectores y la colimación post-paciente permitieron mejorar la calidad de la imagen (Bushong, 1995; Schwarz *et al.*, 2011; Bushberg, 2012).

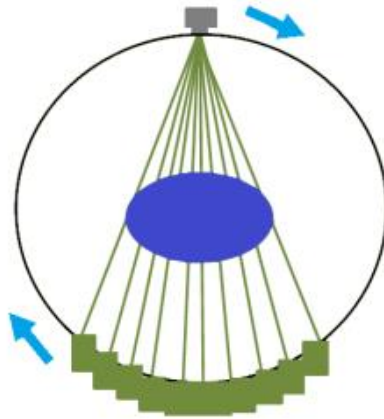


Figura 9. Representación esquemática de un tomógrafo de tercera generación. Fuente: Rojo, 2020.

-Cuarta generación.

En los equipos de cuarta generación se emplea la conocida como geometría rotatoria-estacionaria, es decir, el tubo de rayos x rota entorno al paciente pero el conjunto de detectores permanece fijo y dispuesto en forma de anillo (Fig.10). Pese a que se precisaba de un gran número de detectores, para cubrir 360°, este tipo de tomógrafos permitió eliminar los artefactos anulares. La mayor dosis de radiación recibida por el paciente fue otra de sus desventajas. Todo ello ha hecho que a nivel comercial esta generación no sea la predominante, sino la tercera, con algunas mejoras y gracias a la aparición de nuevos hardware y algoritmos que han perfeccionado sus resultados y aumentado sus prestaciones (Hsieh, 2009; Schwarz *et al.*, 2011; Bushberg, 2012; Rojo, 2020).

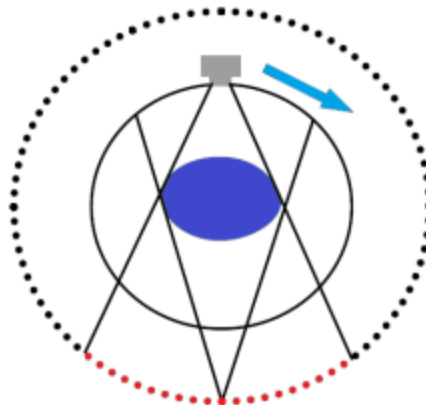


Figura 10. Representación esquemática de un tomógrafo de cuarta generación, con el anillo de detectores (en rojo los que se activan al ser irradiados). Fuente: Rojo, 2020.

La clasificación descrita por Schwarz (2011) y Bushberg (2012), incluye 4 generaciones de tomógrafos. Sin embargo a partir de la cuarta generación se han ido desarrollando innovaciones y mejoras de los equipos de TC, y algunos autores las agrupan en las sucesivas quinta, sexta y séptima generación (Ramírez *et al.*, 2008; Espitia *et al.*, 2016; Rojo, 2020).

-Quinta generación.

La quinta generación surgió con la aparición de la tomografía por haz de electrones (electron beam CT). Estos equipos, estacionarios, empleaban un haz de electrones que se disparaba hacia un objetivo semicircular de tungsteno. Se producían así fotones de rayos x, que tras atravesar al paciente, eran detectados por fotodiodos fijos. Inicialmente se emplearon para estudios cardíacos en su mayoría (Agatston *et al.*, 1990; Moshage *et al.*, 1995; Rumberger *et al.*, 1998; Kulkami *et al.*, 2021) y su uso ha sido limitado (Kalender, 2006).

-Sexta generación

La invención de la **tomografía en espiral (o helicoidal)** dio paso a la sexta generación, que recibe este nombre debido a la trayectoria que realiza el tubo de rayos x. Esta tecnología se basa en esa rotación continua del tubo de rayos x combinada con el desplazamiento del paciente a través del gantry. Se clasifican en corte único, doble corte o multicorte en función del número máximo de cortes, y permiten una velocidad de escaneo mucho mayor (Kalender *et al.*, 1990; Schwarz, 2011). Un concepto importante relacionado estrechamente con este tipo de equipos es el pitch, o lo que es lo mismo, la relación del movimiento del paciente a través del gantry (avance de la camilla) durante una rotación de 360° con respecto a la colimación del tubo (espesor de corte). Por tanto el pitch se expresa como una relación de esa distancia (d) en milímetros y el espesor (e) determinado por el colimador (Kalender, 2006; Ramírez *et al.*, 2008).

$$\text{Pitch} = d/e$$

-Séptima generación.

Los tomógrafos de sexta generación presentaban el inconveniente de que los tubos de rayos x podían sobrecalentarse si se deseaban realizar cortes más delgados. Surgieron así los equipos de séptima generación, conocidos como **multicorte o multidetectores** (MSCT, Multi-Slice Computed Tomography o MDCT, Multi-Detector Computed Tomography). Su principal característica es la presencia de varias líneas de detectores y la utilización de un haz en forma de cono (cone-beam). Se posibilita así reducir el número de rotaciones del tubo de

rayos x pese a emplear geometría de tercera generación (Goldman, 2008; Ramírez *et al.*, 2008; Schwarz, 2011).

II.7. Medios de contraste en TC.

El uso de contraste en tomografía computarizada es una técnica común para mejorar la visualización de ciertas estructuras anatómicas o alteraciones orgánicas (Fig.11). Este tipo de sustancias permiten no sólo realzar la diferencia entre los tejidos y órganos en la imagen, sino que además posibilitan valoraciones de la funcionalidad de dichos órganos y en particular, del sistema cardiovascular (Méndez *et al.*, 2010). Sin embargo, pese a que su uso está ampliamente extendido, no está exento de riesgos, pudiendo provocar reacciones adversas. Por ello si es necesario emplear estos compuestos se debe optar por aquellos que, generando los mínimos efectos secundarios, alcanzan la mayor concentración tisular (Thomsen *et al.*, 2006). La clasificación de los medios de contraste empleados en TC es diversa y puede basarse, por ejemplo, en el tipo de imagen que generan, la vía de administración o su composición. Desde el punto de vista químico destacan los medios de contraste yodados, por ser de los más utilizados en este campo. Se trata de sustancias generalmente administradas vía intravenosa, cuya molécula fundamental es el triyodinato de benceno (Prieto-Rayó *et al.*, 2014), y que a su vez, según su osmolalidad, se dividen en iónicos y no iónicos. Los nombres de algunos de los contrastes empleados son el ioxitalamato de meglumina o el ioxaglato de meglumina, como compuestos iónicos, y el iobitridol, ioversol o el iopamidol, agentes no iónicos estos últimos (Isolabella *et al.*, 2008).

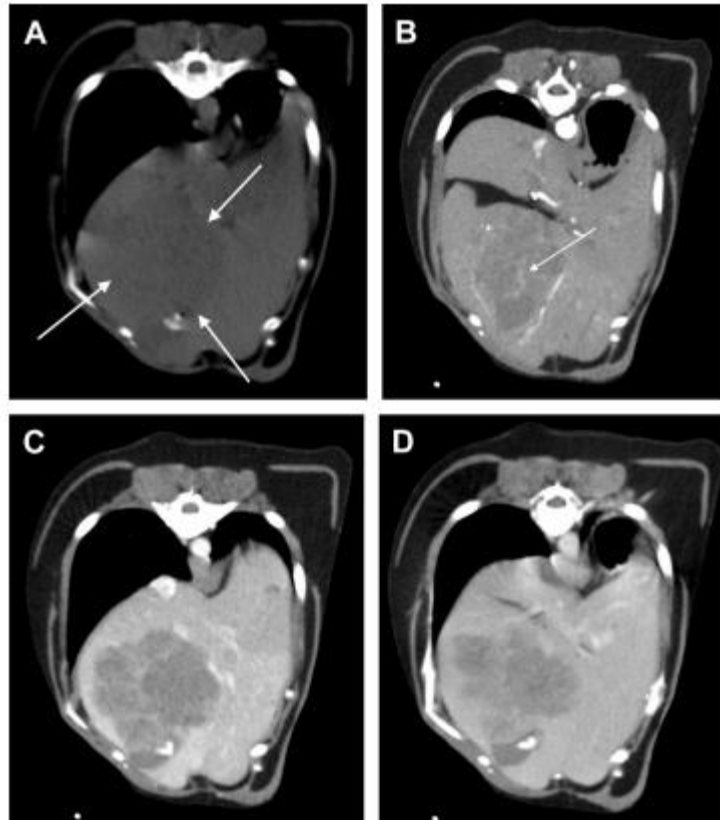


Figura 11. Imagen transversal de TC, sin contraste, del hígado de un perro con un carcinoma hepatocelular (A). Se observa zona hipoatenuante (flechas) a nivel ventral del hígado. Fases arterial (B), venosa (C) y retardada (D) tras la administración de contraste y en la que se visualiza con mayor detalle el tumor. Fuente: Marolf, 2017.

II.8. Artefactos en la imagen de TC.

Los artefactos constituyen alteraciones de la imagen que pueden interferir en una adecuada interpretación de la misma. En el caso específico de la TC, los artefactos aparecen cuando no existe una correspondencia entre la imagen reconstruida y los valores de atenuación reales de la región explorada. Diferenciamos entre los errores cuantitativos, que son aquellos no perceptibles, puesto que la imagen es normal, y que se vinculan con mediciones de atenuación incorrectas, y los cualitativos que provocan alteraciones evidentes de la imagen en forma de anillos, rayas o bandas blancas y negras superpuestas, entre otros (Al-Shakhrah *et al.*, 2003; Schwarz, 2011; Boas *et al.*, 2012)

Según su origen los artefactos en TC pueden clasificarse en 4 grandes tipos (Barrett *et al.*, 2004):

- **Artefactos relacionados con fenómenos físicos.**

- **Endurecimiento del haz de rayos.** Debido a que los fotones de menor energía del haz son absorbidos por la estructura que atraviesan, la energía media del haz aumenta. Se dice por ello que este se endurece. Además, según la homogeneidad de la sección que estén atravesando los rayos distinguimos entre *Cupping* (en objetos uniformes) y las rayas o bandas oscuras (en secciones muy heterogéneas). En resumen, se produce una modificación del perfil de atenuación y en consecuencia aparecen artefactos en la reconstrucción. Los tomógrafos actuales han permitido reducir considerablemente este tipo de alteraciones al poseer filtros metálicos en la salida del haz de rayos. También las correcciones matemáticas de la curva de atenuación se emplean como método para minimizar su aparición (Boas *et al.*, 2012; Dilleseger *et al.*, 2012).
- **Volumen parcial.** Se debe a la presencia de dos densidades diferentes dentro del espesor de un corte, dado que dentro de ese vóxel, la intensidad del píxel será un promedio de ambas. Por ello, se puede reducir este defecto realizando cortes más finos (Dilleseger *et al.*, 2012).
- **Photon Starvation.** La cantidad reducida de protones que llega a los detectores tras atravesar regiones muy atenuantes se manifiesta como rayas en la imagen. Se producen por tanto proyecciones muy ruidosas. En este caso se podría aumentar la corriente del tubo de rayos X, pero ello implicaría también un incremento de la dosis de radiación al paciente. Así, los distintos fabricantes han desarrollado alternativas para minimizar este tipo de artefacto (Barrett *et al.*, 2004).
- **Aliasing.** Estos artefactos, en el argot de diagnóstico por imagen, hacen referencia a una frecuencia de muestreo más baja de la necesaria, lo que da como resultado una pérdida de información. Aparecen como rayas finas que irradian desde el borde de una estructura densa (Schwarz, 2011).

➤ **Artefactos relacionados con el paciente.**

- **Artefactos de movimiento.** Aparecen debido por ejemplo a la respiración o el latido cardíaco. Se detectan en la imagen de formas diversas; como bandas blancas y negras, manchas, distorsión... Sincronizar los estudios con los movimientos involuntarios puede ser una alternativa (Tarver *et al.*, 1988; Hofer, 2008). En veterinaria estos procedimientos se realizan bajo sedación por lo que no suelen aparecer este tipo de artefactos como consecuencia de movimientos voluntarios.
- **Materiales metálicos.** La presencia de objetos metálicos, como prótesis metálicas, implantes quirúrgicos o dispositivos médicos similares dentro del cuerpo del paciente puede causar artefactos de atenuación, debido a la presencia de un halo de falsa absorción a su alrededor. En la imagen se manifiestan como bandas. Evitar estos artefactos en ocasiones es posible retirando el objeto metálico. De no ser así se puede aumentar la angulación del gantry y el número de proyecciones (Sartori *et al.*, 2015).

- **Proyección incompleta.** Se presenta cuando una región anatómica del paciente es escaneada pese a no estar en el área de interés. Se generan así artefactos debido a que el ordenador no dispone de suficientes datos para componer la imagen. La adecuada colocación del paciente es una de las opciones para evitar estos artefactos (Barrett *et al.*, 2004).

➤ **Artefactos relacionados con el tomógrafo.**

- **Artefactos de anillo.** Este tipo de alteración artefactual se produce cuando al menos uno de los detectores en un TC multidetector en espiral está descalibrado o fuera de lugar, de forma que genera una lectura errónea de la posición angular. Por ello resulta de vital importancia calibrar el equipo (Artul, 2013).
- **Artefactos helicoidales y multisección.** Esta última categoría de artefactos pueden producirse en el momento del proceso de reconstrucción de la imagen en este tipo de equipos (Veikutis *et al.*, 2015).

II.9. Estudios anatómicos mediante TC en medicina veterinaria.

En esta sección de la revisión bibliográfica realizaremos una recopilación de los trabajos más relevantes publicados en relación a la tomografía computarizada en medicina veterinaria, desde la introducción de estas técnicas en la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad, abarcando las referencias anatómicas. Con la finalidad de estructurar la información presentada en este apartado, lo dividiremos en secciones por especies o grupos animales y regiones anatómicas.

❖ **Carnívoros domésticos.**

Dentro de este grupo el **perro** (*Canis familiaris*) y el **gato** (*Felis silvestris catus*) acaparan la gran mayoría de referencias bibliográficas, dada su importancia en medicina veterinaria. Así, antes incluso de que Sir Godfrey Hounsfield publicara la descripción de su técnica en la década de 1970, encontramos los trabajos de Schlaaf en 1962, quien presenta las primeras secciones tomográficas de la región craneana del perro. Poco después, en 1964, aparece uno de los primeros artículos comparativos también del cráneo del perro, mediante TC y radiografía, elaborado por Finkgraf. Sin embargo, no es hasta la siguiente década cuando la técnica comienza a implantarse en medicina humana y paralelamente se desarrollan sus aplicaciones en medicina veterinaria. Destacan los trabajos descriptivos de Pozzi y Trucchi (1973) acerca del cráneo del perro. Además, en 1977, Hamond publica un atlas de

radiología y tomografía también de la cabeza del perro. Ya en la década de 1980 encontramos estudios de dicha región anatómica como los llevados a cabo por Zook *et al.*, quienes incluyeron además el cuello y emplearon cortes anatómicos, permitiendo un análisis más detallado. Aparecen hacia finales de esta década trabajos que constituyen una aproximación más completa a la anatomía canina mediante técnicas de TC. Debemos citar en este punto las aportaciones de Fazarinc *et al.* (1989), Ottesen *et al.* (1998) o Assheuer *et al.* (1997), este último combinando además, procedimientos de RM.

- **Cabeza y cavidades cefálicas.**

Son numerosas las fuentes que describen mediante imagen de TC la anatomía normal de la cabeza del perro y el gato. Así, encontramos por ejemplo las aportaciones de Kaufman *et al.* (1981), Fike *et al.* (1981a), o Tipold (1991), referentes a la anatomía cerebral del perro. Debemos considerar también los trabajos de Burk (1992), acerca de las fosas nasales del perro, y George *et al.* (1992) quienes estudian la cabeza y el cuello de perros mesaticefálicos mediante TC. En la especie felina merece especial mención un estudio de la cavidad nasal y senos paranasales elaborado en 1997 por Lasonsky *et al.*

Rycke *et al.* (2003), utilizan además de la TC la RM para el estudio de las cavidades nasales y los senos paranasales normales en perros mesaticefálicos. En el año 2005 destaca la publicación de un trabajo anatómico de Couturier *et al.* acerca de la topografía de los nervios craneales del perro. En el año 2009, Gomes *et al.*, realizan un estudio similar en gatos combinando técnicas de RM. También en 2005 Tyson *et al.* llevan a cabo un estudio descriptivo de la glándula pituitaria del gato, incluyendo mediciones de la misma.

Además de artículos, también encontramos diferentes libros. Así, en el año 2011 se publica el *Veterinary computed tomography*, en el que Schwarz y Saunders, además de abordar la técnica de la TC, aportan valiosa información gráfica acerca de la anatomía de las diferentes regiones corporales del perro y el gato. En 2014 Zwingenberger *et al.* publican una investigación acerca de las características en imágenes tomográficas de las glándulas lagrimales caninas normales. Debe ser mencionado también el atlas elaborado por Wisner *et al.* en 2015, combinando TC y RM en pequeños animales.

El uso de las nuevas tecnologías ha permitido asimismo, desarrollar nuevas herramientas como atlas interactivos. Este es el caso del módulo de anatomía veterinaria elaborado por

Micheau *et al.*, publicado en 2016 y disponible en versión online (IMAIOS), que incluye identificaciones anatómicas de imágenes de TC de la cabeza y el cráneo del perro (huesos del cráneo, cerebro, cara, senos paranasales, músculos de la cabeza).

Ya en 2018, se publica el libro *Veterinary diagnostic radiology* que incluye numerosas aportaciones a la normal anatomía de perros y gatos valorada mediante TC y otras técnicas de diagnóstico por imagen. En 2021, Abumandour *et al.*, llevaron a cabo un estudio de los cornetes nasales del perro pastor de Anatolia, utilizando para ello la TC junto con cortes anatómicos y microscopía electrónica.

Destacamos también la publicación en 2022 del Atlas of Normal Radiographic *Anatomy and Anatomic Variants in the Dog and Cat-E-Book* (Thrall *et al.*), que en una nueva edición, aún técnicas de TC y radiografía y aporta con imágenes de gran valor anatómico.

- **Cuello.**

Resulta interesante destacar que la mayoría de trabajos en relación a la TC del cuello no lo abordan de forma aislada, sino que lo integran junto con otras regiones anatómicas. Así, Fike *et al.* (1980) o George *et al.* (1992) realizan estudios mediante TC de anatomía de la cabeza y el cuello conjuntamente. Existen diversos trabajos acerca del estudio anatómico de órganos alojados en la región cervical tales como la glándula tiroides (Drost *et al.*, 2004; Taeymans *et al.*, 2008) o la tráquea (Kara *et al.*, 2004; Lim *et al.*, 2018), todos ellos en la especie canina. Otros trabajos destacados relacionados en el cuello son los de Rivero (2002), quien realizó un estudio del cuello, cavidad torácica y abdomen caudal mediante TC. Gómez *et al.* (2004), quienes realizaron venografía por tomografía computarizada del canal vertebral cervical en perros, el de Kneissl *et al.* (2007), combinando la TC con técnicas de plastinación para evaluar los linfonodos craneales y cervicales normales, el de Tobón *et al.* (2021), que mediante TC y ecografía evalúa la anatomía de los linfonodos de la cabeza, el cuello y las extremidades anteriores en gatos adultos sanos, o el de Belotta *et al.* (2022), centrado en la valoración de los linfonodos retrofaríngeos mandibulares y mediales en perros sanos.

- **Tórax.**

En esta sección destacamos los principales estudios morfoanatómicos del tórax, realizados empleando TC. Encontramos en 1992 una evaluación del parénquima pulmonar

acometida por Chen *et al.*, o en 1993 una detallada descripción anatómica del tórax elaborada por Smallwood *et al.* En esta misma década resultan destacables también las aportaciones de Wisner *et al.* (1995) a la localización de los linfonodos de esta región en el perro, o de Hoffman *et al.* también en 1995, aportando novedades acerca del parénquima pulmonar. Wood *et al.* (1995), en sus estudios, analizaron el árbol bronquial. Samii *et al.* en 1998 llevaron a cabo un estudio comparando la anatomía del tórax y abdomen del gato en imágenes de TC y en el cadáver. Ya en los 2000, aparecen trabajos como el de Rivero *et al.* (2005) que incluía imágenes de TC del tórax del perro comparándolas con cortes anatómicos. En 2007 ven la luz las investigaciones de Cardoso *et al.*, referentes a la anatomía pulmonar del perro, empleando un TC helicoidal y medios de contraste yodado.

En la segunda década del siglo XXI conviene señalar trabajos con el de Drees *et al.* (2011), acerca de la vasculatura coronaria canina, el de Rodríguez *et al.* (2014), de angiografía cardíaca por tomografía computarizada en gatos normales, o el de Iwasaki *et al.* (2016), evaluando los linfonodos esternales en perros sanos. En 2019 Panopoulos y su equipo realizan un estudio de las estructuras vasculares, bronquiales y pulmonares, felinas. También ese mismo año, Uehara *et al.* estudian las características anatómicas de los órganos intratorácicos (corazón, tráquea y bronquios) mediante tomografía computarizada en perros según su tamaño corporal, para determinar si el tamaño afecta a dichas características. Entre los estudios más recientes encontramos el de Smith *et al.* (2020), que aborda la valoración de los linfonodos intratorácicos presuntamente normales en la especie canina, o de Thammasiri *et al.* (2021) con una temática similar pero en gatos. Este mismo año 2023 ha sido publicado un trabajo de Wanglerm *et al.*, de evaluación tomográfica del tamaño del corazón en gatos sanos.

- **Abdomen.**

En lo que respecta a estudios centrados en la cavidad abdominal encontramos artículos relevantes a inicios de la década de 1990. Tal es el caso de los trabajos de Smallwood y George (1993), Voorhout *et al.* (1995) o Samii *et al.* (1998), los cuáles realizan una evaluación del abdomen en su conjunto. Anterior a ellos destaca un artículo publicado en 1980 por Rohde *et al.*, también

con una valoración global de la cavidad abdominal, y comparativa con el humano. Ya en 2004, Teixeira *et al.*, lleva a cabo estudios del abdomen canino con un TC de sexta generación, empleando medios de contraste orales y vasculares. Tres años más tarde en 2007, Teixeira y su equipo publican un nuevo estudio del abdomen canino utilizando en esta ocasión un TC helicoidal.

Por otra parte se publican diversos estudios referidos no al abdomen en su conjunto, sino a órganos abdominales concretos; en 1990 Voorhout publica un estudio del riñón y glándulas adrenales, combinando la TC con otras técnicas de imagen; Tiemessen (1992) y Kneissl *et al.* (1997) evalúan el hígado; en 2003 Bouma *et al.* realizan angiografía por tomografía computarizada en el riñón del gato. También Kneissl, en 2001, junto con Probst realiza un estudio acerca del páncreas canino, de forma similar a como harían en 2003 Head *et al.*, pero en el gato. El sistema linfático de la glándula mamaria también es objeto de estudio para Patsikas *et al.* en 2010.

En estudios hepáticos destacan también los trabajos de Zwingenberger *et al.* en 2004, quienes realizaron una angiografía de la vasculatura de este órgano, o el de Winter *et al.* (2005), que emplean una TC tridimensional, ambos en la especie canina. En 2006, Cáceres y su equipo acometen un estudio de angiografía pancreática en el perro. También Cáceres *et al.* (2008) realizan una caracterización de la anatomía vascular renal felina normal con angiografía por TC. En lo referente al bazo debemos mencionar el trabajo de Echandi *et al.* en 2007, que realizaron angiografía transesplénica en perros sanos, comparándola con la portografía.

Años más tarde, en 2013, Beukers *et al.* evalúan las características tomográficas de los linfonodos abdominales caninos. Al año siguiente, De Rycke *et al.* elaboran un atlas de TC que describe la vasculatura del abdomen craneal canino, empleando angiografía de doble fase. Posteriormente, en 2015, Al-Akraa *et al.* estudian el hígado felino mediante tomografía computarizada. En 2016, Hoey *et al.* y Gavrilas *et al.* realizan sendos estudios, los primeros para la medición por TC de los riñones en perros sin enfermedad renal, y los últimos para describir la anatomía del abdomen felino. Dos años más tarde, Secretst *et al.* evalúan mediante tomografía computarizada de triple fase el páncreas de gatos sanos, y Perlini *et al.* estudian los linfonodos abdominales también en la especie felina. En 2019

debemos resaltar el estudio de Darawiroj *et al.*, valorando la morfología del riñón del gato.

Más recientemente, en 2020 aparecen las publicaciones de Mallol *et al.*, caracterizando por TC las glándulas adrenales felinas, Kloer *et al.* estudiando la perfusión pancreática en perros, o la de Rojo *et al.*, que elabora un modelo vascular tridimensional del abdomen felino empleando secciones tomográficas.

En el año 2021, las referencias bibliográficas referidas al uso de la TC a nivel abdominal son diversas. Algunas de las más relevantes son las de Jang *et al.* (evaluación radiográfica y mediante TC del tamaño del bazo en gatos), Teodori *et al.* (valoración por TC de linfonodos abdominales caninos normales en relación al peso y edad del animal), Perfetti *et al.* (midiendo por TC las dimensiones de las adrenales en perros de raza grande), o Vermeire *et al.* (estudio descriptivo y comparativo del útero y ovario en perros sanos). Del pasado año destacan los trabajos publicados acerca de las dimensiones del riñón felino (Natsiopolulos *et al.*, 2022), la anatomía de los linfonodos abdominales, de pelvis y extremidades posteriores en el gato adulto (Tobón *et al.*, 2022), y la determinación del volumen renal canino junto la definición de valores de referencia normales empleando la TC (Ji *et al.*, 2022). Finalmente, en 2023, debemos mencionar autores como Holle *et al.*, con un trabajo acerca del tracto gastrointestinal normal en gatos, Kim *et al.*, quienes han elaborado una valoración tomográfica del tamaño del colédoco en perros normales, o Yoojin *et al.* (mediciones por tomografía computarizada del espesor pancreático en perros clínicamente normales).

▪ **Pelvis.**

Los estudios más completos referidos a la cavidad pelviana son los de Fike *et al.*, publicado en 1980, y el de Smallwood *et al.*, de 1993. A continuación referimos otros artículos relacionados con órganos o áreas específicas de la pelvis, que no la evalúan en su conjunto; deben ser mencionados estudios que tratan el aparato urinario, su funcionamiento y/o su irrigación, como los de Barthez *et al.* (1998), Rozear *et al.* (2003), Samii (2005), Granger *et al.* (2012), o Secrest *et al.* (2013). De manera más reciente destacan los trabajos de Dobak *et al.* (2018) realizando pelvimetría en bulldog inglés, de Ashtari *et al.* (2021), acerca de parámetros morfológicos de los músculos del diafragma pélvico del perro, o de El-gendy *et al.* (2021), constituyendo este último un estudio morfológico de la pelvis y perineo del perro mediante TC y

ecografía. Tobón *et al.* (2022), ya citados, abordan la anatomía de los linfonodos abdominales, pelvianos y de extremidades posteriores en el gato adulto.

- **Esqueleto axial.**

En lo relativo a la columna vertebral mencionaremos las principales aportaciones respecto a estudios anatómicos de TC en esta región. Así encontramos estudios de autores como Resnik *et al.* en 1983, Sande en 1992, Jones *et al.* en 1994, 1995a y 1995b, Feney *et al.* en 1996 o Adams en 1999. Destaca, por la especie elegida, el trabajo mediante TC llevado a cabo por Kneissl *et al.* para estudiar la columna vertebral del gato (1997).

Ya a comienzos de siglo, se publica el estudio de Axlund *et al.* (2003), de tomografía computarizada del disco intervertebral lumbosacro normal en el perro. Al año siguiente, en 2004, Dabanoglu *et al.* realizan un análisis morfométrico mediante TC de la columna torácica del pastor alemán. Por otro lado, Gómez *et al.* realizan sendos estudios acerca de la anatomía por tomografía computarizada del sistema venoso vertebral cervical canino (2004), y de venografía mediante TC del plexo venoso vertebral interno, el canal vertebral, el saco dural y el cuerpo vertebral en perros sanos (2005). Estudiando la misma especie, en 2009, Drees *et al.* publican un trabajo de la región cervical y lumbar.

En la segunda década del siglo XXI destacan otros autores como Cheon *et al.* (2018), con un estudio en el perro acerca de la arquitectura ósea vertebral mediante TC, Hartmann *et al.* (2020), que evaluaron mediante TC la musculatura paraespinal en perros condrodistróficos y no condroditróficos, o Ariete *et al.* (2021), que publicaron un estudio morfométrico mediante TC, del segmento lumbar del plexo venoso vertebral interno en perros. En 2022, Micheau elabora un módulo de anatomía veterinaria, disponible en versión online (IMAIOS), que incluye identificaciones anatómicas de imágenes de TC del cuerpo entero del perro

- **Esqueleto apendicular.**

En este apartado incluiremos los principales trabajos referidos a las extremidades, tanto anteriores como posteriores. Destacamos las publicaciones relacionadas con la articulación de la rodilla del perro elaborados por Samii *et al.* (2004), Soler *et al.* (2007) o Almeida *et al.* (2011). Respecto a la articulación del codo en

caninos, es estudiada por varios autores tales como Bree *et al.* (1996), De rycke *et al.* (2002) o Samii *et al.* (2002). Otras referencias vinculadas a las extremidades anteriores incluyen autores como Turan *et al.* (2003), quienes valoran la morfometría del canal carpiano en el perro, o Reis *et al.* (2013), que realizan artrografía por tomografía computarizada de contraste del hombro canino para evaluar la anatomía normal y efectos de la posición de las extremidades. Respecto a las extremidades traseras podemos citar a Gielen *et al.* (2001), que estudian la articulación del tarso, a Yilmaz *et al.* (2021), que acometen un análisis morfométrico y reconstrucción por tomografía computarizada tridimensional de los huesos largos de las regiones femoral y crural en gatos, y más recientemente a Besuden *et al.* (2022), que describen la venografía por tomografía computarizada de la anatomía normal del sistema venoso de las extremidades posteriores caninas. En 2012, Sunico *et al.* elaboran un atlas detallado de la musculatura del miembro posterior.

Como hemos mencionado en secciones anteriores Tobón *et al.* (2021, 2022) abordan la anatomía de los linfonodos de las extremidades anteriores y posteriores en el gato adulto, aunando TC y ecografía.

- **Órganos de los sentidos.**

En este apartado nos centraremos en los estudios referentes al globo ocular, la órbita y el oído. En relación al ojo y la órbita tenemos que mencionar los trabajos de Fike *et al.* (1984a) y Boroffka *et al.* (1999). Estudios más recientes son los de Salguero *et al.* (2015), que constituye un análisis morfométrico del ojo del perro mediante TC, de Chiwitt *et al.* (2017), analizando la biometría ocular en diferentes razas de perros, Chandrakumar *et al.* (2019), con diferentes mediciones mediante TC de estructuras intraoculares del gato, o de Taher *et al.* (2022), analizando las dimensiones intraoculares y de la órbita del perro.

En lo que al oído respecta merecen ser citados autores como Barthez *et al.*, que en 1996 publica un artículo anatómico mediante TC del oído medio, Russo *et al.* que en 2002 realizan un estudio similar incluyendo oído medio e interno, Defalque *et al.* (2005), que llevan a cabo mediante TC mediciones del volumen normal de la cavidad del oído medio en perros mesaticéfálicos, o Cole *et al.* (2007), que obtienen imágenes por tomografía computarizada con contraste del conducto auditivo en perros mesaticéfálicos. En 2008 Eom *et al.* realizan una otoscopia virtual del oído medio del perro. En 2023, Micheau *et al.* elaboran un

módulo de anatomía veterinaria, disponible en versión online (IMAIOS), que incluye identificaciones anatómicas del hueso temporal canino junto con el oído interno y medio.

❖ Ungulados domésticos

En este bloque incluimos los principales estudios de TC relacionados con los ungulados domésticos, tales como el caballo (*Equus ferus caballus*), los suidos (*Sus scrofa domestica*), la vaca (*Bos taurus*), la cabra (*Capra aegagrus hircus*), la oveja (*Ovis orientalis aries*) y el camello (*Camelus dromedarius*).

▪ Caballo.

La **cabeza** es una de las regiones que concentra la mayor parte de estudios anatómicos mediante tomografía computarizada en esta especie. Algunos de los más completos fueron los llevados a cabo por Dik en 1995, Morrow *et al.* en el 2000, Arencibia *et al.* también en el 2000, o Smallwood *et al.* en 2002. Asimismo destacan las aportaciones de Solano *et al.* (2004). Además de trabajos como los mencionados, encontramos otros parcelarios, que se centran en regiones como las trompas auditivas (Sasaki *et al.*, 1999; Marvá, 2001), el cerebro (Cabrera *et al.*, 2015), cráneo y nervios craneales (Gonçalves *et al.* 2015), cavidades nasales y senos paranasales (Probst *et al.*, 2005; De Zani *et al.*, 2010; Kaminsky *et al.*, 2016), e incluso la pituitaria (Mcklveen *et al.* 2003).

Otra de las regiones más relevantes desde el punto de vista anatómico, y en relación a la tomografía computarizada es el **esqueleto apendicular**. De este modo, encontramos diversas publicaciones referidas a la articulación de la rodilla, como las realizadas por autores como Trumble *et al.* (1994), Tietje *et al.* (1997), Samii *et al.* (2004) o Van Der Vekens *et al.* (2011). Otros estudios a nivel de las extremidades han sido publicados por Peterson *et al.* en 1988 (estudio mediante TC y secciones anatómicas de la porción distal de las extremidades anteriores del caballo), Kaser-Hotz *et al.* también en 1994 (estudio del carpo combinado con RM), Tomlinson *et al.* en 2003 (estudio del tarso mediante TC), Raes *et al.* en 2011 (también referido a la anatomía del tarso equino), o por Claerhoudt *et al.* en 2014 (valoración anatómica del casco por TC). Cabe destacar el desarrollo de modelos musculoesqueléticos de las extremidades del caballo a partir de imágenes de TC, tal y como realizaron Cheung *et al.* (1993) y posteriormente Zaruco *et al.* (2006).

La **región cervical** ha sido también estudiada empleando la TC, como atestiguan los trabajos de Sleutjens *et al.* (2014), acerca de la columna cervical, o de Hartl *et al.* (2021) sobre el aparato hioideo equino.

La **cavidad torácica** ha podido ser también evaluada, apareciendo referencias bibliográficas de estudios de TC del tórax de potros (Arencibia *et al.*, 2020) y el corazón (Vandecasteele *et al.*, 2019).

Respecto a los **órganos de los sentidos** encontramos algunos trabajos relacionados con el ojo y la órbita (D'Août *et al.*, 2015; Hollis *et al.*, 2019) y conducto auditivo externo óseo, la membrana timpánica y la bulla timpánica (Blanke *et al.*, 2016).

▪ **Suidos**

Las aportaciones anatómicas por TC en este tipo de **suidos** son escasas, y generalmente referidas a razas miniatura, comúnmente concebidas como mascota. De los primeros estudios al respecto resultan relevantes los de Todo *et al.* (1986), Probst *et al.* (1998) o Shryock *et al.* (1998). Posteriormente aparecen distintas publicaciones de autores como Hammond *et al.* (2016), que estudian la estructura pulmonar de cerdos miniatura de Yucatán, Petnehazy *et al.* (2021), que elaboran un atlas mediante TC y de RM del minicerdo de Pannon, o Nordbø *et al.* (2022), quienes estudian los órganos viscerales del cerdo.

▪ **Rumiantes domésticos**

En este apartado haremos una relación de los principales trabajos anatómicos mediante TC que implican a los ruminantes domésticos, fundamentalmente la vaca, la oveja, la cabra y el camello.

Respecto a los **pequeños rumiantes** debemos mencionar algunos estudios relevantes de finales del siglo XX tales como los realizados por Smallwood *et al.* en 1982, quienes estudiaron el tórax de cabras nubias, por Chen *et al.* en 1992, acerca del pulmón de la oveja o por Arencibia *et al.* en 1992 y 1997, evaluando la anatomía de la cabra de raza canaria. Ya en el 2000, y en la misma especie y raza, González-Romano *et al.* realizan un estudio morfológico de la glándula mamaria combinando TC, radiografía e histología. En esta misma década encontramos el trabajo de Alsafy *et al.* (2008), estudiando el tórax caprino. En años posteriores debemos citar autores como Braun *et al.*, con un estudio publicado en 2011 referente al abdomen de la cabra de raza saanen, Ohlerth *et al.*, que en 2012 presentaron

un estudio del tórax de la cabra mediante TC, Shojaei *et al.* (2012), quienes valoraron la anatomía tomográfica de los vasos de la cavidad torácica en la cabra rayini, o Mageed *et al.* con un trabajo de 2013 acerca de las vértebras toracolumbares de la oveja.

Más recientemente, debemos resaltar las contribuciones al estudio de la anatomía de los pequeños rumiantes realizados por Pankowski *et al.* en 2021 (aspecto por TC y mediciones de la glándula tiroidea normal en cabras), Roels *et al.* en 2022 (análisis morfométrico de las vértebras toracolumbares en cabras mediante tomografía computarizada), Masoudifard *et al.* también en 2022 (anatomía por TC de la cabeza en la oveja de Île de France), o Vajhi *et al.* en 2023 (tomografía Computarizada Normal y Estudio Radiográfico de la Cavidad Nasal y Senos Parasales en Ovino Shal).

La bibliografía existente vinculada al estudio de la anatomía de la **vaca** mediante TC no es tan rica. Así destacamos los trabajos de Raji *et al.* (2008), valorando la anatomía transversal normal del dedo bovino, o Hagag *et al.* (2022), combinando la RM y la TC para estudiar el carpo bovino. Más actual incluso, es la publicación de Turgut *et al.* de 2023, que aborda la anatomía transversal de los senos parasales en la vaca Holstein mediante TC.

Resulta llamativa la abundancia de estudios mediante TC planteados en torno a la anatomía del **camello**, vinculada probablemente, a su importancia económica y cultural en determinados países de nuestro entorno. Entre los más actuales merecen ser nombrados autores como Arencibia *et al.* (2012), Alsafy *et al.* (2014), Badany *et al.* (2016), Ben *et al.* (2019), Emam *et al.* (2020), Ben Khalifa *et al.* (2021), o El-Gendy *et al.* (2022), este último realizó junto a su equipo la reconstrucción por tomografía computarizada en 3D de los huesos y arterias del dedo posterior del camello.

❖ **Animales exóticos y de vida libre**

Son diversos los estudios de tomografía computarizada, y numerosas las especies sobre las que se han realizado, por lo que mencionaremos únicamente los más destacados. Dentro de esta miscelánea encontramos autores como Chen *et al.* (1992), que estudiaron el tejido pulmonar del **conejo** (*Oryctolagus cuniculus*), o Chesney *et al.* (1998), que estudiaron a la **chinchilla** (*Chinchilla*). Merece ser nombrado un trabajo de 2009 de Zotti *et al.*, en el que se evalúa la anatomía transversal del cuello y tronco del conejo. En esta misma especie, en

2010, Van Caelenberg *et al.* estudian la cabeza, mientras que Pees *et al.* realizan una valoración de la vejiga natatoria de la **carpa** (*Cyprinus carpio*). Cuatro años más tarde, en 2014, Ivančić *et al.* describen el tórax del **delfín nariz de botella** (*Tursiops truncatus*).

En años posteriores diferentes autores publican trabajos relacionados con lagomorfos y roedores, debiendo citar a Müllhaupt *et al.* (2017) con un estudio del tórax del conejo, Doss *et al.* (2017) con otra publicación relacionada con el tamaño del corazón de la chinchilla, o Chen *et al.* (2018), quienes estudiaron el cerebro de roedores. En 2019 destaca un trabajo de Arencibia *et al.* sobre la articulación tarsal del **tigre de Bengala** (*Panthera tigris tigris*). Mucho más recientes son las aportaciones de Mahdy *et al.* (2020), respecto a la cabeza del **zorro** (*Vulpes vulpes*), de Jania *et al.* (2021) en relación al hígado del **guepardo sudafricano** (*Acinonyx jubatus*), de Farha *et al.* (2021) sobre la cabeza del **oso hormiguero gigante** (*Myrmecophaga tridactyla*), de Mahdy *et al.* (2022) evaluando la cabeza de la **cobaya** (*Cavia porcellus*), e incluso este mismo año de Zehtabvar *et al.* acerca del aparato respiratorio de la misma especie.

Los estudios anatómicos en **reptiles**, empleando la TC, han sufrido un incremento en número en las últimas décadas. Destacan los trabajos relativos a la anatomía de las serpientes, tales como el de Pees *et al.* (2007), relativo al estudio de los pulmones de pitones indias (*Python molurus*), o también de Pees *et al.* (2008), otra publicación acerca de la anatomía pulmonar de otras especies de serpientes como la *Python regius*, *Boa constrictor*, *Python reticulatus*, *Morelia viridis*, *Epicrates cenchria*, o *Morelia spilota*. Posteriormente, en 2011, Banzato *et al.* publican un estudio comparativo de la anatomía de la cabeza de la *Boa constrictor* combinando la evaluación del propio cadáver, radiografía, y TC. Al año siguiente, Zulim *et al.* (2012), elaboran un trabajo descriptivo sobre el hígado de la misma especie, empleando ecografía y tomografía computarizada. Mencionar también el interesante artículo de Souza *et al.*, (2015) acerca de la anatomía macroscópica, histología y micro-TC del sistema lagrimal de una pitón real (*Python regius*) y ejemplares de otras diez especies. Más recientes son las publicaciones de De Souza *et al.* (2018), en relación a la normal anatomía de la boa adulta (*Boa constrictor*), o de Gascho *et al.* (2020), que combinan el TC y la RM en la valoración de una boa grávida.

Las tortugas también han sido objeto de trabajos anatómicos mediante TC. Así debemos mencionar autores como Arencibia *et al.* (2005; 2006), con sendos trabajos acerca de la anatomía de la cabeza de la tortuga boba (*Caretta caretta*) mediante TC, o Valente *et al.*, que en 2007, estudiaron por tomografía computarizada la columna vertebral y cavidad celómica de la misma especie. Por otra parte, Sochorcová *et al.* (2017) realizaron un estudio acerca de la TC en tortugas de orejas rojas

(*Trachemys scripta elegans*), empleando medios de contraste. Entre los estudios más recientes respecto a la anatomía de estos animales encontramos los Polanco *et al.* (2020), Yamaguchi *et al.* (2020), Andrade *et al.* (2023), o de Mohamad *et al.* (2023), elaborando, estos últimos, una descripción anatómica del cráneo de tortuga boba (*Caretta caretta*), y también de la iguana verde (*Iguana iguana*), mediante reconstrucción tridimensional por tomografía computarizada e imágenes de proyección de máxima intensidad.

Otros estudios similares han sido llevados a cabo en diferentes tipos de reptiles; Banzato *et al.* (2013) evalúan mediante TC la cavidad celómica de la iguana verde (*Iguana iguana*), el tegu blanco y negro (*Tupinambis merrianae*) y el dragón barbudo (*Pogona vitticeps*); Nardini *et al.* (2014) estudian el parénquima hepático y la perfusión mediante tomografía computarizada dinámica con contraste y ecografía con contraste en iguanas verdes cautivas; Palci *et al.* (2020) analizan la diversidad morfológica del hueso cuadrado en reptiles escamosos por tomografía computarizada; Pérez *et al.* (2021) elaboran sendos trabajos, uno acerca de la estructura craneal del dragón de Komodo (*Varanus komodoensis*), y otro sobre la comparativa del cráneo de esta especie y el de la iguana verde, ambos empleando la TC. Este mismo año han sido publicados otros trabajos relacionados con la anatomía tomográfica de los reptiles, como es el caso del de González Rodríguez *et al.* (2023), que describen la anatomía de la cabeza de la iguana cornuda (*Cyclura cornuta cornuta*) combinando cortes anatómicos, TC y RM, o el de Melero *et al.* (2023), que estudian la cavidad celómica en camaleones velados (*Chamaeleo calyptratus*) y camaleones pantera (*Furcifer pardalis*) sanos. Para resaltar las múltiples posibilidades que brinda la TC, mencionaremos los estudios anatómicos realizados en reptiles extintos por autores como Gardner *et al.* (2010) o Sethapanichsakul *et al.* (2023). Finalmente citar también el trabajo de Fumero-Hernández *et al.* (2023), que llevan a cabo un análisis morfobiométrico del ojo y estructuras asociadas como el anillo esclerótico, además de la órbita, empleando la TC.

En las **aves**, los estudios anatómicos mediante TC son en su mayoría parcelarios, y abordan órganos o regiones anatómicas concretas tales como el corazón, la cabeza, el aparato locomotor o el sistema respiratorio entre otros.

En lo relativo a los artículos específicos son más numerosos aquellos vinculados al estudio de la cabeza y las cavidades cefálicas. Entre los primeros autores destacan Antinoff *et al.* (1996), quienes estudian la correlación entre la TC y la anatomía del seno en las psitácidas. Ya en la primera década del siglo XXI, encontramos las portaciones de Holliday *et al.* (2006) en relación a la anatomía vascular cefálica en flamencos (*Phoenicopterus ruber*) basada en novedosas inyecciones vasculares y

análisis de imágenes por tomografía computarizada. Años más tarde, en 2012, encontramos una publicación de Seki *et al.* (2012) en la que valoran por micro-TC el pico del tucán (*Ramphastos toco*). En 2014, Quayle *et al.* abordan con un enfoque tridimensional interactivo la descripción anatómica de la musculatura de la mandíbula del cucaburra risueño australiano (*Dacelo novaeguineae*), y al año siguiente, Jirak *et al.* (2015) realizan un estudio combinado de RM y TC para analizar de forma cuantitativa el cerebro de una muestra de faisanes anillados (*Phasianus colchicus*) y tratar de determinar su tamaño en relación al sexo del animal. Veladiano *et al.* (2016) evalúan mediante tomografía computarizada las cabezas de tres especies de aves, incluyendo guacamayos azules y dorados (*Ara ararauna*), loros grises africanos (*Psittacus erithacus*) y periquitos monje (*Myiopsitta monachus*), y elaboran un atlas completo de la anatomía normal de la cabeza de dichas especies. Por otro lado, la paloma bravía o paloma común (*Columba livia*) es en 2019, objeto de estudio de Jones *et al.*, quienes presentan la que hasta el momento es la primera disección digital tridimensional de la cabeza de la paloma, basada en un conjunto de datos de tomografía computarizada con contraste logrado utilizando yoduro de potasio. Destacamos en 2020 un interesante estudio en pingüinos hada (*Eudyptula minor*), endémicos de Australia y Nueva Zelanda, acerca de su anatomía orbitaria por micro-tomografía computarizada (microTC), elaborado por Hadden *et al.* Entre las publicaciones más recientes relativas a la cabeza de las aves encontramos otro artículo de Faillace *et al.* (2021) acometen un completo estudio de la anatomía macroscópica y mediante imagen de TC de la cabeza del loro amazónico de frente azul (*Amazona aestiva*), o el de Hadden *et al.* (2022), que ilustra la anatomía de la cabeza del pingüino por medio de microTC. Citar también un trabajo de Hwang *et al.* (2021) acerca de las características morfobiométricas del ojo del buitre negro (*Aegypius monachus*), por tomografía computarizada.

El aparato respiratorio aviar ha sido igualmente tratado en distintos trabajos como es el caso del de Krautwald-Junghanns *et al.* (1992), que emplean la radiología combinada con la TC para valorar el tracto respiratorio en psitácidas. Este mismo grupo de investigadores publican dos importantes trabajos en 1998; uno en relación a la morfometría asistida por TC en comparación con molde de caucho de silicona del tracto respiratorio inferior en amazonas sanas (género *Amazona*) y loros grises (género *Psittacus*), y otro en el que examinan el tracto respiratorio inferior de las variedades *Psittacines* y *Amazoniae* mediante TC. Ese mismo año, Pepperberg *et al.* contribuyen al conocimiento anatómico del loro gris (*Psittacus erithacus*) con mediciones de la tráquea llevadas a cabo mediante resonancia magnética, disección y tomografía computarizada. Más recientes son los artículos de da Silva *et al.* (2020),

que realizan radiografía y tomografía computarizada del corazón y vías respiratorias inferiores en tucanes toco (*Ramphastos toco*), o Lawson *et al.* (2021) en relación a la anatomía y asimetría del árbol bronquial del loro gris africano (*Psittacus erithacus*) por micro-TC.

Diferentes grupos de investigadores han abordado también el estudio de la vasculatura de las aves. Encontramos entre ellos a Romvári *et al.* (2004) que caracterizan de manera no invasiva, mediante la aplicación combinada de la TC y la RM dinámica, el rendimiento del corazón de pavo (*Meleagris gallopavo*) y su relación con el volumen del músculo esquelético. Ya en 2011 Beaufrère *et al.* estiman el diámetro arterial intratorácico mediante angiografía por tomografía computarizada en loros amazónicos de la Española. En 2015 Lee *et al.* valoran el realce y diámetro de las arterias principales del loro gris africano (*Psittacus erithacus*) mediante angiografía con TC, y tres años más tarde, Yu *et al.* (2018) realizan un trabajo similar, en la misma especie, y valorando distintos protocolos de angiografía. Por otra parte, Dos Santos *et al.* (2020) evalúan los parámetros cardíacos radiográficos y tomográficos, incluido el ancho y la longitud del corazón, y la relación entre el ancho del corazón y el ancho del celoma de 35 loros amazónicos de frente azul (*Amazona aestiva*), con diferentes condiciones corporales.

Resaltar un trabajo de 2005, realizado por Locsmándi *et al.*, que incluye estudios in vivo sobre el desarrollo del hígado de ganso mediante tomografía computarizada, siendo el único específico vinculado a la anatomía de este órgano.

El sistema musculoesquelético de las aves es el tema central de los artículos de Fajardo *et al.* (2007), que evalúan con micro-CT el efecto de la neumatización en el hueso cortical y trabecular vertebral mediante la extracción virtual y cuantificación estructural de cada tipo de tejido en anátidas, Gamble (2007), referente a la anatomía interna del casco de cálao descrita mediante radiografía, radiografía de contraste y tomografía computarizada, Bribiesca-Contreras *et al.* (2017), quienes valoran con micro-TC la anatomía tridimensional de la extremidad anterior del gavilán (*Accipiter nisus*) empleando contraste, o Green *et al.* (2021), que realizan una descripción osteológica de la ontogenia del casco en el casuario del sur (*Casuaris casuaris*) mediante imágenes por micro-CT. Debemos mencionar que son varios los autores, como Andrassy-Baka *et al.* (1999), que utilizan la TC para el estudio de la musculatura en aves, pero al ser este un enfoque productivo, no lo incluiremos en esta revisión.

Finalmente mencionaremos los diferentes artículos que estudian la anatomía aviar de una forma menos concreta. En primer lugar destacamos, por ser el primero de este tipo, el trabajo de Orosz *et al.* (1992), que proporciona una completa referencia de la anatomía tomográfica del águila real (*Aquila chrysaetos*), empleando además

cortes anatómicos. Al año siguiente, Love *et al.* (1993) estudian la anatomía normal del loro gris africano (*Psittacus erithacus*) mediante TC. Varios años más tarde, en 2011, aparece el libro ``Veterinary Computed Tomography'' (Schwarz *et al.*, 2011), con un capítulo escrito por Gumpenberger en el que se aportan diferentes imágenes de TC de diversas aves y se describe su anatomía. Al siguiente año se publica el artículo de Petnehazy *et al.* (2012) en relación a la anatomía por TC de la cavidad toracoabdominal del pavo macho (*Meleagris gallopavo*). En 2014, Lautenschlager *et al.* realizan disección digital por utiliza tomografía computarizada con contraste para dilucidar la anatomía de los tejidos duros y blandos en el ratonero común (*Buteo buteo*). Dos años después debemos citar los artículos de Luk (2016), que describe la anatomía de la ninfa (*Nymphicus hollandicus*) usando tomografía computarizada helicoidal, y de Veladiano *et al.* (2016), con un completo trabajo que recoge las características de TC normales y valores de referencia para la cavidad celómica en loros domésticos (guacamayo azul y dorado (*Ara ararauna*), loro gris africano (*Psittacus erithacus*) y perico monje (*Myiopsitta monachus*). Entre los últimos autores en realizar estudios de este tipo encontramos a Abraham *et al.* (2023), que valoran mediante TC y RM la cavidad celómica en patos Pekín (*Anas platyrhynchos domesticus*).

II.10. Estudios clínicos mediante TC en medicina veterinaria.

En este subapartado abordaremos las principales aplicaciones clínicas de la TC recogidas en la bibliografía, agrupándolas en las mismas regiones anatómicas empleadas en la sección anterior. Cabe destacar que los estudios de tomografía computarizada en veterinaria se centran, fundamentalmente, en el diagnóstico de diversas enfermedades, aunque también en su tratamiento y seguimiento.

❖ **Carnívoros domésticos.**

▪ **Cabeza y cavidades cefálicas.**

Respecto al empleo de la TC en patologías relacionadas con la cabeza, encontramos una nutrida relación de estudios de neoplasias a nivel nasal, de la cavidad oral, del cerebro o del cráneo entre otros, destacando autores tales como Lecouteur *et al.*, 1981; Thrall *et al.*, 1989; Park *et al.*, 1992; Iwamoto *et al.*, 1993; Whelan *et al.*, 1998, quienes emplearon un modelo canino para estudiar el glioma, Hathcock *et al.*, 2000; Bergman *et al.*, 2000; Fuchs *et al.*, 2001; Vernau *et al.*, 2001; Fuchs *et al.* 2003; Kafka *et al.*, 2004; Polizopoulou *et al.*, 2004; Tomek *et al.*, 2006; Hernández-Guerra *et al.*, 2007; Mercier *et al.*, 2007; Adams *et al.*,

2009; Drees *et al.*, 2009; Parker *et al.*, 2010; Martín-Vaquero *et al.*, 2011; Soukup *et al.*, 2013; Karli *et al.*, 2013; Nagel *et al.*, 2013; Blackwood *et al.*, 2013; Finck *et al.*, 2015; Stadler *et al.*, 2017 o Lojarczyk *et al.*, 2021 entre otros. Además de utilizarse para el diagnóstico únicamente por imagen existen estudios que combinan la imagen con otras técnicas como la biopsia (Moissonnier *et al.*, 2002).

Además la TC ha contribuido en el estudio de diversas patologías cerebrales tales como la hidrocefalia (Henninger *et al.*, 1994; Kay *et al.*, 1986; Legrand *et al.*, 1986; Thomas, 1999; Nykamp *et al.*, 2001), infartación (Paul *et al.*, 2010), ischemia o hemorragias a este nivel (Arnold *et al.*, 2020).

De igual manera esta técnica ha sido empleada en otro tipo de procesos patológicos en la cabeza, como infecciones fúngicas (Saunders *et al.*, 2002; Saunders *et al.*, 2003a; Saunders *et al.*, 2004; Karnik *et al.*, 2009; Barrs *et al.*, 2014), alteraciones de la cavidad nasal (Burk *et al.*, 1992; Saunders *et al.*, 2003b; Lefebvre *et al.*, 2005; Tromblee *et al.*, 2006; Fernnanda de Assis *et al.*, 2015; Nemanic *et al.*, 2015; Lamb *et al.*, 2016; Bouyssou *et al.*, 2021), afecciones articulares, principalmente de la articulación temporomandibular (Beam *et al.*, 2007; Soukup *et al.*, 2009; Arzi *et al.*, 2013; McKay *et al.*, 2021; Novales *et al.*, 2023), diagnóstico de cuerpos extraños (Vansteenkiste *et al.*, 2014; Moreno-Aguado *et al.*, 2020), y desórdenes de la cavidad oral y los dientes (Gendler *et al.*, 2010; Campbell *et al.*, 2016). También ha demostrado su utilidad en el abordaje diagnóstico de fracturas y procesos traumáticos a nivel craneoencefálico (Platt *et al.*, 2002; Bar-Am *et al.*, 2008; Wunderlin *et al.*, 2012; Chai *et al.*, 2017; Knight *et al.*, 2019; Amengual-Batle *et al.*, 2020; Wyatt *et al.*, 2021).

Además, se han estudiado otros procesos patológicos de diversa índole utilizando la tomografía computarizada en animales carnívoros. Entre estos procesos se incluyen afecciones como el hiperadrenocorticismismo hipofisario (Emms *et al.*, 1986; Voorhout, 1988a; Voorhout *et al.*, 1988b; Widmer *et al.*, 1995; Kooistra *et al.*, 1997; Corgozinho *et al.*, 2010) o abscesos y quistes intracraneales (Thrall, 1989; Bilderback *et al.*, 2009). Finalmente destacar que la TC ha resultado de utilidad también en el diagnóstico histopatológico de alteraciones a nivel cerebral, mediante la toma de biopsias (Moissonnier *et al.*, 2000; Giroux *et al.*, 2002).

- **Cuello.**

Diferentes trabajos aplican las técnicas de diagnóstico por imagen mediante TC al espacio visceral del cuello. La temática de dichos estudios es diversa, abordando aspectos relacionados con anomalías de la vasculatura (Fife *et al.*, 2003; Bertolini *et al.*, 2006), de determinadas alteraciones en estructuras como el aparato hioideo (Kang *et al.*, 2008), o de metástasis tumorales a nivel de los linfonodos del cuello (Ballegeer *et al.*, 2010; Skinner *et al.*, 2018).

Debemos resaltar a un importante grupo de autores que han estudiado mediante TC patologías, fundamentalmente de origen neoplásico, en la glándula tiroides, como es el caso de Taeymans *et al.* (2013), Bertolini *et al.* (2017) o Maurin *et al.* (2019). Las patologías que afectan a la tráquea también han sido valoradas con este método; así destacando a otros autores como Yu *et al.* (2010), Stadler *et al.* (2011) o Heng *et al.* (2018). Respecto a la laringe mencionar el trabajo de Francis *et al.* (2008), que diagnostican un colapso laríngeo secundario a una fractura del cartílago cricoides. En lo relativo al esófago y la faringe señalar que en 2012, Park *et al.* describen las características de un divertículo esofágico mediante tomografía computarizada y reconstrucción tridimensional en un perro maltés, y posteriormente, en 2015 Carozzi *et al.*, evalúan las características tomográficas de diferentes neoplasias faríngeas en 25 perros.

- **Tórax.**

En relación a los trabajos que abordan las patologías de la cavidad torácica destacar autores relacionados con el estudio de enfermedades cardíacas y alteraciones de las coronarias como Rishniw *et al.* (1992), o más recientemente, Lei *et al.* (2015), Laborda-Vidal *et al.* (2016), Kim *et al.* (2016), Vititoe *et al.* (2018), Stieger-Vanegas *et al.* (2019), To *et al.* (2019), Novo Matos *et al.* (2020), o Kim *et al.* (2023). Otro grupo de investigadores relevantes son los relacionados con trabajos sobre neoplasias pulmonares; así encontramos a Tidwell *et al.* (1992), Spann *et al.* (1998), Waters *et al.* (1998), Schwarz *et al.* (1999), Marolf *et al.* (2011), Keenihan *et al.* (2013), Tatiana *et al.* (2010), Aarsvold *et al.* (2015), Iwasaki *et al.* (2018), o Able *et al.* (2021). Otro tipo de neoplasias a nivel torácico también han sido valoradas mediante TC (Yoon *et al.*, 1999; Essman *et al.*, 2002; Schuller *et al.*, 2005; Scherrer *et al.*, 2008; Ballegeer *et al.*, 2010; Eberle *et al.*, 2011; Tsai *et al.*, 2012; Morris *et al.*, 2013; Travetti *et al.*, 2013).

La fibrosis pulmonar en el gato (Hahn *et al.*, 2018; Duffy *et al.*, 2020; Stavri *et al.* 2021), parasitosis por vermes pulmonares (Payo-Puente *et al.*, 2005; Dennler *et al.*, 2013; Dillon *et al.*, 2013; Dillon *et al.*, 2014; Panopoulos *et al.*, 2018), la presencia de cuerpos extraños y sus complicaciones asociadas (Schultz *et al.*, 2008; Baudin *et al.*, 2020), y diferentes alteraciones anatómicas (Henjes *et al.*, 2011; Lamb *et al.*, 2016; Stieger-Vanegas *et al.*, 2019; Sebastian-Marcos *et al.*, 2019; Schorn *et al.*, 2021; Komsta *et al.*, 2022) también han sido objeto de análisis mediante TC.

Estudios menos comunes, y por ello relevantes, son los de Walker *et al.* (2005) que describe lesiones pulmonares en el perro secundarias a un shock anafiláctico, y los llevados a cabo por Caron-Poitreau (1980) y Burk (1991), analizando procesos patológicos a nivel de los pilares diafragmáticos.

Otro tipo de estudios presentes en la bibliografía son los referentes a las torsiones de lóbulos pulmonares llevadas a cabo por autores como Guglielmini *et al.* (2007), Seiler *et al.* (2008), Schultz *et al.* (2009), Tamburro *et al.* (2011), Caivano *et al.* (2016), Coady *et al.* (2020), Tindale *et al.* (2022).

Resultan también interesantes los trabajos relacionados con efusiones a nivel de diferentes cavidades torácicas (Scollan *et al.*, 2015; Watton *et al.*, 2017; Ho *et al.*, 2019; Reetz *et al.*, 2019; Briola *et al.*, 2019; Chiang *et al.*, 2022; Tran *et al.*, 2023), o los vinculados a patologías torácicas de diversa índole (Henninger *et al.*, 2003; Prather *et al.*, 2005; Кемельман *et al.*, 2019; Masseur *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2022), como la broncolitiasis.

▪ **Abdomen.**

Son numerosos los trabajos relativos a patologías abdominales en las que ha sido de utilidad la TC, entre otras cosas, por los diversos órganos y estructuras alojados en el abdomen. Así encontramos autores como Fife *et al.* (2004), que estudian patologías esplénicas, Pey *et al.* (2015), Lim *et al.* (2018), Testault *et al.* (2021), Kwon *et al.* (2022), valorando afecciones del aparato urinario, o Lamb *et al.* (1999), Minitier *et al.* (2019) y White *et al.* (2020), con publicaciones referidas a alteraciones gastrointestinales.

Debemos mencionar que existe una amplia relación de trabajos sobre procesos neoplásicos (Bailey *et al.*, 1986; Yamazoe *et al.*, 1994; Moe *et al.*, 1997; Nell *et al.*, 1998; Rosenstein *et al.*, 2000; Tanabe *et al.*, 2005; Iseri *et al.*, 2007; Morandi *et al.*, 2007; Hammond *et al.*, 2008; Mai *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2010;

Fukushima *et al.*, 2012; Kutura *et al.*, 2014; Vanderperren *et al.*, 2014; Hughes *et al.*, 2019; Tanaka *et al.*, 2019; Zuercher *et al.*, 2021; Tanaka *et al.*, 2022; De Magistris *et al.*, 2023) y patologías pancreáticas (Spillmann *et al.*, 2000; Jaeger *et al.*, 2003; Head *et al.*, 2005; Adrian *et al.*, 2015; Frech *et al.*, 2019; French *et al.*, 2020; Park *et al.*, 2020; Jang *et al.*, 2022; von Stade *et al.*, 2023). También se han hecho diferentes publicaciones vinculadas al estudio de alteraciones endocrinas y metabólicas, como las realizadas por Vorhout *et al.* (1990), Nakamura *et al.* (2005), Robben *et al.* (2005), o Pey *et al.* (2013). Otro grupo nutrido de investigadores que deben ser citados lo integran con trabajos acerca de patologías abdominales de diferente naturaleza (Kleiter *et al.* (1999), Frank *et al.* (2003), Thompson *et al.* (2003), Scharf *et al.* (2004), Zwingenberger *et al.* (2005a; 2005b), Stieger *et al.* (2007), Fischetti *et al.* (2008), Bertolini *et al.* (2010), Llabrés-Díaz *et al.* (2010), Nelson *et al.* (2011), Fields *et al.* (2012), Ricciardi *et al.* (2013), Fukushima *et al.* (2014), Major *et al.* (2016), Jang *et al.* (2022), incluyendo alteraciones vasculares o parasitosis entre otros.

Por último citar las aportaciones de la TC en relación a alteraciones, fundamentalmente circulatorias, del riñón de Jaschke *et al.* (1985) o Sutthigran *et al.* (2022) entre otros.

- **Pelvis.**

Los procesos patológicos que implican a la cavidad pelviana exclusivamente no están tan ampliamente reportados como en otras regiones anatómicas. Algunas de las publicaciones que encontramos son las de Farese *et al.* (1998), estudiando la luxación de cadera, las de Draffan *et al.* (2009) o Lee *et al.* (2012), ambos valorando fracturas pélvicas, Kook *et al.* (2010) acerca de un quiste rectal en un gato, Spector *et al.* (2011) diagnosticando masas intrapélvicas, Palladino *et al.* (2016) sobre la detección de linfadenomegalia ileosacra, o Leffler *et al.* (2018) con un trabajo del carcinoma de células transicionales.

Otras referencias destacadas por su originalidad son la de James *et al.* (2015), que utilizan la TC para diagnosticar una torsión de la vejiga urinaria, la de Tobón Restrepo *et al.* (2020) caracterizando el os penis en el gato, y la de Schwarz *et al.* (2021) acerca del hallazgo de lipiduria en TC.

- **Esqueleto axial.**

La bibliografía existente acerca del empleo de la TC en enfermedades o alteraciones relacionadas con el raquis y la médula espinal se compone mayoritariamente de referencias acerca de patologías del disco intervertebral, bien de tipo compresivo o protrusivo. En este sentido encontramos autores como Hara *et al.* (1994), Bagley *et al.* (1995), Olby *et al.* (2000), Israel *et al.* (2009), Hecht *et al.* (2009), Klumpp *et al.* (2010), Kent *et al.* (2011), Robertson *et al.* (2011), Schroeder *et al.* (2011), Newcomb *et al.* (2012), Buttin *et al.* (2013), Cooper *et al.* (2014), Tamura *et al.* (2015), Royaux *et al.* (2016), Noyes *et al.* (2017); Purdoiu *et al.* (2018), Ricciardi *et al.* (2018), Da Costa *et al.* (2020). Otras mielopatías han sido también reportadas por autores como Sharp *et al.* (1995), Dennison *et al.* (2010), Emery *et al.* (2018).

Las patologías de origen neoplásico constituyen otro de los temas más referenciados en la bibliografía. Así, son comunes los trabajos sobre neoplasias de diferente origen y naturaleza, como el cordoma (Pease *et al.*, 2002, Stigen *et al.*, 2011), tumores del plexo braquial (Mccarthy *et al.*, 1993), neoplasias relacionados con las meninges (Reif *et al.*, 1998), el astrocitoma (Elmer *et al.*, 2011), el lipoma (Agut *et al.*, 2013), el condrosarcoma (Lindsay *et al.*, 2010), o el hamartoma (Parkes *et al.*, 2009) entre otros. Otros procesos de tipo tumoral son los reportados por Van Ham *et al.* (1995), Drost *et al.* (1996), Nitzl *et al.* (2009), o más recientemente, Nam *et al.* (2022).

Los estudios relativos a procesos infecciosos (Thomas *et al.*, 2000; Nykamp *et al.*, 2003a; Granger *et al.*, 2007; Maeta *et al.*, 2010; Rapoport *et al.*, 2016; Miki *et al.*, 2022) e inflamatorios (Gonzalo-Orden *et al.*, 2000a; Packer *et al.*, 2005; Gomes *et al.*, 2022) también son frecuentes.

En la región cervical, debemos mencionar los estudios sobre la luxación y subluxación atlantoaxial (Parry *et al.*, 2010; Dolera *et al.*, 2017; Hansen *et al.*, 2019; Lye *et al.*, 2020), fracturas vertebrales, también a nivel del atlas (Bali *et al.*, 2011), o relacionados con casos de osificaciones vertebrales incompletas (Warren-Smith *et al.*, 2009; Da Costa *et al.*, 2012). En 2013, Lewis *et al.* realizan una publicación acerca de la mielopatía cervical estenótica en perros molosos. También relacionado con estenosis, en este caso a nivel lumbosacro, son los trabajos de Chambers *et al.* (1994), Jones *et al.* (1996; 2000) y Mukherjee *et al.* (2017).

Artículos que merecen ser también citados son los relativos a malformaciones o anomalías anatómicas, como los de Fatone *et al.* (1995), Kloc II *et al.* (2001), Berlanda *et al.* (2011), Kiviranta *et al.* (2011), Gómez *et al.* (2012), Dragicevich *et al.* (2020). También son varios los reportes de quistes meníngeos en el perro (Rylander *et al.*, 2002; Gnirs *et al.*, 2003; Gonçalves *et al.*, 2008) y de fístulas arteriovenosas a nivel medular (Morabito *et al.*, 2017; Yayoshi *et al.*, 2022) en las especies canina y felina.

Finalmente mencionar otros artículos de temática diversa como aquellos relacionados con traumatismos (Kinns *et al.*, 2006; Joslyn *et al.*, 2010; Gallastegui *et al.*, 2019), con alteraciones vertebrales de origen alimentario (Yu *et al.*, 2021), lesiones medulares de diversa naturaleza, incluyendo cuerpos extraños (Daraban *et al.*, 2012; Tanaka *et al.*, 2012; Ricciardi *et al.*, 2016; Caliani Carrera *et al.*, 2022; Carrera *et al.*, 2022), o toma de muestras de lesiones a nivel vertebral guiada por TC (Laborda-Vidal *et al.*, 2022).

- **Esqueleto apendicular.**

En lo relativo a los miembros, los estudios de TC han aportado datos relevantes en patologías diversas, desde metabólicas (Cline *et al.* en 1997 evaluaron las alteraciones óseas en relación al aporte de vitaminas) hasta de origen neurológico (Orima *et al.*, 1997; Glass *et al.*, 2002), e incluyendo otras como las relacionadas con la presencia de cuerpos extraños a nivel de las extremidades (Ober *et al.* 2008).

Respecto a las patologías del miembro anterior, destacan autores como Braden *et al.*, 1994, Groth *et al.*, 2009, Fitzpatrick *et al.*, 2016, Villamonte-Chevalier *et al.*, 2015, Shimizu *et al.*, 2015, o Wennemuth *et al.*, 2020, con diferentes estudios del proceso coronoides en el perro. También deben ser citados los trabajos relativos a patologías del codo de Tromblee *et al.*, 2007, Moores *et al.*, 2008, Lappalainen *et al.*, 2009, Samoy *et al.*, 2012, De Bakker *et al.*, 2014, o Hebel *et al.*, 2021. En 2013 Fitzpatrick *et al.* abordan la incongruencia articular, y al año siguiente Coggeshall *et al.* publican un estudio de temática similar. Otros procesos patológicos reportados mediante el uso de la TC que implican al miembro torácico, y deben ser citados son los publicados por Hattersley *et al.* (2001), quienes evalúan una fractura cubital por tomografía, Rudich *et al.* (2004) estudian la presencia de masas de diferente naturaleza afectando al plexo braquial, o Perry *et al.* (2012), que describen una avulsión y fractura de la escápula en la especie felina. Un año más tarde, Lande *et al.* (2013) describen

lesiones del hueso subcondral a nivel escapulo humeral en caninos, y Maddox *et al.* (2013) analizan los hallazgos por TC en el hombro de perros con cojera de extremidades anteriores. Alves-Pimenta *et al.*, en 2017 hacen una evaluación de la congruencia articular entre el húmero y el cúbito en perros de razas grandes.

Respecto al miembro pelviano, han sido investigadas diferentes afecciones como las relativas a la articulación de la rodilla (Walker *et al.*, 2002; Han *et al.*, 2008; Samii *et al.*, 2009), o al fémur (Vignoli *et al.*, 2002; Scherzer *et al.*, 2009; Ober *et al.*, 2018).

En otro sentido, destacamos las publicaciones de Oh *et al.* (2015) acerca de la hiperostosis esquelética idiopática difusa en el perro, o de Hanel *et al.* (2004), Fujita *et al.* (2007) y Costa *et al.* (2010) abordando el estudio de patologías óseas generalizadas.

Finalmente, mencionar otro tipo de procesos de tipo inflamatorio (Shubert *et al.*, 2022; Chung *et al.*, 2023), relacionados con la conformación anatómica (Aper *et al.*, 2005; Michael *et al.*, 2005; Dudley *et al.*, 2006; Galateanu *et al.*, 2011), o con neoplasias a nivel de las extremidades (Carpenter *et al.*, 1993; Lamb *et al.*, 1993; Gorra *et al.*, 2002; Wallack *et al.*, 2002; Karnik *et al.*, 2012; Talbott *et al.*, 2017; Höim *et al.*, 2023) que han sido también estudiados mediante tomografía.

▪ **Órganos de los sentidos.**

Entre las patologías que más se reportan mediante el uso de la TC a nivel del oído encontramos la otitis, tanto media (Love *et al.*, 1995; Rohleder *et al.*, 2006; Belmudes *et al.*, 2018) como externa (Tan *et al.*, 2022). También se han publicado investigaciones respecto a otras anomalías del oído como colesteatomas en el oído medio (Travetti *et al.*, 2010), efusión a nivel de la bulla timpánica (Barthez *et al.*, 1996; Dickie *et al.*, 2003; Detweiler *et al.*, 2006), fractura de la bulla timpánica en un perro (Rubin *et al.*, 2013), atresia del conducto auditivo externo con otitis media (Kim *et al.*, 2021), neumolaberinto asociado también a otitis media y externa (Belmudes *et al.*, 2019), y otras numerosas patologías no tumorales a este nivel (Cook *et al.*, 2003; Garosi *et al.*, 2003; Ziemer *et al.*, 2003; Gotthelf *et al.*, 2004; Bischoff *et al.*, 2004; King *et al.*, 2007; Roza *et al.*, 2011).

Los procesos neoplásicos a nivel del oído han sido estudiados mediante TC por autores como Hoskinson *et al.* (1993), Lim *et al.* (2008), Yoshikawa *et al.* (2008), o más recientemente Fernández

et al. (2020), quienes valoraron un histiocitoma invasivo en el canal auditivo de un perro.

En lo relativo al ojo, varios autores han llevado a cabo estudios acerca de neoplasias a este nivel. Así aparecen trabajos como los de Lecouteur *et al.* (1982), Mccalla *et al.* (1989), Ramsey *et al.* (1994), Daniel *et al.* (1999), Penninck *et al.* (2001), Attali-Soussay *et al.* (2001), Ritcher *et al.* (2003), o Yi *et al.* (2006), este último acerca de un melanoma ocular en el perro. Investigaciones de procesos patológicos a nivel retrobulbar y de la órbita, de tipo neoplásico (Bell *et al.*, 2011) e infeccioso (Kano *et al.*, 2013) se han llevado a cabo. Destacar que en el año 2000 Miller *et al.* diagnostican, mediante TC, un pseudotumor orbitario en un gato, y en 2018 Winer *et al.* realizaron mediante TC una caracterización de diferentes alteraciones retrobulbares, desde traumáticas hasta infecciosas o neoplásicas.

❖ Ungulados domésticos

▪ Équidos

Los estudios patológicos en relación a los équidos se centran en las extremidades y la cabeza, fundamentalmente. La región de la cabeza ha sido valorada mediante TC en procesos de diferente naturaleza, destacando los relacionados con patologías dentales (Veraa *et al.*, 2009; Windley *et al.*, 2009; Barakzai *et al.*, 2012; Bühler *et al.*, 2014; Barakzai *et al.*, 2015), alteraciones de los senos nasales y paranasales (Cisell *et al.*, 2012; Dixon *et al.*, 2020; Ostrowska *et al.*, 2020), neoplasias bucales (Strohmayr, *et al.*, 2020), o la presencia de hematomas, como es el caso de Textor *et al.* (2012) que los estudiaron a nivel etmoidal mediante TC en un estudio retrospectivo.

Otros artículos a mencionar, son los que abordan patologías de origen nervioso (Vink-Nooteboom *et al.*, 1998; Vanschandevijl *et al.*, 2008; Sogaro-Robinson *et al.*, 2009; LLOYD-Edwards *et al.*, 2020), incluyendo afecciones medulares principalmente a nivel cervical (Moore *et al.*, 1992; Kristoffersen *et al.*, 2014; Gough *et al.*, 2020; Lindgren *et al.*, 2021).

En otro sentido, resultan también destacados los estudios de Tietje *et al.* (1996), estudiando diversas patologías a nivel de la cabeza, de de Hilton *et al.*, (2009), acerca de la apariencia tomográfica de la osteoartropatía temporohioidea equina, o

recientemente, de Perrier *et al.* (2023) para determinar el origen del síndrome del cabeceo (Head-shaking) en caballos.

En lo relativo al tórax y abdomen la bibliografía es más escasa, con algunas referencias como las de Wion *et al.* (2001), empleando la tomografía computarizada para diagnosticar un absceso mediastínico por *Rhodococcus equi*, que causaba dificultad respiratoria grave en un potro, o de Coleman *et al.* (2011), acerca del diagnóstico de un uréter ectópico en una potra cuarto de milla.

Finalmente, y como hemos dicho, destacan las publicaciones en relación a los miembros torácico y pelviano, siendo numerosas aquellas sobre patologías tendinosas y alteraciones asociadas (Launois *et al.* 2009, Launois *et al.*, 2009b, Puchalski *et al.*, 2009; Hunter *et al.*, 2016; Jones *et al.*, 2019). La articulación de la rodilla ha sido estudiada por autores como Crijns *et al.* (2010) o De la Salle *et al.* (2016), destacando que este último abordó la osteoartritis de esta articulación combinando radiografía, ecografía y TC. Un reciente artículo de 2022, trata de demostrar la viabilidad de la TC para detectar lesiones en caballos con cojera del codo (Zimmerman *et al.*, 2022). Otras contribuciones recientes al estudio de enfermedades de las extremidades en el equino son las de Vallance *et al.* (2012), en relación a cojeras originadas en el casco, Suárez *et al.* (2018), valorando defectos del cartílago de la articulación del carpo, Curtiss *et al.* (2021), con un trabajo sobre patologías de la articulación del menudillo, o Pauwels *et al.* (2021) y Brounts *et al.* evaluando la extremidad distal en grupos de 105 y 167 casos respectivamente.

- **Suidos.**

Al igual que sucede con las referencias anatómicas, son reducidas las publicaciones referidas al empleo de la TC para el diagnóstico de enfermedades en suidos. Como estudios de patología deben ser mencionados los trabajos de Aasmundstad *et al.* (2013), diagnosticando la osteocondrosis en cerdos con tomografía computarizada, y Aasmundstad *et al.* (2014), en cerdos Duroc y con una temática similar. También en 2013, Pósa *et al.* combinan tomografía e histopatología para estudiar lesiones pulmonares en cerdos.

Cabe destacar que, pese a no ser estudios estrictamente patológicos, incluimos en esta sección al grupo diverso de investigadores que evalúan mediante TC , y desde un punto de

vista productivo, la carcasa, músculo e infiltración grasa del cerdo. Así son citados autores como Kolstad *et al.* (2001), Giles *et al.* (2008), Carabús *et al.* (2011), Gjerlaug-Enger *et al.* (2012) Gjerlaug-Enger *et al.* (2012), Carabús *et al.* (2015), Font-i-Furnols *et al.* (2015).

▪ **Rumiantes domésticos.**

En relación a los estudios patológicos de TC en **pequeños rumiantes** encontramos estudios relacionados con patologías articulares de tipo inflamatorio en la oveja (Warderdam *et al.*, 1996), o alteraciones de la cavidad nasal tales como la sinusitis en la cabra (Barrington *et al.*, 1996). Otros autores relacionados con los pequeños rumiantes son Gerros *et al.* (1998) y Gonzalo-Orden *et al.* (1999), con sendos trabajos sobre un absceso cerebral en la especie caprina y otro de coenurosis, este último en la oveja. Un año más tarde, también Gonzalo-Orden *et al.* (2000b) realizan una publicación acerca de la coenurosis ovina, en este caso relacionando los signos clínicos con los hallazgos de RM y TC. En 2007 Gómez *et al.*, diagnostican mediante tomografía un hidrocéfalo en una oveja joven, secundario a coenurosis crónica. Una década más tarde Mao *et al.* (2017), aplican la tomografía computarizada en la identificación de equinococosis quística ovina.

Respecto a la **vaca** destacamos un trabajo de Frame *et al.*, también del año 2000, evaluando una rinitis atrófica en un ternero Simmental.

Trabajos relativos a rumiantes domésticos de relevancia en otros países se han publicado también. Así encontramos en relación a la **alpaca** (*Vicugna pacos*), las contribuciones de Nykamp *et al.* (2003b) estudiando la atresia de las coanas, o de Britt *et al.*, que dos años más tarde, elaboró un artículo acerca de un ameloblastoma maxilar. En esta misma especie de camélido se centran los estudios de Anderson *et al.* (2006) acerca del diagnóstico de abscesos periapicales dentarios, incluyendo además a la **llama** (*Lama glama*). Posteriormente, en 2007, Byers y su equipo diagnostican un granuloma fúngico en el seno frontal de una llama. Más recientemente, en 2016, Stieger-Vanegas *et al.* realizan una angiografía por tomografía computarizada sincronizada con el corazón en tres alpacas con cardiopatía congénita compleja.

❖ Animales exóticos y de vida libre.

Dentro de este grupo, los **roedores** se encuentran entre los más estudiados mediante TC desde el punto de vista clínico. Por ejemplo son varios los autores que emplean este método en la valoración de patologías dentales en la **Chinchilla**, **cobaya** y **conejo** (Crosley *et al.*, 1998; Souza *et al.*, 2006; Capello *et al.*, 2008; Sweda *et al.*, 2014). Mencionar que Mackey *et al.* realizan en 2008 un artículo acerca de la aplicación clínica de la tomografía en **medicina zoológica**. Debemos tener en cuenta que muchas veces son pequeños roedores los empleados en investigación de diferentes patologías, para estrapolar dicha información por ejemplo a la especie humana. Se emplea especialmente la micro-TC para alteraciones vasculares y del sistema nervioso (Seo *et al.*, 2008; Engelhorn *et al.*, 2009; Langheinrich *et al.*, 2010a; Langheinrich *et al.*, 2010b; Schambach *et al.*, 2010; Hiyasaka *et al.*, 2012). Además, otros trastornos de tipo neoplásico también han sido valorados en roedores, como por ejemplo un tumor maligno del folículo piloso en el canal auditivo de un conejo, reportado por Budgeon *et al.* en 2014, y ese mismo año De Matos *et al.*, también estudian patologías del oído medio en la misma especie.

Por otro lado, citar algunos de los artículos relativos a animales exóticos o de vida libre como el de Gumpenberger *et al.* (2004) acerca de un adenoma renal en un **pez óscar** (*Astronotus ocellatus*), el de McEvoy *et al.* (2009), referente a la patología pulmonar del **zorro** (*Vulpes vulpes*), el de Grosstsubery *et al.* (2010), analizando una hiperostosis craneana en **leones** (*Panthera leo*), el de Chien *et al.* (2013) sobre un caso de meningioma en el **oso malayo** (*Helarctos malayanus*), o ese mismo año el de Suran *et al.* (2013) valorando por TC, ecografía y radiografía el linfoma en **hurones** (*Mustela putorius*). Más recientemente, Lacitygnola *et al.* (2021) escriben una publicación sobre lesiones traumáticas craneoencefálicas en el zorro, y Fugazzotto *et al.* (2022) publican un trabajo relativo a un caso de espondilomielopatía cervical en un **tigre de bengala** (*Panthera tigris tigris*).

Los procesos patológicos evaluados mediante TC abarcan también diferentes grupos de **reptiles**. Por ejemplo, en el caso de las serpientes, destacan autores como Pees *et al.* (2008), que emplean la TC para el seguimiento del diagnóstico y tratamiento de la neumonía bacteriana en pitones indias (*Python molurus*),

Banzato *et al.* (2013), que realizan una revisión de las diferentes técnicas de diagnóstico por imagen en serpientes y lagartos, Di Girolamo *et al.* (2014), que realizan biopsias óseas guiadas por TC en dos boas constrictoras (*Boa constrictor*), o Summa *et al.* (2015), con un artículo acerca del empleo de la TC en un caso de linfoma de células T, también en una boa constrictor, que además fue sometida a cirugía. En 2020 destacamos un trabajo de Hall *et al.*, quienes diagnostican un posible osteosarcoma en una serpiente coral sudamericana (*Micrurus ancoralis*), abordando también en dicho artículo una revisión de los tumores óseos de los reptiles.

En lo relativo a las tortugas, también diferentes procesos patológicos han sido valorados, incluyendo alteraciones óseas (Raiti *et al.*, 1997), lesiones esqueléticas (Abou-Madi *et al.*, 2004), colapso bronquial (Meyer *et al.*, 2012), fibrosis pulmonar (Lim *et al.*, 2013), enfermedad descompresiva (García-Párraga *et al.*, 2014), lesiones específicas del caparazón (Spadola *et al.*, 2016), aplasia pulmonar (Schachner *et al.*, 2017), o lesiones neurológicas de origen traumático (Oraze *et al.*, 2019), entre otras.

Además de estos grandes grupos, la TC ha resultado de utilidad en alteraciones diversas que afectan a otras especies. Así, en 2009, Zimmerman *et al.* diagnostican una mielopatía compresiva de la columna cervical en dragones de Komodo (*Varanus komodoensis*), y posteriormente Gumpenberger *et al.* (2011; 2013) describen la utilización de la TC en casos de lipidosis hepática en reptiles. Por otro lado, dentro del Orden Crocodylia, destacan trabajos relativos al empleo de la tomografía computarizada en neumonía granulomatosa con oxalosis en el caimán americano (*Alligator mississippiensis*), llevado a cabo por Hall *et al.* (2011), o en un carcinoma de ovario con metástasis esquelética en un Caimán Yacare (*Caiman yacare*), reportado por Aymen *et al.* (2020). Incluso en reptiles ya extintos, han podido diagnosticarse patologías mediante TC, como el caso de una osteítis proliferativa digital por fractura por estrés en un cocodrilo del Eoceno, que estudiaron Martínez-Silvestre *et al.* en 2015.

Entre los artículos más recientes citar el de Tournade *et al.* (2021), que hacen un diagnóstico *ante mortem* de una neumonía fúngica en una iguana verde, empleando para ello TC.

En lo relativo a procesos patológicos en **aves**, el empleo de la TC ha sido especialmente relevante en enfermedades relacionadas

con la cabeza y el aparato respiratorio. A continuación desglosamos los principales artículos al respecto, y también los vinculados a trastornos con otras localizaciones anatómicas.

En primer lugar destacaremos los trabajos relativos a patologías de la cabeza y cavidades cefálicas, como el publicado en 1995 por Rosenthal *et al.*, quienes describen mediante tomografía computarizada 10 casos de enfermedades aviares intracraneales de diferente naturaleza. Poco después, Krautwald-Junghanns *et al.* (1998), publican un estudio comparativo sobre el valor diagnóstico de la radiografía convencional y la tomografía computarizada en la evaluación de cabezas de psitácidas y aves rapaces, y concluyen que pese a que mediante radiografía se realizó el diagnóstico exitoso de cambios en las estructuras óseas y casos avanzados de rinitis o sinusitis, las primeras etapas de la enfermedad de las vías respiratorias superiores y otros trastornos de los tejidos blandos se diagnostican mejor mediante tomografía computarizada. Ya en el 2000, Bartels *et al.* publican un trabajo similar en torno a patologías craneales y del cerebro del pato de collar (*Anas platyrhynchos*). Estos investigadores detectan mediante la TC depósitos grasos anormales en el *tentorium cerebelli*, malformaciones craneales y formaciones óseas variables en el engrosamiento hipodérmico de la cresta, no así con la radiografía, que resultó ser menos sensible en los hallazgos. Posteriormente, Gumpenberger *et al.* (2006) combinan la ecografía con la TC para valorar las características normales, incluyendo mediciones biométricas, y alteraciones patológicas de los ojos de 95 aves, incluyendo palomas y rapaces nocturnas entre otros. Destacar que visualizaron hallazgos patológicos como subluxación y luxación del cristalino, hemorragia intravítrea, desprendimiento de retina, secuestro parcial postraumático o malformación del *pecten*, aunque la TC no permitió visualizar estructuras sutiles dentro del vítreo como el *pecten oculi* o la hemorragia. Más recientes son las aportaciones respecto a las patologías de los seno nasales realizadas por Baden *et al.* (2019), que diagnostican un caso de rinosinusitis en un tucán de Swainson (*Ramphastos ambiguus swainsonii*), o de Stanclova *et al.* (2020), que emplean la TC para determinar la presencia de una obstrucción de las vías respiratorias superiores causada por neumocèle sinusal en una guacamaya azul y dorada (*Ara ararauna*). Ese mismo año, por imágenes de TC, Razmyar *et al.* diagnostican en una ninfa (*Nymphicus hollandicus*) un raro caso de displasia osteofibrosa en el área frontal de la cabeza.

En segundo lugar debemos citar algunos autores que han centrado sus estudios alrededor aparato respiratorio aviar y sus

patologías asociadas. Así, encontramos a Krautwald-Junghanns *et al.* (1993), que evalúan mediante radiografía, TC y otros métodos de diagnósticos, el tracto respiratorio inferior en 288 psitácidas con sintomatología respiratoria. Citar un trabajo de Newell *et al.* (1997) en el que discuten las técnicas de imagen empleadas en patología respiratoria aviar, y resaltan la utilidad de la TC en este campo. Ya en 2014, destacar una publicación de Gumpenberger *et al.* en relación a la aplicabilidad de la tomografía computarizada en alteraciones del tracto respiratorio superior en aves. Digna de mención es también una publicación de Schwarz *et al.* (2016) en la que valoran por TC la anatomía respiratoria de un grupo de grullas trompeteras juveniles (*Grus americana*) aquejadas de aspergilosis respiratoria, y la comparan con la de ejemplares sanos. Entre los interesantes hallazgos patológicos encontramos oclusión bronquial extrapulmonar unilateral o engrosamiento de la pared, oclusión luminal de los bronquios primarios o secundarios intrapulmonares, y engrosamiento de la membrana de los sacos aéreos. El pingüino (*Eudyptula minor*), también ha sido objeto de estudios de TC a fin de diagnosticar patologías respiratorias. De este modo, en 2019, Rivas *et al.* realizaron exploraciones por tomografía computarizada multidetector (TCMD) en ejemplares aparentemente sanos. Sin embargo un tercio de las aves examinadas fueron diagnosticadas con granulomas pulmonares, los cuales no eran evidentes en las radiografías. Demostraron así, la idoneidad de dicha prueba para evidenciar patologías respiratorias, en comparación con la radiografía convencional.

La aplicación de la TC en el aparato cardiovascular, desde un punto de vista patológico, cuenta con menor número de publicaciones. Debemos hacer mención del trabajo de revisión de Beaufrère *et al.* (2010) acerca del diagnóstico por imagen en relación a la vasculatura de las aves. En él, los autores repasan las distintas enfermedades vasculares que han sido documentadas en aves y las técnicas de diagnóstico por imagen que han sido descritas en estas especies, incluyendo la TC, y aportando imágenes tomográficas.

Mencionar las contribuciones al conocimiento de procesos inflamatorios del aparato musculoesquelético, como el trabajo de Whitehead *et al.* (2015), que utilizan la TC para diagnosticar artritis crónica en el hombro en un pelícano blanco americano (*Pelecanus erythrorhynchos*).

También existen publicaciones acerca de patologías de tipo neoplásico, como es el caso del trabajo de Graham *et al.* (2003), donde combinan TC y RM en un caso de liposarcoma periorbital

en un loro gris africano (*Psittacus erithacus*), el de Marshall *et al.* (2004), en el que diagnostican con TC un adenocarcinoma mucinoso del saco aéreo humeral en una cacatúa de cresta salmón (*Cacatua moluccensis*), el de Grunkemeyer *et al.* (2010) con una temática similar, en el que se describe el hallazgo de un cistadenocarcinoma del saco aéreo humeral en un ejemplar de la misma especie, y se monitoriza mediante tomografía computarizada por emisión de positrones, o el de Wernick *et al.* (2014) acerca de un águila real (*Aquila chrysaetos*) con un tumor de la vaina de los nervios periféricos. Citar en relación a alteraciones neurológicas el trabajo de ese mismo año de Delk *et al.* (2014), quienes diagnostican por imágenes de TC la enfermedad vestibular periférica en un ganso chino (*Anser cygnoides*).

Finalmente, debemos hablar de otro tipo de publicaciones, como las de Jenkins *et al.* (1991) o Gumpenberger *et al.* (2001), que aunque no abordan el uso de la TC en patologías aviares concretas, sí resaltan su utilidad en estas especies y además aportan diversas imágenes tomográficas.

III. Fundamentos de la resonancia magnética (RM).

III.1. Concepto de la técnica.

La obtención de imagen por resonancia magnética (IRM) es un procedimiento diagnóstico no invasivo, basado en el principio físico del mismo nombre; la **resonancia magnética nuclear** (RMN). Se trata de una propiedad de los núcleos sometidos a un campo magnético determinado, donde son capaces de absorber la energía de radiofrecuencia (RF) aplicada y posteriormente liberarla a una frecuencia específica (Dance, 2014) Este fenómeno fue descrito por primera vez en 1946 por Bloch y Purcell, quienes refinaron los estudios llevados a cabo por Isidor I. Rabi en 1938, y recibieron por ello el premio el premio nobel de física en 1952. Estos físicos sentaron las bases de la técnica, pero posteriormente, en 1973 Paul Lauterbur generó un método para codificar la señal de RMN y Peter Mansfield desarrolló la forma para determinar la estructura espacial de los sólidos. Todo ello supuso un hito, y el comienzo de la imagen por resonancia magnética, valiéndoles también a ellos la obtención del Premio Nobel de Medicina en 2003. No sería hasta 1980 cuando se obtuvieron las primeras imágenes clínicas de resonancia magnética, en Inglaterra (Dance 2014; Grover 2015)

III.2. Principios físicos.

La resonancia magnética (RM) se basa en principios físicos fundamentales relacionados con la interacción entre campos magnéticos y núcleos atómicos. Dichos núcleos atómicos están constituidos por dos tipos de partículas fundamentales; los protones, cargados positivamente, y los neutrones o partículas sin carga. Además, girando alrededor de ese núcleo se encuentran partículas con carga negativa; los electrones. Todas estas partículas interactúan entre sí de forma que producen una configuración estable (Zaragoza, 1992; Bushberg, 2012). Asimismo, giran en torno a su propio eje, generando como resultado del electromagnetismo, un **campo magnético** o **momento dipolar magnético**. A nivel macroscópico podríamos hacer la analogía del dipolo magnético con una barra magnética, la cual tiene un polo norte y un polo sur (dipolo). Si dicha barra es sometida a un fuerte campo magnético externo sus ejes norte y sur se alinearán siguiendo la dirección del campo magnético. En este caso al tratarse de un objeto macroscópico está constituido por multitud de partículas o átomos, y por ello, desde el punto de vista de la física clásica, puede tener cualquier masa, carga y **momento angular**. Sin embargo, los protones y electrones siguen las leyes de la física cuántica y por ello presentan una masa, una carga y un spin determinados (Hendrick, 2008). Este concepto de **spin** hace referencia a la capacidad o movimiento de rotación. Cabe destacar que las partículas (protones y neutrones) que tienen un spin similar pueden emparejarse por lo que sus momentos magnéticos individuales se cancelan (de forma análoga a lo que ocurre con los imanes). En contraposición, los isótopos (átomos con el mismo número de protones pero un número diferente de neutrones) con un número impar de protones y/o neutrones si poseen un momento magnético nuclear" intrínseco y un "momento angular de espín nuclear", y son los importantes desde el punto de vista de la resonancia magnética nuclear. Así el ^{13}C , con 7 neutrones y 6 protones, tiene cualidades magnéticas útiles en RMN, pero el ^{12}C con tres pares de neutrones y protones no resulta de utilidad en este ámbito (Mai, 2018). El núcleo atómico más relevante es el del hidrógeno, por ser el más abundante en los tejidos, especialmente en la grasa y el agua, y presentar además excelentes aptitudes desde el punto de vista magnético, ya que tiene mayor intensidad de señal que otros elementos (Dennis, 1995; Sierra i Vinuesa, 2023). De esa gran cantidad de átomos de hidrógeno de los tejidos biológicos, los que no se encuentran formando macromoléculas complejas presentan una orientación aleatoria de sus protones (momento magnético nuclear) y por tanto no existe magnetización observable. De forma similar a como expresamos en la analogía de la barra magnética, si en el caso de los tejidos biológicos se aplica un campo magnético externo, al que denominaremos B_0 , se producirá la alineación de los núcleos atómicos respecto a ese campo magnético. Los espines nucleares podrán presentar dos estados; uno de baja energía paralelo al campo magnético o uno de alta energía, en este caso contrario o antiparalelo

respecto al campo magnético. Cabe destacar que tanto en sólidos como en líquidos la mayoría de espines estarán en la misma dirección que B_0 . De esta forma una determinada muestra de protones presentará un vector de **magnetización** neto M_0 paralelo al campo magnético y con su misma dirección. Debemos considerar en este punto el concepto de **precesión**, en relación a la rotación del núcleo. Debido a dicha rotación el núcleo posee un momento angular, lo que le obliga a oscilar alrededor del campo magnético de forma que la trayectoria es de morfología cónica. Ocurre de manera similar cuando hacemos girar un trompo en el campo gravitacional terrestre; gira sobre su eje (momento angular) pero se tambalea debido a la fuerza de la gravedad. Volviendo de nuevo a niveles atómicos, se considera que la velocidad de rotación alrededor del campo magnético externo, o **frecuencia de Larmor**, es proporcional a la intensidad de dicho campo (Bushberg, 2012; Thrall, 2017). Esta relación queda descrita en la denominada **ecuación de Larmor**, en honor al Sir Joseph Larmor, físico irlandés que la describió. Si consideramos que ω_0 es la frecuencia de precesión y se mide en Hz o MHz; γ es la constante giromagnética, específica de cada material, y B_0 es la fuerza del campo magnético medido en teslas (T) la ecuación de Larmor quedaría del siguiente modo:

$$\omega_0 = \gamma B_0$$

Este fenómeno de **magnetización** que hemos descrito puede ser representado en un eje cartesiano de coordenadas (X,Y,Z), considerando el eje Z paralelo al campo magnético y los ejes X e Y perpendiculares al mismo, tal y como refleja la Fig 1. La suma de las proyecciones de los vectores en el plano (X,Y) es cero debido a que los protones preceden, aunque con la misma frecuencia de precesión, en direcciones aleatorias. Por ello se dice que la magnetización transversal M_{xy} es cero. Por otro lado la proyección de los vectores de los espines que están en precesión, sobre el eje Z, y debido al ligero exceso de espines en dirección del campo magnético del que hemos hablado, es un vector positivo en la misma dirección que el campo magnético. Esta es la magnetización longitudinal M_z . Es decir, en equilibrio, existirá un vector de magnetización neta \vec{M}_0 alineado con el campo magnético y con componentes en el plano transversal (X,Y) o magnetización transversal, y longitudinal (Z) o magnetización longitudinal. Dicho vector presenta una magnitud mucho menor en comparación con el campo magnético, y cuantificar su magnetización es imposible ya que su señal es también sustancialmente más pequeña. Para poder realizar una medición de esa magnetización es necesario convertir al vector \vec{M}_0 a un plano perpendicular al del campo magnético, donde la intensidad de este último no impida medirla. Como mencionamos de forma recurrente a lo largo de este capítulo la alineación de los protones en presencia de un campo magnético será ligeramente superior para aquellos orientados en la dirección de dicho campo, por ser un estado de menor energía. Esta

condición sirve de base para la obtención de imágenes de resonancia magnética, y es que considerando que la diferencia entre los dos estados energéticos (paralelo y antiparalelo a B_0) es directamente proporcional a la fuerza del campo magnético, si suministramos energía que sea igual a dicha diferencia podremos forzar a los protones a realizar la transición de un nivel de energía a otro y por tanto modificar su orientación dejando de estar alineados respecto al campo magnético principal. Este fenómeno físico es lo que se conoce como **resonancia**, y en el caso de la RM dicha energía se aplica en forma de radiación electromagnética generada por un pulso de radiofrecuencia (RF). Cuando cesa la aplicación de dicha energía el sistema vuelve a su posición inicial, realineándose con el campo magnético y liberando energía. A este proceso se le denomina **relajación** y genera una señal eléctrica que captará la antena del equipo para finalmente obtener las imágenes que componen el estudio de resonancia magnética (Bushberg, 2012).

III.3. Densidad protónica (D_p), tiempos de relajación T1 y tiempo de relajación T2.

En RM se pueden medir 3 tipos básicos de señal, que son la densidad protónica, el tiempo de relajación T1 y el tiempo de relajación T2.

-Densidad protónica (D_p): es la medida de resonancia magnética más básica y se relaciona con la concentración de protones (átomos de hidrógeno móviles) en cada vóxel de tejido. Está vinculado por tanto con la cantidad de agua del tejido estudiado, de forma que por ejemplo la D_p de la sangre será diferente a la del hueso o el músculo. De este modo cada vóxel de tejido presentará una resonancia determinada en función de su contenido en agua (Mezer *et al.*, 2016; Valencia-Calderón *et al.*, 2004).

Como hemos mencionado, la relajación es el proceso por el que el spin vuelve al estado de equilibrio tras la absorción de energía de RF. A continuación definiremos los 2 principales tipos de relajación que existen, en relación a la representación cartesiana (X,Y,Z) desarrollada en párrafos anteriores.

-Tiempo de relajación T1: es el tiempo de relajación longitudinal, también denominado spin-red (siendo la red el entorno del núcleo). Se define como el tiempo necesario para que el sistema retorne al 63% de su valor de equilibrio, tras la exposición a un pulso de 90° (Fig.12). Conforme se produce esa relajación la energía se disipa en la red. Por tanto, alterando los tiempos entre los pulsos podemos variar también T1; es lo que se denomina **tiempo de repetición (TR)**, expresado en milisegundos. Además T1 dependerá de diversos factores tales como la temperatura, la intensidad del campo (frecuencia de resonancia) o la presencia de macromoléculas entre otros.

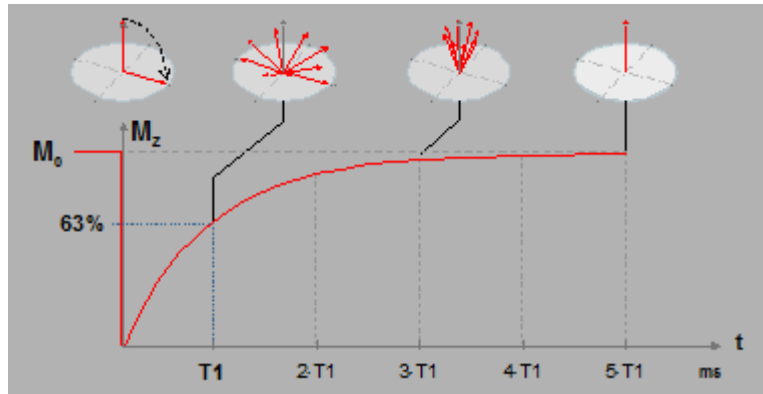


Figura 12. Representación gráfica del tiempo de relajación T1. Fuente: SERAM, 2018.

-Tiempo de relajación T2: conocido como tiempo de relajación transversal o spin-spin (Fig.13). Hace referencia al tiempo en el que la magnetización transversal (X,Y) disminuye hasta perder el 63% de su valor inicial. En otras palabras, en un tiempo de T2 después del final del pulso de RF, M_{xy} será igual al 37% del valor máximo que tenía al final del pulso de 90° . Este T2 también dependerá de factores como la frecuencia de resonancia (en menor medida que T1), la temperatura, la presencia de macromoléculas o la microviscosidad. Si tomamos en consideración la influencia de las heterogeneidades del campo magnético externo, al tiempo de relajación transversal se le denomina **T2***.

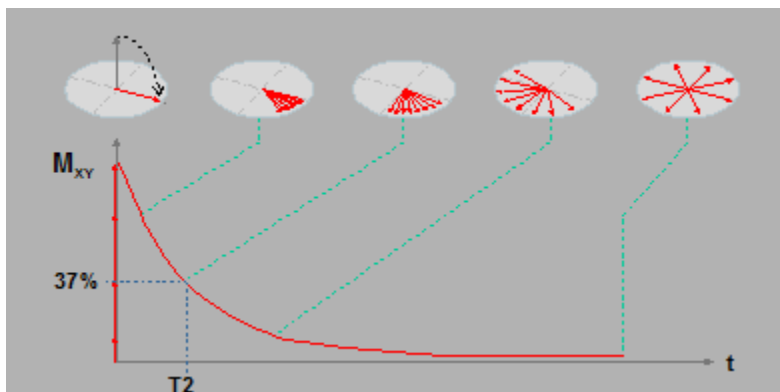


Figura 13. Representación gráfica del tiempo de relajación T2. Fuente: SERAM, 2018.

III.4. Secuencias de pulsos.

Las secuencias de pulso en resonancia magnética son herramientas fundamentales que se utilizan para adquirir datos de imagen con distintos contrastes y características. Cada secuencia de pulso está diseñada para un propósito específico y proporciona información única sobre los tejidos y las estructuras estudiadas. En el contexto de la RM el término secuencia, hace referencia a la combinación de pulsos de RF repetidos y adecuadamente definidos, y a la adquisición de las señales. Es decir, la forma de emitir y recibir la RF, pudiendo emitirse uno o más pulsos de 90° o 180° respecto al campo

magnético principal. Existen diferentes secuencias de pulso que potencian T1, T2 o la densidad protónica, para obtener un contraste de señal óptimo (Haacke *et al.*, 1999; Stark *et al.*, 1999; Kuperman, 2000; Vlaardingerbroek *et al.*, 2003; Edelman *et al.*, 2005).

Debemos considerar dos conceptos clave a la hora de analizar una secuencia de pulsos, que son el **tiempo de repetición (TR)** y el **tiempo de eco (TE)**, resultando ambos de gran importancia en la creación de contraste de la imagen. El tiempo de repetición es el lapso de tiempo, expresado en milisegundos como hemos dicho, transcurrido entre dos pulsos de radiofrecuencia, mientras que el TE hace referencia al tiempo transcurrido, también en milisegundos, entre un pulso de RF y el pico del eco detectado. Consideramos **eco** a la señal detectada tras el pulso de radiofrecuencia. La utilización de secuencias de pulsos específicas, modificando los parámetros anteriormente descritos, permite realzar ciertos tipos de tejidos o características anatómicas; son las denominadas **imágenes potenciadas** (Fig.14). Estas secuencias se diseñan de manera que ciertos parámetros, como los tiempos de relajación T1 y T2, se optimizan para resaltar o suprimir la señal de tejidos específicos. De esta forma se detecta más fácilmente la diferencia en el tiempo de relajación grasa-agua con TR cortos, debido a que la magnetización longitudinal se recupera más fácilmente en la grasa. Así, TR está estrechamente vinculado con T1. En contraposición con TE cortos esta diferencia no se puede detectar, pero sí en TE largos. Por tanto, TE se relaciona con T2. Resulta lógico por tanto que con TR largo y TE corto el contraste observado en las imágenes de RM de deba, en esencia, a la diferencia en la densidad de protones entre los tejidos, tal y como refleja la Tabla 1. (Westbrook *et al.*, 1998; Brown *et al.*, 1999; Bitar *et al.*, 2006).

Tabla 1. Resumen de los tipos de potenciación, en T1, T2 y Dp, en función de los TR y TE. Fuente: Elaboración propia.

	TR LARGO	TR CORTO
TE LARGO	<i>Imagen potenciada en T2</i>	
TE CORTO	<i>Imagen potenciada en Dp</i>	<i>Imagen potenciada en T1</i>

Cabe destacar que las imágenes potenciadas en T1 son muy útiles desde el punto de vista anatómico, facilitando el estudio morfológico de la zona (Fig.3). En contraposición las imágenes potenciadas en T2 son más utilizadas, generalmente, para el diagnóstico clínico. Las secuencias potenciadas en Dp son una combinación de ambas (Roca, 1992; Riesco, 2009).

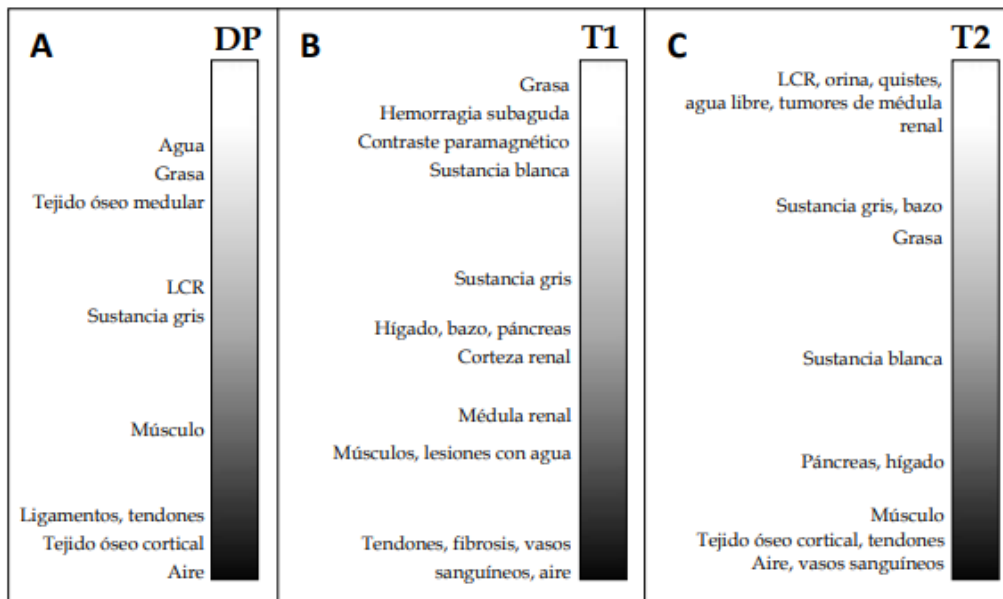


Figura 14. Escala de grises en las imágenes de RM según la imagen esté potenciada en densidad protónica (A), T1 (B) o T2 (C). Fuente: Alonso, 2015.

A continuación describiremos los principales tipos de secuencias empleados para la obtención de IRM; spin-eco (SE), recuperación de inversión (IR) y eco de gradiente (GE). Con ellas se realiza la mayor parte de la adquisición de datos (DAQ) para imágenes de RM (Bushberg, 2012).

❖ Spin-eco (S-E).

Esta es una de las secuencias fundamentales en RM. Consiste en un pulso de excitación de 90 grados seguido de un pulso de reenfoque de 180 grados, después del cual se obtiene el eco. Se aplican sucesivamente varias secuencias de pulsos de 90 y 180 grados, tantas como líneas tenga la matriz. Cabe destacar que en este tipo de secuencias se utilizan grandes ángulos, requiriéndose TR largos para la recuperación de la magnetización longitudinal. Por ello, y para optimizar el tiempo de exploración, se pueden aplicar pulsos de reenfoque complementarios para obtener en un mismo TR varios ecos; es lo que se conoce como **spin-eco rápida** (López, 2002; Yousaf *et al.*, 2018).

❖ Recuperación de inversión (IR).

Se trata de una variante de la secuencia spin-eco, en la que se incorpora un pulso inicial de inversión de 180 grados, para anular la señal de una entidad particular (por ejemplo, agua en el tejido). De esta forma cuando finaliza el pulso de RF y el vector de magnetización, en este caso del agua, pasa por la transversal se aplica el pulso de 90 grados y posteriormente continúa la secuencia S-E. Es importante mencionar el concepto de **tiempo de inversión (TI)**, o lo que es lo mismo el intervalo entre la aplicación de un pulso de radiofrecuencia de 180 grados y el siguiente pulso de excitación de 90 grados, pues de él dependerá la señal que se obtenga. Si TI es corto en la imagen

obtenida se cancela la señal del tejido adiposo, y es lo que se conoce como **STIR (Short Time inversion Recovery)**. Si por el contrario el tiempo de inversión es prolongado, se atenúa la señal de estructuras con un alto contenido en agua. A esta última secuencia se le conoce como **FLAIR**, por sus siglas en inglés **Fluid Attenuated Inversion Recovery** (Pooley, 2005; Bitar *et al.*, 2006; Rivera *et al.*, 2011).

❖ **Gradiente de eco (GE).**

En este tipo de secuencia, en lugar de un pulso de inversión de 180 grados, se utiliza un gradiente de campo magnético (se invierte de forma sucesiva la polaridad). Además, el pulso inicial es de menor duración de forma que la orientación de los campos magnéticos de los átomos en precesión se modificará con una angulación inferior a 90 grados. Todo ello permite la reducción de los tiempos de adquisición (Rivera *et al.*, 2011; Bushberg, 2012).

III.5. Parámetros que influyen en la imagen de RM.

Al realizar una exploración de RM, se deben configurar varios parámetros generales para obtener imágenes de alta calidad y adecuadas para su visualización e interpretación. Entre los parámetros generales que influyen en la obtención de la IRM encontramos los siguientes:

- **Tiempo de repetición (TR):** Como ya definimos con anterioridad, se trata del tiempo transcurrido entre 2 secuencias de pulso, se expresa en milisegundos y determina la frecuencia de los ciclos de excitación. La variación de este parámetro permite variar el contraste en T1, de forma que TR largos disminuyen el contraste en T1 y TR cortos lo aumentan. Además los tiempos de repetición cortos disminuyen el tiempo de escaneo. El empleo de TR largos posibilitan una mayor intensidad de señal y también mayor número de cortes (Gili, 1993; López, 2002; Pirko *et al.*, 2005; Orellana, 2010)
- **Tiempo de eco (TE):** Se trata, tal y como ya hemos mencionado, del tiempo que tarda en recogerse la señal de eco tras el pulso de RF. También se expresa en milisegundos (Pirko *et al.*, 2005). El valor de este parámetro determinará la potenciación de la imagen obtenida, tal y como explicamos con anterioridad. Debemos considerar que los tiempos de eco largos aumentarán el contraste en T2, mientras que los cortos aumentarán la intensidad de la señal.
- **Ángulo de basculación:** Este término hace referencia al ángulo utilizado para mover el vector de magnetización longitudinal, como su nombre indica. Está formado por el vector momento magnético de los núcleos respecto al vector del campo magnético. A mayor angulación

obtendremos un mayor contraste de la imagen (Limousin *et al.*, 2001; Nitz *et al.*, 2010; Álvarez *et al.*, 2012).

- **Número de excitaciones (NEX):** Representa el número de veces que se mide la señal. Es directamente proporcional a la TSR o tasa de señal /ruido, e inversamente proporcional al tiempo del estudio (Alonso, 2015; Orellana, 2010)
- **Ancho de banda:** Se trata de la gama de frecuencias incluidas en cada pulso, y es directamente proporcional a los datos transmitidos o recibidos en relación al tiempo (Rinck, 2019).
- **Número de cortes y separación entre cortes:** Estos dos conceptos están muy relacionados con la resolución de la imagen de forma que el aumento del número de cortes implica un aumento de la resolución pero si la separación entre estos se reduce también lo hará la resolución de contraste.
- **Grosor de corte:** Puede seleccionarse de dos maneras; (1) en función de la anchura de banda, puesto que a mayor rango de frecuencias mayor grosor de corte, o (2) en función de los gradientes de campo (utilizando el mismo rango de frecuencia). El incremento del grosor de corte conlleva un aumento en la señal de los tejidos, pero también una reducción de la resolución espacial. Del mismo modo que la disminución del grosor de corte posibilita un aumento de la resolución espacial, además de una disminución de la señal en todos los tejidos (López, 2002).
- **Campo de visión:** También conocido como FOV (Field of View), se refiere al área o región del cuerpo que se visualizará en una imagen específica de RM. Al aumentar este parámetro aumenta la señal y se reduce la presencia de artefactos de solapamiento, como veremos más adelante, y también la resolución espacial. Por el contrario aumenta la presencia de artefactos de solapamiento y la resolución espacial al disminuir el FOV. La señal también disminuye en este caso (López, 2002).
- **Matriz de adquisición:** El concepto de matriz es el mismo que hemos visto en capítulos anteriores, el conjunto de elementos de la imagen. Al aumentar la matriz de adquisición mayor resolución espacial obtendremos, pero también menor señal y mayor tiempo de exploración. Lo contrario ocurre si disminuimos la matriz (López, 2002).

Otro concepto que debemos tener en consideración es el del **tiempo de adquisición de la imagen**, que en el caso de la RM viene determinado por el tiempo de repetición, el número de codificaciones de fase (píxeles

de la matriz) y el número de adquisiciones (Lafuente *et al.*, 2006) . Se describe de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T = TR \times N \times NEX$$

III.6. Componentes del equipo de RM.

Para la obtención de imágenes de resonancia magnética, como hemos visto, es necesario aplicar un campo magnético para poder desplazar el vector de magnetización aplicando un pulso de RF, captar la señal cuando este vector regresa a su estado de equilibrio, y finalmente realizar un tratamiento de estas señales para componer la imagen de RM. Todo ello es posible gracias a sofisticados equipos de RM, y en este apartado describiremos los principales componentes de estos aparatos, entre los que encontramos el imán principal, bobinas de gradiente, bobinas de radiofrecuencia y diferentes sistemas informáticos.

❖ Imán principal

El imán principal o magneto constituye la pieza fundamental del equipo de RM, pues es el encargado de generar el campo magnético estable y homogéneo necesario para la obtención de imágenes mediante esta técnica. La intensidad del campo magnético generado debe ser extremadamente fuerte, ya que de ella depende la relación señal-ruido por ende, la calidad de la imagen (Yousaf *et al.*, 2018).

La intensidad del campo magnético se expresa en **Teslas (T)**, que es la unidad de campo magnético en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Sin embargo, a veces se emplea como unidad de campo magnético el gauss (G) que, aunque no pertenece al Sistema Internacional tiene un valor más acorde con el orden de magnitud de los campos magnéticos que habitualmente se emplean; un Tesla equivale a 10.000 G. En el contexto de la resonancia magnética, es común encontrarse con campos magnéticos de 1.5 Tesla (1.5T) o 3 Tesla (3T). Estos campos magnéticos son utilizados en equipos clínicos y de investigación para la obtención de imágenes de alta calidad. Con este último propósito, investigación en medicina humana, han aparecido equipos de 7T (Suraj *et al.*, 2021).

Los imanes que forman parte de los equipos de resonancia magnética pueden ser de diversos tipos según su composición; imanes permanentes, imanes resistivos, imanes superconductores e imanes híbridos (Rinck, 2019).

- **Imanes permanentes.** Se trata de imanes compuestos por elementos con propiedades ferromagnéticas y que por tanto no requieren de energía para generar un campo magnético. En general tienen un coste económico menor que otro tipo de imanes, pero pueden llegar a ser altamente pesados alcanzando hasta las 100 toneladas en los sistemas de obtención de imágenes de cuerpo entero. Sin embargo el empleo de aleaciones ha permitido reducir considerablemente el peso de estos dispositivos. Otra desventaja vinculada a este tipo de imanes es la baja intensidad de los campos que generan, situándose en un máximo de 0,3 T.
- **Imanes resistivos.** Este tipo de imanes generan el campo magnético gracias a la bobina o bobinas que los componen, y a través de las cuáles se hace pasar una corriente eléctrica, de ahí que se les denomine también **electroimanes**. Por tanto son sistemas que consumen grandes cantidades de energía, y que por su funcionamiento requieren además, de sistemas de refrigeración para mantenerse en funcionamiento. Sin embargo son los más ligeros entre los imanes disponibles para RM. Por otra parte, generalmente estos imanes son capaces de producir campos de 0.7 T, aunque los equipos comerciales poseen un límite de 0.3 T.
- **Imanes superconductores.** Su funcionamiento se basa en el hecho de que al enfriar determinadas aleaciones, con temperaturas cercanas al cero absoluto, estas se convierten en materiales superconductores, al reducirse su resistencia a la corriente eléctrica. Estos imanes constan de bobinas fabricadas con dichas aleaciones que son colocadas en helio líquido (-263°C a -269°C), y por las que se hace pasar altas corrientes eléctricas. Al ser su funcionamiento similar al de los imanes resistivos, requieren igualmente de sistemas de enfriamiento que son dobles; un criostato (contenedor) con nitrógeno líquido, y un segundo criostato con helio líquido. Todo ello implica costes de mantenimiento elevados.
- **Imanes híbridos.** Este cuarto tipo aúna características de los imanes resistivos y permanentes. Alcanzan intensidades de campo de hasta 0,4 T y 15 toneladas de peso.

Los imanes se clasifican también en función de la intensidad del campo que generan en (Hayashi *et al.*, 2004):

- Alto campo (> 1T)
- Medio campo (0,5–1 T)
- Bajo campo (< 0,5 T)

❖ **Bobinas de gradiente**

La función de estos dispositivos, también conocidos como gradientes, es posibilitar la codificación espacial de la señal. Para ello estas bobinas crean campos magnéticos adicionales al principal, y cuya intensidad varía en las direcciones de los ejes X, Y y Z. Son por tanto necesarios 3 conjuntos de bobinas de gradiente, para que al cambiar el flujo de corriente de unas respecto a las otras se puedan localizar planos en cualquier dirección (Rinck, 2019; Suraj *et al.*, 2021).

❖ **Bobinas de radiofrecuencia**

También conocidas como antenas, son componentes esenciales de los sistemas de adquisición de imágenes ya que son las encargadas de transmitir pulsos de radiofrecuencia (RF) y recibir las señales de RM emitidas por los núcleos atómicos en los tejidos. De ellas depende en gran medida la relación ruido-síñal y la uniformidad de la señal. Existen dos tipos principales de bobinas; de volumen y de superficie. Las bobinas de superficie están diseñadas para captar señales de RM de regiones localizadas, cercanas a la propia bobina, dado que tienen mayor sensibilidad que las de volumen. Estas últimas pueden captar señales de una región determinada o de todo el cuerpo, y además de recibirlas pueden actuar como emisoras de RF, en cuyo caso se denominan transceptoras (McJury *et al.*, 1994; Hernández *et al.*, 2003; Rinck, 2019).

❖ **Sistema informático**

El sistema informático necesario para llevar a cabo los estudios de RM es el que permite al operador controlar los pulsos de RF además del gradiente de pulsos y recolectar todos los datos para su procesamiento y producción de la IRM. El **sistema de adquisición de datos** es el encargado de transformar la señal analógica a digital (numérica), mediante un convertidor analógico-a-digital que la convierte en una gama de grises aplicando la conocida como Transformada de Fourier (Rinck, 2019; Suraj *et al.*, 2021).

Además de estos componentes principales que hemos mencionado, toda infraestructura de RM debe presentar un adecuado aislamiento electromagnético. Esto se debe a que las ondas presentes de manera habitual en nuestro entorno (radio, televisión...) pueden interferir con las procedentes del paciente, al ser captadas por receptores, provocando alteraciones en la imagen final de RM. Este revestimiento aislante recibe el nombre de **jaula de Faraday**, que es una estructura metálica, generalmente de cobre, para atenuar o bloquear esas interferencias electromagnéticas (Rinck, 2019).

III.7. Medios de contraste en RM.

Los agentes de contraste son sustancias que se utilizan para mejorar la visibilidad de ciertas estructuras o patologías en las imágenes de RM. Estos agentes se administran al paciente antes o durante el procedimiento de RM y pueden resaltar áreas anómalas al alterar las propiedades magnéticas de los tejidos circundantes. Desde el primer estudio de RM con contraste que se realizó a principios de la década de 1980, utilizando cloruro férrico, y la introducción en 1984 del gadolinio como agente de contraste, el empleo de este tipo de compuestos en RM ha ido en aumento (Young *et al.*, 1981; Carr *et al.*, 1984; Tang *et al.*, 2013). En su mayor parte los contrastes empleados son a base de gadolinio o partículas de magnetita superparamagnéticas, y son solubles en agua. Otros elementos empleados son el disprosio o el manganeso. Entre repercusiones del uso del gadolinio encontramos que acorta el T1 y T2, y en consecuencia aumenta la intensidad de señal de imágenes potenciadas en T1 (Fig.15), mientras que la reduce en T2. Los contrastes con iones de metales de transición como el manganeso (II) o el hierro (III) modifican la relajación T2 (Wood *et al.*, 1993; Mitchell *et al.*, 1996; Yurt *et al.*, 2008; Shokrollahi, 2013). Resulta importante resaltar que algunos agentes de contraste pueden resultar tóxicos, especialmente aquellos con iones metálicos. Por ello, y para reducir este efecto negativo, se emplean complejos quelados por ejemplo en el caso del gadolinio (III) o los iones lantánidos (Thunus *et al.*, 1999). Por último debemos mencionar que las principales vías de administración de este tipo de sustancias son la oral, fundamentalmente en estudios del tracto gastrointestinal, y la intravenosa (Tang *et al.*, 2013).

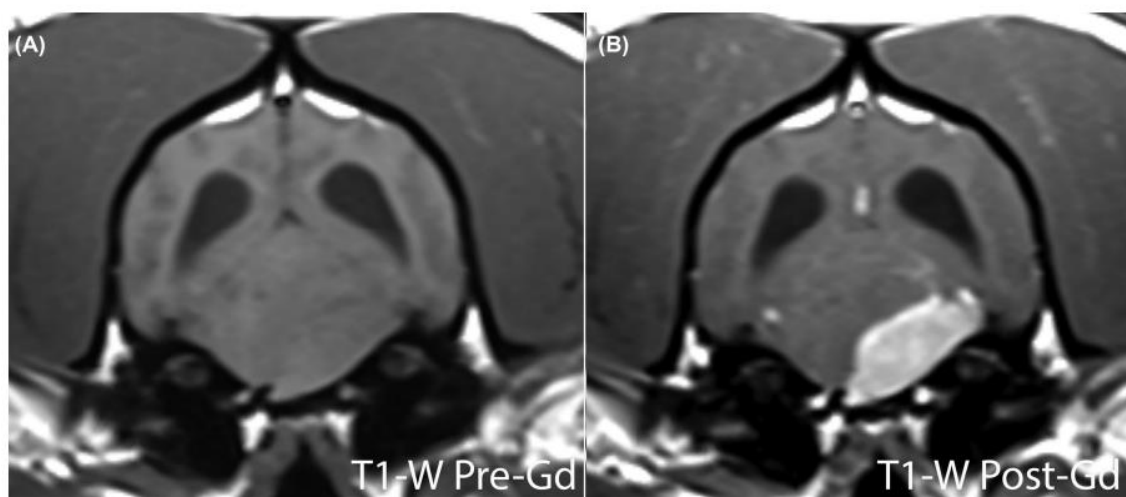


Figura 15. Imágenes transversales de resonancia magnética pre (A) y poscontraste (B) de gadolinio, potenciadas en T1. Se evidencia una gran masa extraaxial que realza el contraste. Fuente: Bartels *et al.*, 2018.

En la actualidad se investiga el uso de nuevas sustancias que puedan emplearse como medios de contraste en RM. Tal es el caso de las

nanopartículas de óxido de hierro (IONP) que han aparecido como alternativa a los contrastes convencionales, presentando una elevada biocompatibilidad y propiedades magnéticas. Sin embargo, son necesarios un mayor número de estudios in vivo (Avasthi *et al.*, 2020).

III.8. Artefactos en la imagen de RM.

Los artefactos en resonancia magnética (RM) son anomalías, distorsiones o imperfecciones no deseadas en las imágenes de RM que pueden reducir la calidad de las mismas y dificultar su interpretación clínica. Estos artefactos pueden surgir de diversas fuentes y tener múltiples causas. A continuación se presentan algunos de los artefactos más comunes en RM.

❖ Artefactos por movimiento.

Este tipo de artefacto puede estar relacionado con los movimientos voluntarios del paciente, debido en muchos casos a períodos de exploración prolongados. En medicina veterinaria este tipo de procedimientos se suelen realizar bajo sedación o anestesia, minimizándolos. Sin embargo, los movimientos involuntarios del paciente tales como la respiración, el latido cardíaco, el flujo sanguíneo o de LCR o el peristaltismo gastrointestinal, también pueden generar este tipo de artefactos. Los movimientos, sea cual sea su origen, provocan la aparición de ruido y por ello la imagen de la zona afectada puede aparecer borrosa o con múltiples bandas (Fig. 16). Para evitar o reducir la presencia de este tipo de alteraciones podemos sincronizar el muestreo con los ciclos respiratorios y cardíacos (aplicando la secuencia de pulso tras los complejos QRS por ejemplo), utilizar técnicas rápidas con respiración contenida o de supresión grasa, disminuir el tiempo de adquisición o aumentar el número de adquisiciones entre otros. El empleo de fármacos para reducir el peristaltismo GI también puede ser considerado (Sobejano *et al.*, 1992; Karis, 2000; López, 2000; Millán, 2000).



Figura 16. Imágenes transversales de RM en T2W del abdomen craneal de un Greyhound, que muestran artefactos de movimiento (flechas) en la dirección de codificación de fases (de derecha a izquierda). El artefacto se debió principalmente al movimiento respiratorio. Fuente: Mai, 2018.

❖ **Artefactos por desplazamiento químico.**

Pueden aparecer en estudios de RM de regiones corporales con una interfase grasa-agua, ya que son debidos a la diferencia de las frecuencias de precesión de estos dos compuestos. En la imagen veremos bandas; por un lado una banda oscura a un lado del tejido que contiene agua y por otra una banda brillante, debida a la superposición de señales. Entre las opciones para reducir o evitar la aparición de este tipo de anomalías encontramos las técnicas de supresión grasa o el empleo de un mayor ancho de banda (Álvarez *et al.*, 2012).

❖ **Artefactos de susceptibilidad magnética.**

La susceptibilidad magnética es una propiedad de los tejidos que depende de la capacidad que tienen de magnetizarse al ser sometidos a un campo magnético. Estos artefactos son debidos a la presencia de sustancias u objetos ferromagnéticos ya sea dentro del paciente (grapas, clips vasculares, placas o agujas traumatológicas...) o bien externamente (correas, collares, fijadores externos...). La mejor forma de evitarlos es realizar una adecuada anamnesis y exploración del paciente antes de iniciar el procedimiento (López, 2000).

❖ **Artefactos de superposición: aliasing, wrap around, foldover.**

Se genera por la superposición de estructuras localizadas fuera del campo de visión (FOV), de forma que la señal es recogida en el lado opuesto de la imagen. Se produce por tanto cuando el tamaño del FOV es menor al del objeto examinado. La manera más sencilla de prevenir su aparición es aumentar el campo de visión, pero también podemos utilizar filtros analógicos, llevar a cabo adquisiciones intercaladas, emplear antenas de superficie o cambiar la dirección de codificación (López, 2002).

❖ **Artefactos de truncación.**

También conocidos como **artefactos de Gibbs** son debidos a una limitación del rango de frecuencias que se codifican para generar la imagen, lo que genera un muestreo insuficiente de altas frecuencias provenientes de los lugares donde hay cambios bruscos de intensidad de señal. Su apariencia (banda hipo e hiperintensas alternativamente) puede dar lugar a confusión con los artefactos de movimiento. Una de las maneras de evitarlos es aumentar la matriz de adquisición. También se pueden emplear filtros de datos brutos (Millán, 2000; Álvarez *et al.*, 2012).

III.9. Estudios anatómicos mediante RM en medicina veterinaria.

En esta sección, vamos a recopilar los principales estudios anatómicos realizados en animales, utilizando resonancia magnética.

❖ Carnívoros domésticos

▪ Cabeza y cavidades cefálicas

Nos centraremos en trabajos relativos a la especie canina y felina dada su relevancia en medicina veterinaria. En lo que a la región de la cabeza se refiere comenzaremos destacando algunos de los primeros estudios que se realizaron mediante RM, como es el caso de Buonanno *et al.*, (1982), que empleando un equipo de 1,44 T describió la anatomía del cráneo del gato. Otros autores relevantes son Kraft *et al.*, que años más tarde, en 1989, aportaron interesantes datos al conocimiento morfológico y la topografía del craneoencéfalo del perro mediante un tomógrafo de 1,5 T. Ya en la última década del siglo XX, citar las aportaciones de De Haan *et al.* (1994) acerca del sistema ventricular canino y el empleo del gadolinio para su correcta visualización, de Hudson *et al.* (1995), quienes estudiaron el encéfalo del gato, de Arencibia *et al.* (1995), que aportaron diversas imágenes de las estructuras craneoencefálicas del perro en diferentes planos y con un aparato de 0,5T, o de de Kii *et al.* (1997) que en la misma especie valoraron con un equipo de 0,2T los ventrículos laterales. Por su parte, Snellman *et al.* realizan en 1999 estudios de la región craneoencefálica del perro con un equipo de bajo campo (0,1T).

Cabe mencionar que estos estudios iniciales fueron posibles también gracias a las aportaciones respecto a la técnica de autores como Kärkkäinen *et al.* (1991), que estableció referencias sobre parámetros físicos de RM en el perro, Stewart *et al.* (1992), con experiencias respecto a la metodología a seguir en pacientes con problemas neurológicos, o de Tidwell *et al.* (1994) que valoró técnicas de imagen en pacientes de corta edad. También Yamada *et al.*, en 1995, implantó los requerimientos técnicos necesarios para el estudio del sistema nervioso central en cachorros de gato. Numerosas son las referencias bibliográficas vinculadas al estudio anatómico del cerebro, tanto en la especie canina (Leigh *et al.*, 2008; Kang *et al.*, 2009; Martin-Vaquero *et al.*, 2011; Mogenicato *et al.*, 2011; Datta *et al.*, 2012; Czeibert *et al.*, 2019), como felina (Mogenicato *et al.*, 2012; Gray-Edwards *et al.*, 2014). Autores como Thames *et al.* (2010) han evaluado el cerebelo del

perro mediante RM, en este caso con un equipo de 1,5T. Estudio también del cerebelo pero en el gato, realizaron Huizing *et al.* en 2017, valorando la forma del cerebelo felino y del hueso occipital en relación a la raza. Destacan las publicaciones relativas a los diferentes nervios craneales y su topografía, de autores como Couturier *et al.* (2005), Gomes *et al.* (2009), Pettigrew *et al.*, (2009), o Swain *et al.* (2020). El estudio de la glándula pituitaria ha sido el tema central en los trabajos de investigadores como Graham *et al.* (2000), Kippenes *et al.* (2001), Wallack *et al.* (2003) o Häußler *et al.* (2018). También el análisis de otras estructuras nerviosas con técnicas de RM ha quedado reflejado en la bibliografía. Encontramos autores como Kim *et al.* (2023) que analizan el diámetro del tronco encefálico en razas de perro pequeñas.

Además de los artículos relativos al sistema nervioso, debemos mencionar otros como los que abordan el estudio de las cavidades nasales y senos paranasales, destacando el trabajo de De Rycke *et al.* (2003) que los evalúa combinando RM y TC. Posteriormente, en 2006, Kneissl *et al.* valoran las características por RM de los linfonodos de la cabeza y el cuello de perros normales.

- **Cuello**

Los estudios anatómicos del cuello mediante resonancia magnética son escasos. Destacan aquellos del espacio visceral del cuello, valorando la laringe (Vázquez *et al.*, 1998), los diferentes linfonodos a este nivel (Kneissl *et al.*, 2006), o la glándula tiroides (Taeymans *et al.*, 2008a). Son más numerosos los estudios relativos al sistema músculoesquelético, y que abordaremos en el apartado del esqueleto axial de esta misma sección.

- **Tórax**

La cavidad torácica también ha sido valorada mediante RM. Así destacan trabajos como el de Salvatore *et al.* (1988) que estudian con esta técnica las cavidades torácica y abdominal del perro, empleando para ello un equipo de 0,5T, o Azhari *et al.* (1993), quienes utilizan imágenes de resonancia magnética en 3D para evaluar el corazón de la misma especie. En 2003, Vilar *et al.* realizan un estudio completo del tórax del perro combinando la RM con cortes anatómicos y diferentes planos de disección.

El estudio de los principales órganos torácicos como son el corazón y los pulmones ha sido el punto central de diversos estudios. Citar los trabajos relativos al corazón de Shapiro *et al.* (1989), Contreras *et al.* (2008), Mai *et al.* (2010), o Contreras *et al.*, que en 2011 publican un artículo acerca del estudio tridimensional de angiografía por resonancia magnética, empleando gadolinio, para evaluar la anatomía de la vasculatura torácica de una forma no invasiva en perros sanos de raza Beagle. Otros autores como Poveda *et al.* (2013) igualmente han estudiado la anatomía cardíaca en la especie canina. Numerosos también son los autores que han llevado a cabo estudios similares en el gato. Encontramos así a McDonald *et al.* (2005; 2006) que valoran el miocardio de gatos sanos y gatos con cardiomiopatía hipertrófica, Arencibia *et al.* (2016; 2019), que describen la angiografía por resonancia magnética normal del corazón y los vasos asociados en una gata usando un 1,5 Tesla, y proporcionan una descripción detallada de la apariencia normal de las estructuras cardiovasculares intratorácicas. Respecto a la valoración de la anatomía pulmonar destacan las aportaciones de Bell *et al.* (2015) acerca de la estructura y perfusión del pulmón.

▪ **Abdomen**

Entre las primeras referencias relativas a la anatomía del abdomen encontramos a Salvatore *et al.* (1998), que valora los órganos torácicos y abdominales del perro mediante TC, o Pietsch *et al.* (1998), Samii *et al.* (1999) y Newell *et al.* (2000) entre otros, que estudian la cavidad abdominal del gato incluyendo cortes anatómicos. Por su parte, García-Real (2000) presenta un trabajo acerca del abdomen y pelvis del gato, y Vilar (2001) realiza un estudio conjunto de la anatomía del cuello, tórax y abdomen craneal del perro comparando imágenes de RM con secciones anatómicas. Un año más tarde, Chang *et al.* (2002) realiza una publicación abordando el estudio del hígado del Beagle. Posteriormente, en el año 2003, las glándulas adrenales de perros sanos son descritas mediante imágenes de RM por Llabres-Díaz *et al.* En el año 2010, Vilar *et al.* realizan una nueva publicación acerca del abdomen craneal del perro. Además, en 2011, Fonseca-Matheus *et al.* publican su experiencia respecto a la nefrografía por resonancia magnética dinámica con contraste, empleando como sujetos de estudio a perros clínicamente normales.

Otros trabajos más recientes vinculados al hígado son los de Heo *et al.* (2012), quienes realizan una colangiopancreatografía por resonancia magnética dinámica y ecografía pancreática en perros normales, Marks *et al.* (2014), que evalúan los efectos del contraste de gadoxetato disódico sobre las características de la resonancia magnética del hígado en perros clínicamente sanos, o de Marolf *et al.* (2016), que valoran mediante TC y RM el sistema hepatobiliar y páncreas.

Entre los estudios de RM relativos al sistema circulatorio debemos mencionar autores como Mai (2009) que llevó a cabo una angiografía portal por RM en el perro, y más recientemente, Lee *et al.* (2022), que evaluaron de la aorta abdominal y las arterias ilíacas externas mediante angiografía por resonancia magnética con contraste en gatos clínicamente sanos.

- **Pelvis**

En cuanto la pelvis, y de forma análoga a lo que hemos descrito con regiones corporales como el cuello, son pocos los estudios que se centran exclusivamente en la cavidad pelviana y sus órganos. Encontramos así trabajos como los de García-Real (2000), que estudia por resonancia magnética el abdomen y la pelvis en el gato y establece una correlación anatómica con cortes anatómicos de los mismos animales, obtenidos en los mismos planos.

Entre los estudios más específicos cabe mencionar el de Stolzenburg *et al.* (2006), valorando mediante reconstrucción tridimensional los esfínteres uretrales caninos, Armbrust *et al.* (2008), que realizan RM para estudiar la médula ósea en pelvis de perros jóvenes, o más recientemente, el artículo de Jung *et al.* (2016) proporcionando las características de referencia normales de los sacos anales caninos y felinos utilizando ultrasonido e imágenes por resonancia magnética de bajo campo.

- **Esqueleto axial**

Destacamos de entre las primeras referencias relacionadas con la anatomía de la columna vertebral el trabajo de Sether *et al.* (1990), que mediante un equipo de 1.5T y empleando técnicas de disección, realizan un estudio anatómico en el perro. Por otra parte, citar el estudio morfológico de Sande (1992) aunando distintas técnicas de imagen, incluida la RM. Más recientes son las aportaciones de De Decker *et al.* (2010), respecto a los hallazgos por resonancia magnética de bajo campo de la porción caudal cervical en Doberman Pinschers y Foxhounds clínicamente normales, de Hecht *et al.* (2014), que realizaron

mediciones de la médula espinal y canal vertebral de perros sanos empleando la RM, o de Alizadeh et al. (2016), que publicaron un atlas de la anatomía musculoesquelética de la región cervical normal del perro, utilizando la RM. En 2018 se realizan 2 publicaciones notables en este campo, como son las de Düver et al., que valoran la relación entre el disco intervertebral cervical y el cuerpo vertebral de diferentes razas de perros según la resonancia magnética sagital, y de Mai et al., quienes estudian la anatomía espinal normal y sus patologías asociadas. Dos años más tarde, en 2021, debemos mencionar un interesante trabajo elaborado por Toossi et al., que crean un atlas de resonancia magnética de alta resolución de la médula espinal lumbosacra de diferentes especies, incluyendo el perro el gato y el humano. Ese mismo año, Lee *et al.* (2021), llevan a cabo una evaluación morfométrica del canal espinal cervical y la médula en perros normales de raza pequeña. Finalmente citar las aportaciones a la anatomía cervical canina de Micheau *et al.* (2023) con un atlas de vistas transversales de RM.

▪ **Esqueleto apendicular**

La imagen por resonancia magnética también ha sido de utilidad en el estudio anatómico de los miembros anterior y posterior. Destacamos así los trabajos referidos a la articulación de la rodilla de Widmer *et al.* (1991), Sager *et al.* (1996) o Baird *et al.* (1998), quienes mediante imágenes de RM de bajo campo, estudiaron la anatomía normal de la rodilla canina. Otros autores relevantes en este ámbito son Janach *et al.* (2006), que evalúan la geometría cubital por RM, Soler *et al.* (2007), con un estudio anatómico por ecografía, tomografía computarizada y resonancia magnética de la articulación de la rodilla canina normal, o Pujol *et al.* (2011), que valoran la rodilla canina mediante resonancia magnética de bajo campo y artrografía por IRM. También Podadera *et al.* (2014), que estudian el ligamento cruzado craneal canino normal mediante imágenes de resonancia magnética de bajo campo. Más recientemente, en 2018, Micheau *et al.* elaboran un atlas interactivo de la articulación de la rodilla del perro basado en imágenes de RM. Ese mismo año Pownder *et al.* (2018), sacan un interesante artículo acerca de valores T2 del cartílago articular de la rodilla en beagles sanos.

En relación a la articulación del codo citar los trabajos de Snaps *et al.* (1998), comparando diferentes secuencias de RM para valorar dicha articulación en el perro, Bauemlin *et al.* (2010), que

realizan un estudio anatómico completo, o Zhalniarovich *et al.* (2014), también combinando diferentes secuencias de RM.

Otras publicaciones han sido realizadas en torno a la cadera, como la de Kamishina *et al.*, que en 2006 y empleando un equipo de alto campo (4.7T), la estudia en la especie felina. Por otra el estudio de la articulación del hombro ha sido tema central de las publicaciones de Van Bree *et al.* (1995), quienes realizan artrografía por resonancia magnética de la articulación escápulo-humeral en perros utilizando gadopentetato de dimeglumina como agente de contraste. Posteriormente, en 2006, Schaefer *et al.*, acometen un estudio de la misma región corporal y en la misma especie.

Debemos destacar que además de las articulaciones principales de los miembros torácico y pelviano, la RM ha permitido el estudio anatómico de los ligamentos del carpo en la especie canina (Nordberg *et al.*, 1999), las cabezas femorales de perros sanos (Bowlus *et al.*, 2008), y más actualmente, de los nervios ciático y femoral en caninos (Sievert *et al.*, 2017).

▪ **Órganos de los sentidos**

Los estudios anatómicos de resonancia magnética de los órganos de los sentidos en perros y gatos se centran en su mayor parte en el globo ocular y el oído. Respecto a este último debemos citar autores como Allgoewer *et al.* (2000) con un trabajo acerca del oído medio felino, Knesissl *et al.* (2004), que valoraron la anatomía del oído medio e interno, o Wolf *et al.* (2011), que estudian el oído del perro, tratando además, de optimizar la calidad de la imagen.

En lo relativo al globo ocular, mencionar las aportaciones anatómicas iniciales, en las especies canina y felina, de Grahn *et al.* (1993) o Morgan *et al.* (1994), quienes emplearon RM de alto (2T) y bajo (0.5T) campo respectivamente. Años más tarde, en la década de los 2000, Shen *et al.* (2006) utiliza un equipo de 4.7T para estudiar la retina del gato. Dos años más tarde, Boroffka *et al.* (2008) publican un trabajo acerca del nervio óptico canino, valorado mediante RM. Más actuales las publicaciones de Lodzinska *et al.* (2021), con imágenes de RM de la vaina del nervio óptico y el globo ocular en gatos, Manchip *et al.* (2021), enfocada en la especie canina, o Yilmaz *et al.* (2021), que elaboran un análisis morfométrico del ojo en gatos. Del pasado año debemos mencionar el artículo de Ivan *et al.* (2022), combinando RM de alto campo (3T), ecografía y biomicroscopía para la valoración del ojo de perros sanos.

❖ Ungulados domésticos

▪ Équidos

La producción científica en relación a la anatomía por RM de los équidos no ha sido tan cuantiosa como en el caso de los pequeños animales, siendo además el caballo, la especie predominante. No obstante, la mayoría de publicaciones versan sobre la anatomía de la cabeza, cuello, y extremidades, dada su importancia anatomoclínica, y la baja disponibilidad de equipos adaptados a grandes animales.

Entre las primeras publicaciones en relación a la cabeza del caballo encontramos a autores como Morgan *et al.* (1993), con un trabajo relativo al ojo y la órbita. Destaca el estudio de Chaffin *et al.* (1997) acerca de la cabeza del potro, por ser realizado in vivo. Más adelante, en el 2000, Arencibia *et al.* valoran mediante un tomógrafo de 1.5T y secciones anatómicas, la cavidad nasal y senos paranasales. Al siguiente año encontramos el trabajo de Marvá (2001), quien empleando también un equipo de 1,5T, evalúa los divertículos de las trompas auditivas del caballo. Combina en dicho estudio la RM con los cortes anatómicos y la TC. También en 2001, Vázquez *et al.* y Arencibia *et al.* centran sus estudios en el cerebro y sus estructuras asociadas, del caballo adulto. Tucker *et al.* (2001) estudian la cabeza en su conjunto, empleando además de RM, TC. Posteriormente Passino *et al.* (2003) abordan también el estudio de la cabeza mediante RM, en este caso en potros. Trabajos más recientes relativos a la región craneoencefálica son el de Aref *et al.* (2019), que identifican por medio de cortes anatómicos y RM las estructuras normales de la cabeza de caballo, con especial referencia a los senos paranasales, o el de Schmidt *et al.* (2019), que describen la neuroanatomía del cerebro equino por imágenes de resonancia magnética de alto campo (3T). También resulta interesante el artículo de 2022 de Hobbs *et al.* describiendo la glándula pituitaria normal del equino.

Como ya mencionamos, el sistema musculoesquelético es otro de los grandes estudiados en lo que a anatomía del equino por RM se refiere. A nivel de las extremidades destacamos estudios como los de van der Straaten (2009), o Daghish *et al.* (2018) acerca de la normal anatomía de la articulación de la rodilla. También la investigación anatómica mediante RM ha sido fructífera en la valoración de diferentes ligamentos. Sirvan de ejemplo las publicaciones de Bischofberger *et al.* (2006), en torno a la evaluación del ligamento suspensorio por RM, ecografía e

histología, de Spriet *et al.* (2007), respecto a los ligamentos colaterales normales de la articulación interfalángica distal evaluados con RM de bajo campo, o Nagy *et al.* (2011a) acerca de los hallazgos anatómicos, de resonancia magnética e histológicos en el ligamento accesorio del tendón flexor digital profundo de las extremidades anteriores del caballo.

Otras experiencias que merecen citarse son las de Hevesi *et al.* (2004) que elaboran un estudio comparativo de la región navicular de potros y caballos adultos empleando un tomógrafo de 1.5T. Ese mismo año, Busoni *et al.* (2004), publican su estudio acerca del aparato podotrocLEAR equino, combinando secuencias de pulso en un equipo de 1.5T.

También el carpo, y sobretodo, el tarso son el tema central de diversos trabajos. Así, respecto al carpo, debemos mencionar las publicaciones de Kaser-Hotz *et al.* (1994), utilizando conjuntamente TC y RM, o Nagy *et al.* (2011b), quienes describen su anatomía por resonancia magnética de alto y bajo campo. Numerosas son las publicaciones vinculadas al tarso equino, de autores como Blaik *et al.* (2000), Latorre *et al.* (2006), Lempe-Troillet *et al.* (2013), Dyson *et al.* (2017) o Biggi *et al.* (2018), utilizando estos últimos, resonancia de bajo campo.

Respecto a la región anatómica del dedo equino citar las aportaciones al conocimiento de su anatomía de Park *et al.* (1987), Martinelli *et al.* (1996; 1997), Kleiter *et al.* (1999) o Choquet *et al.* (2000), empleando estos últimos, tomógrafos de alta (1.5T) y baja (0.1T) intensidad de campo. Más recientemente Micheau *et al.* (2020) elaboran un módulo online de anatomía del pie y casco del caballo, con imágenes por RM en vistas sagitales, transversales y dorsales de gran calidad.

▪ **Suidos**

Son numerosos los artículos que emplean la RM para el estudio anatomopatológico del cerdo, sin embargo, en su mayoría están relacionados con la experimentación biomédica y su importancia desde la óptica veterinaria es menor. Sirvan de ejemplo los estudios de Marcilloux *et al.* (1993), analizando el cerebro porcino, o de Fil *et al.* (2021), que con RM de alto campo estudian el cerebro de ejemplares de diferentes edades. Otros autores destacados son Mitchell *et al.* (2001), quienes analizan diferentes órganos y tejidos porcinos mediante IRM, Petراسي *et al.* (2001), valorando el corazón del cerdo mediante RM dinámica, Habib *et al.* (2013), quienes estudian con RM la vasculatura de la cabeza y el cuello de cerdos del Yucatán, Kyllar *et al.* (2014), con un

artículo acerca de las estructuras craneofaciales del cerdo, o Schmidt (2015) con una Tesis Doctoral de anatomía del cerebro del cerdo, con especial atención a la corteza cerebral.

- **Rumiantes domésticos**

En relación a los **pequeños rumiantes**, debemos citar los trabajos de Fowler *et al.* (1990; 1991), evaluando la glándula mamaria de la cabra. En 2011, resaltar el estudio de Kassab que evalúa el cerebro normal de la cabra empleando RM y cortes anatómicos. Un año más tarde Schmidt *et al.* (2012) elaboran un artículo de anatomía comparada del cerebro de rumiantes domésticos, incluyendo la cabra, la oveja y la vaca. Son varias también, las referencias vinculadas al estudio anatómico de la oveja mediante IRM. Así destacan autores como Jani *et al.* (2005), empleando la RM para realizar mediciones de pulmones y otros órganos en fetos ovinos, Vandeweerd *et al.* (2013), estudiando la anatomía de la rodilla por RM, Zilkens *et al.* (2013), valorando por RM e histología el cartílago de la articulación de la cadera en ovejas aparentemente sanas, Nisolle *et al.* (2014), quienes describen la anatomía de la columna lumbar ovina mediante IRM, Staudacher *et al.* (2014) estudiando el tronco encefálico ovino, Lee *et al.* (2015), con una publicación de RM funcional del cerebro de la oveja, o Ghaderi *et al.* (2023), con un interesante trabajo de anatomía macroscópica, tomografía computarizada, resonancia magnética y densitometría mineral ósea de la articulación metacarpo/metatarsofalángica ovina.

En la **vaca** encontramos algunos trabajos referidos al estudio del ojo, como es el caso del de Williams *et al.* (1990) acerca de los tejidos oculares. Mucho más recientes son los artículos de Raji *et al.* (2009) valorando el dedo de la vaca mediante RM, de Schmidt *et al.* (2009), referente a la neuroanatomía cerebral del ternero con RM de alto campo, de Ehlert *et al.* (2011), combinando cortes anatómicos e IRM del tarso, de Hagag *et al.* (2018) con imágenes ecográficas y de resonancia de las articulaciones metatarso y metacarpofalangianas, o más recientemente de Hagag *et al.* (2022), evaluando el carpo de esta especie.

Mencionar por otra parte que en 2014, Sherif *et al.* realizan una publicación con imágenes por resonancia magnética de la articulación normal de la rodilla en **búfalos** (*Bubalus bubalis*).

También han sido relevantes las aportaciones al conocimiento anatómico del **camello**. Destacan autores como Arencibia *et al.* (2004; 2005) con sendos estudios anatómicos de las estructuras craneoencefálicas de neonatos y ejemplares adultos respectivamente, empleando un equipo de 1.5T. En la misma especie, pero más actuales, son las publicaciones de Al Mohamad *et al.* (2021) referida al tarso, o de Sary *et al.* (2022), describiendo las características por ecografía y resonancia magnética de los testículos y el epidídimo normales, además de realizar angiografía de la arteria testicular.

❖ **Animales exóticos y de vida libre**

El estudio del sistema nervioso de muchos **roedores**, mediante RM, ha dado lugar a infinidad de publicaciones. Sin embargo, se trata en su mayoría de estudios relacionados con investigación médica, extrapolándose dichos datos a la especie humana, y no siendo estudio anatómicos propiamente dichos. Por tanto con menor relevancia desde el punto de vista veterinario. Ejemplo de ello son las publicaciones de Heilmann *et al.* (2012) o Hua *et al.* (2023), ambas con el **ratón** (*Mus*) como animal de experimentación. Trabajos realizados en roedores y que sí son interesantes desde la óptica de la veterinaria son los de Hansen *et al.* (1980), Johnson *et al.* (1987), o Maki *et al.* (1991) en la **rata** (*Rattus*), Ceckler *et al.* (1991) estudiando el ojo del conejo, o de Yamada *et al.* (1995) y Shutter *et al.* (1995), en ratas también. Mencionar por otra parte, los estudios hepáticos en conejos llevados a cabo por Canet *et al.* (1996). Ya en 2021, destaca la investigación anatómica por resonancia magnética de la próstata de conejo llevada a cabo por Dimitrov.

Dentro de este apartado mencionaremos los trabajos relacionados con otro tipo de animales como el **delfín mular** (*Tursiops truncatus*), cuyo cerebro fue estudiado por Ridgway *et al.* (2006) mediante RM funcional. Relacionadas igualmente con animales marinos son las aportaciones neuroanatómicas realizadas por Marino *et al.* (2001,2002, 2003a, 2003b) mediante RM en **cetáceos**. Posterior es el estudio en **leones marinos** (*Otariinae*) de Montie *et al.* (2009) sobre las estructuras cerebrales. A destacar también el trabajo de Kassab *et al.* (2007) combinando RM y anatomía seccional para estudiar el cerebro del **zorro rojo** (*Vulpes vulpes*). Otro animal ampliamente valorado desde el punto de vista anatómico es el *Panthera tigris tigris* o **tigre de Bengala** (Snow *et al.*, 2004; Arencibia *et al.*, 2015; Arencibia *et al.*, 2019; Encinoso *et al.*, 2019), incluyendo el craneocéfalo y las articulaciones del tarso, la rodilla y el codo.

Los estudios anatómicos en **reptiles** empleando la RM son más escasos, debido entre otras cosas a la duración del procedimiento de escaneo. Aún así encontramos autores como Wyneken (2005), Lauridsen *et al.* (2011) o Gumpenberger (2021), que en diversas publicaciones han valorado su uso en estas especies.

Destacamos dentro del grupo de los reptiles a las tortugas, que cuentan con diversos estudios anatómicos mediante RM. Citar autores como Rubinsky *et al.* (1994), con un interesante artículo en el que valoran la cavidad celómica de crías de tortugas pintadas (*Chrysemys picta marginata*) tolerantes a la congelación, Straub *et al.* (2001), que describen el uso de las diferentes técnicas de diagnóstico por imagen en quelonios, Contreras *et al.* (2005), que estudian la cabeza de la tortuga boba (*Caretta caretta*) mediante un equipo de RM de 0,5T, Valente *et al.* (2006), que realizan un trabajo acerca del estudio por RM y cortes anatómicos de las cavidades celómicas de la misma especie, o Mathes *et al.* (2010), que combinan TC y RM en el estudio de los órganos de tortugas de los géneros *Trachemys* y *Pseudemys spp.* En este sentido, mencionar también los artículos de Arencibia *et al.* (2012), respecto a las características de RM y cortes anatómicos de la cabeza de juveniles de tortuga boba, Summa *et al.* (2012), que evaluaron las cavidades celómicas de la tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*) y la tortuga de vientre amarillo (*Trachemys scripta scripta*) empleando también RM y cortes anatómicos. Posteriormente, en 2017, Mathes *et al.* publican sus resultados acerca de las mediciones de imágenes por resonancia magnética de órganos de la cavidad celómica de tortugas de orejas rojas, tortugas de vientre amarillo, tortugas de la llanura costera (*Pseudemys concinna floridana*) y tortugas de río jeroglíficas (*Pseudemys concinna hieroglyphica*).

Otros reptiles valorados en estudios de RM han sido las serpientes, destacando la publicaciones de Anderson *et al.* (2000), en relación al cerebro de la culebra (*Tamnhophis sirtalis*), y de Hansen *et al.* (2013), que estudian la volumetría de los órganos durante la digestión en pitones birmanas (*Python bivittatus*). Finalmente citar también el artículo de Foss *et al.* (2022), que elaboran un atlas del cerebro del dragón barbudo (*Pogona vitticeps*).

Hablaremos a continuación de los principales artículos científicos relacionados con el estudio mediante RM de la anatomía de las **aves**, con especial atención a la neuroanatomía.

Entre los primeros artículos, en relación al sistema nervioso, encontramos el de Romagnano *et al.* (1996), que estudian el cerebro y la cavidad celómica de la paloma doméstica (*Columba livia*), o el de Verhoye *et al.* (1998) estudiando por RM *in vivo* el cerebro de pequeñas

aves como el canario (*Serinus canaria*). Emplearon para ello un imán de 1,5T y tomaron imágenes potenciadas en T1, T2 y T1 con contraste, además de cortes anatómicos, visualizando diferentes estructuras nerviosas (hemisferios cerebrales, cerebelo, quiasma óptico, lóbulos ópticos, tronco encefálico y médula espinal craneal. Además de la córnea, el cristalino y el vítreo) y celómicas (intestinos, cloaca, hígado, riñones, bazo, testículos y ovario entre otras). Un año más tarde, se publica el trabajo de Van der Linden *et al.* (1998), en el que se muestran imágenes tridimensionales del cerebro de pequeñas passeriformes como el canario (*Serinus canaria*), obtenidas in vivo y mediante RM de alta resolución. Mencionar también el artículo de Corfield *et al.* (2008), en el que se valoran detalles internos y de la morfología externa del cerebro de cuatro especies de kiwi (*Apteryx spp.*), además de realizar una estimación del volumen cerebral mediante modelos 3D. Posteriormente, en 2015, Jirak *et al.* presentan un estudio combinado de RM y TC para realizar un análisis cuantitativo preciso del cerebro de faisanes de cuello anillado (*Phasianus colchicus*). Al año siguiente De Groof *et al.* (2016) elaboran un atlas digital tridimensional del cerebro del estornino (*Sturnus vulgaris*) a partir de IRM. Debemos destacar el desarrollo de otros atlas digitales en 2008 (Poirier *et al.*), 2011 (Vellema *et al.*) y 2012 (Gunturkun *et al.*), basados en imágenes de RM, del cerebro de especies aviares como el diamante zebra (*Taeniopygia guttata*), el canario (*Serinus canaria*), o la paloma (*Columba livia*). Por otro lado, Stańczyk *et al.* estudian en 2018 mediante un equipo de 3.0T, el sistema nervioso central, el ojo y el oído interno de aves rapaces pertenecientes a seis especies diferentes, incluyendo el ratonero común (*Buteo buteo*) y el Milano real (*Milvus milvus*). También abordaron el estudio del globo ocular por RM Morgan *et al.* (1994), en este caso en el búho chico (*Otus asio*).

De entre los autores que han hecho publicaciones respecto al aparato respiratorio destacan Pepperberg *et al.* (1998), que realizan mediciones de la tráquea del loro gris (*Psittacus erithacus*) combinando TC, RM y disección. Del mismo modo, en el año 2013 Düring *et al.* realizan una evaluación de la siringe del diamante zebra (*Taeniopygia guttata*) mediante un modelo tridimensional basado en imágenes de TC y RM, consiguiendo identificar el cartílago, el hueso y la musculatura de esta estructura.

Debemos citar el reciente artículo de Abraham *et al.* (2023), en el que estudian la cavidad celómica de patos Pekín (*Anas platyrhynchos*) utilizando de manera conjunta TC y RM, y que ya fue estudiada también por Okan *et al.* (2013) con una unidad de RM de 3T, empleando en este caso, al pollo (*Gallus domesticus*).

Finalmente mencionar los trabajos relativos al desarrollo embrionario de las aves, estudiado mediante resonancia magnética, de autores como

Falen *et al.* (1991), que evalúan la estructura de la yema en el huevo del ave en desarrollo, Bone *et al.* (1986), quienes emplean embriones de pollo, Li *et al.* (2007), Ruffins *et al.* (2007), que realizan sus investigaciones en embriones de codorniz (*Coturnix japonica*), Hogers *et al.* (2009), o más recientemente, Streckenbach *et al.* (2023), que valoran el desarrollo *in ovo* de la extremidad superior del pollo con un equipo de 7T.

III.10. Estudios clínicos mediante RM en medicina veterinaria.

❖ **Carnívoros domésticos**

▪ **Cabeza y cavidades cefálicas**

La RM es la técnica de imagen de elección en alteraciones cerebrales. Así encontramos trabajos referidos a patologías diversas, en carnívoros domésticos, tales como quistes intracraneales (Vernau *et al.*, 2002; Matiasek *et al.*, 2007; Alves *et al.*, 2018), alteraciones infecciosas o inflamatorias (Lowrie *et al.*, 1989; Brennan *et al.*, 1993; Lotti *et al.*, 1999; Lamb *et al.*, 2005; Cherubini *et al.*, 2006; Carwardine *et al.*, 2013; Furtado *et al.*, 2014; Duperrier *et al.*, 2020; Im *et al.*, 2020), enfermedades degenerativas (Mariani *et al.*, 2001; Dewey *et al.*, 2020; Lewis *et al.*, 2021), patologías cerebrovasculares (Thomas *et al.*, 1996; Thomas *et al.*, 1997; McConnell *et al.*, 2005; Garosi *et al.*, 2006; Arnold *et al.*, 2020; Olszewska *et al.*, 2020), hematomas intracraneales (Kitagawa *et al.*, 2005; Tamura *et al.*, 2006; Stalin *et al.*, 2008; Whitlock *et al.*, 2021), o patologías cerebrales adquiridas o congénitas, como la hidrocephalia o el meningoencefalocelo (Vullo *et al.*, 1997; Targett *et al.*, 1999; Johnson *et al.*, 2001; Saito *et al.*, 2002; Gomes *et al.*, 2020; Günther *et al.*, 2020; Nozue *et al.*, 2020; Yu *et al.*, 2020). Finalmente mencionar la numerosa bibliografía referente al diagnóstico por IRM de procesos neoplásicos, incluyendo autores como Hammer *et al.*, 1990; Abrams-Ogg *et al.*, 1993; Duesberg *et al.*, 1995; Bertoy *et al.*, 1995; Hathcock *et al.*, 1996; Lipsitz *et al.*, 1999; Troxel *et al.*, 2004; Gruber *et al.*, 2006; Vural *et al.*, 2006; Hecht *et al.*, 2010; Wisner *et al.*, 2011; Wolf *et al.*, 2012; Bentley, 2015; Lampe *et al.*, 2021; Wanamaker *et al.*, 2021; Pons-Sorolla *et al.*, 2022).

Enfermedades vinculadas a la cavidad nasal también han sido objeto de estudio con RM para autores como Saunders *et al.* (2004), Miles *et al.* (2008), Drees *et al.* (2009), o Petit *et al.* (2023).

- **Cuello**

Al igual que en el caso de los estudios de RM anatómicos, son pocos los estudios clínicos relativos exclusivamente al cuello y su espacio visceral. Entre los más relevantes debemos citar a Boswood *et al.* (2003) con un trabajo referente a una estenosis nasofaríngea en un gato, Young *et al.* (2004), con un estudio relativo a un cuerpo extraño cervical diagnosticado por IRM, Taeymans *et al.* (2013), quienes valoraron carcinomas tiroideos mediante resonancia magnética, o Johnson *et al.* (2016), describiendo las características clínicas y de resonancia magnética de las lesiones en linfonodos retrofaríngeos mediales en perros y gatos con procesos inflamatorios y neoplásicos. Las patologías musculoesqueléticas de la región cervical serán abordadas en el apartado del esqueleto axial de esta misma sección.

- **Tórax**

El estudio de las patologías torácicas mediante RM se centra, fundamentalmente en órganos como el corazón y los pulmones. Destacan en relación a las patologías pulmonares los trabajos de Mayo *et al.* (1990), comparando los hallazgos de TC con imágenes por resonancia magnética del edema pulmonar hidrostático en pulmones de perros aislados, de Ferreira *et al.* (2005), describiendo un carcinoma de células pequeñas en el pulmón de un perro, o de Tanoli *et al.* (2007), que estudian el enfisema pulmonar en cánidos comparándolo con los hallazgos de TC. Otros autores relevantes respecto a enfermedades o alteraciones cardíacas son MacDonald *et al.* (2005a), realizando una comparación del contraste miocárdico mediante resonancia magnética cardíaca en gatos sanos y gatos con miocardiopatía hipertrófica, MacDonald *et al.* (2005b), con un estudio comparativo de RM y ecografía para diagnóstico de masas cardíacas en felinos, Da Silveira *et al.* (2016), valorando mediante elastografía por resonancia magnética el corazón de perros con hipertrofia ventricular derecha, Clark *et al.* (2022), demostrando la utilidad de la resonancia magnética cardíaca para diagnosticar isquemia miocárdica y fibrosis en perros con cardiomegalia secundaria a valvulopatía mixomatosa mitral, o Matthews *et al.* (2023), quienes detectan por RM anomalías del miocardio en perros infectados de forma natural con enfermedad de Chagas.

- **Abdomen**

En lo que a la cavidad abdominal se refiere, la RM ha sido empleada para investigar diferentes procesos patológicos tales como lesiones y masas esplénicas (Clifford *et al.*, 2004; Clifford *et al.*, 2005), colangitis y pancreatitis (Marolf *et al.*, 2013; Cridge *et al.*, 2021), diferentes neoplasias y lesiones hepáticas (Yonetomi *et al.*, 2012; Louvet *et al.*, 2015; Constant *et al.*, 2016), neoplasias mamarias (Garamvolgyi *et al.*, 2006) y hematopoyéticas (Feeney *et al.*, 2013), linfadenopatías (Yasuda *et al.*, 2004; Anderson *et al.*, 2015), y alteraciones vasculares como las trombosis (Sharpley *et al.*, 2009) o shunts portosistémicos (Seguin *et al.*, 1999; Bruehschwein *et al.*, 2010; Mai *et al.*, 2011). Otro tipo de malformaciones abdominales también han sido reportadas mediante RM, como es el caso de la transposición de la vena cava caudal en un perro (Duconseille *et al.*, 2010).

- **Pelvis**

La cavidad pelviana cuenta con menor cantidad de referencias que otras regiones anatómicas, en lo que a IRM para diagnóstico de patologías se refiere. Destacamos autores como Lee *et al.* (2016) que estudian tumores de células transicionales en la vejiga urinaria del perro, Tanaka *et al.* (2020), que emplean la RM para el diagnóstico de tumores prostáticos en el perro, o Tanaka *et al.* (2022), quienes evalúan mediante TC y RM leiomiomas y leiomiomas vaginales en la especie canina.

- **Esqueleto axial**

Acerca de patologías o alteraciones de la columna vertebral y la médula espinal debemos destacar procesos neoplásicos a este nivel diagnosticados por IRM, y reportados por autores como Kippenes *et al.* (1999), Wallack *et al.* (2002), Kim *et al.* (2005), Allet *et al.* (2016), Masciarelli *et al.* (2017), Auger *et al.* (2021) o Hanot *et al.* (2021). La enfermedad de los discos intervertebrales también ha sido ampliamente estudiada con esta técnica de imagen por Tidwell *et al.* (2002), Seiler *et al.* (2003), Ito *et al.* (2005), Besalti *et al.* (2006), Ryan *et al.* (2008), Levine *et al.* (2009), o Kranenburg *et al.* (2013).

Deben ser citadas también las publicaciones relativas a infecciones paraespinales en el perro y el gato (Holloway *et al.*, 2009), empiemas epidurales (Monteiro *et al.*, 2016) o procesos inflamatorios (Gonzalo-Orden *et al.*, 2000a; Kathmann *et al.*, 2006; Carrera *et al.*, 2011; Harris *et al.*, 2013; de Freitas *et al.*, 2022). También las fracturas, subluxaciones y la presencia de otras alteraciones como los osteofitos a nivel de la columna vertebral

quedan recogidos en los trabajos de diferentes autores como Adams *et al.* (1995), Johnson *et al.* (2012), o Capasso *et al.* (2023).

En 2001 destaca un artículo de Lipsitz *et al.*, abordando la mielopatía estenótica cervical en el perro. Con una temática similar, e incluyendo otras posibles causas, encontramos otros trabajos centrados también en las mielopatías, como los de Abramson *et al.* (2003), Penderis *et al.* (2004), Abramson *et al.* (2005), Da Costa *et al.* (2006), Risio *et al.* (2007), o Driver *et al.* (2019).

Alteraciones como la espina bífida, displasia de las facetas articulares vertebrales, o malformaciones de los cuerpos vertebrales, han sido diagnosticadas y abordadas por Taga *et al.* (1998), Penderis *et al.* (2005) y Wyatt *et al.* (2018), en sendos trabajos de investigación.

Citar también las aportaciones de Webb *et al.* (2001), que diagnostican quistes ganglionares en la región lumbar del perro y Gnirs *et al.* (2003), quienes diagnostican quistes subaracnoideos mediante RM en la misma especie, o Mayhew *et al.* (2002), Rossi *et al.* (2004), Forterre *et al.* (2006) y Herzig *et al.* (2021), acerca del síndrome de cauda equina. Finalmente mencionar a Gonçalves *et al.* (2009), con un completo trabajo acerca de las diferentes patologías medulares en el gato, y a Wise *et al.* (2022), que estudiaron los hallazgos en tomografía computarizada y resonancia magnética de la articulación sacroilíaca en perros de razas grandes.

▪ **Esqueleto apendicular**

La aplicación de la resonancia magnética ha resultado también de utilidad en el abordaje diagnóstico de patologías que afectan a las extremidades. En lo concerniente a las extremidades anteriores destacan autores como Widmer *et al.* (1994), que aportan imágenes radiográficas y de resonancia magnética de la articulación de la rodilla en perros con osteoartritis, Baird *et al.* (1998), con un estudio acerca de lesiones subcondrales similares a quistes en perros con deficiencia del ligamento cruzado craneal, Winegardner *et al.* (2007), que valoran mediante RM lesiones subarticulares de la médula ósea en perros con cojera asociada a patologías de la rodilla, Boileau *et al.* (2008), quienes exponen el valor de la RM para valorar la progresión de la osteoartritis de rodilla en el perro, Barret *et al.* (2009), con un estudio retrospectivo de los hallazgos de resonancia magnética en 18 perros con lesiones en la rodilla, o Przeworski *et al.* (2016), que

realizan un estudio comparativo del uso la RM de bajo y alto campo en trastornos de la rodilla en la especie canina. Mencionar el trabajo de Kaiser *et al.* (2001) valorando la luxación de rótula con RM.

Respecto a las extremidades anteriores, citar autores como van Bree *et al.* (1993), con un artículo en el que valoran lesiones de osteocondrosis del hombro canino, Snaps *et al.* (1997), que correlación los hallazgos de radiografía, RM y cirugía en perros con displasia de codo, o Piola *et al.* (2012), describiendo los hallazgos de RM en la osificación incompleta del cóndilo humeral canino. Un año más tarde, en 2014, de Bakker *et al.* estudian entesopatías a nivel del codo de la misma especie, y en 2016 Pownder *et al.* consiguen diagnosticar por resonancia magnética necrosis avascular del hueso intermedioradial del carpo en el perro.

Otro grupo de patologías descritas a nivel de las extremidades son las tendinopatías y ligamentopatías. Encontramos en este ámbito autores como Böttcher *et al.* (2010), que estudian el valor de la resonancia magnética de bajo campo en el diagnóstico de desgarros de menisco en la rodilla canina en relación a la deficiencia natural del ligamento cruzado craneal, o Yoon *et al.* (2013) que evalúan el manejo quirúrgico y empleo de RM en la avulsión traumática del tendón del tríceps en un perro. Otros autores al respecto dignos de mención son, Kaiser *et al.* (2016), los cuales estudian la musculotendinopatía del gastronemio por medio de la RM en varias razas de perros, y Lin *et al.* (2020), quienes destacan la utilidad de la resonancia magnética para la evaluación de una rotura del tendón calcáneo común en la misma especie.

▪ **Órganos de los sentidos**

La resonancia magnética se considera superior a la TC para el estudio del globo ocular y estructuras relacionadas. Encontramos así diversos trabajos acerca del diagnóstico de patologías oculares y de la órbita; Davidson *et al.* (1994), Morgan *et al.* (1996), Cytryn *et al.* (1997), Tidwell *et al.* (1997), Dennis *et al.* (2000), Kato *et al.* (2005), Kitagawa *et al.* (2009), Seruca *et al.* (2010). Al año siguiente Armour *et al.* realizan una revisión mediante IRM de la órbita de diversos pacientes caninos y felinos con neuritis óptica, celulitis orbitaria o neoplasias a ese nivel, y en 2012 Von Krosigk *et al.* publican un artículo acerca de la aplicación de la resonancia magnética y la ecografía en enfermedades oculares y orbitarias en perros y gatos. Más

recientes son las publicaciones de Lavaud *et al.* (2019), describiendo el uso de RM para diagnosticar un cuerpo extraño conjuntivoescleral en un perro, de Muñiz *et al.* (2021), diagnosticando neuritis en perro mediante resonancia de bajo campo, o de Lee *et al.* (2022) relativo a las características de RM e histopatología de un pseudotumor orbitario en un felino doméstico.

En lo concerniente a las patologías del oído destacar las aportaciones de Dvir *et al.* (2000), quienes estudiaron la otitis media en la especie canina por medio de un equipo de 1T, y el trabajo de revisión de Garosi *et al.* (2003) relativo al diagnóstico por imagen, incluyendo la RM, de patologías del oído. Posteriormente Sturges *et al.* (2006) valoran diferentes casos de infecciones intracraneales de origen ótico en las especies canina y felina, Harran *et al.* (2012) publican los hallazgos de RM de un colesteatoma en el oído medio de un perro, y Zhalniarovich *et al.* (2017) diagnostican con RM de bajo campo 2 casos de otitis media en gatos. Por último, citar los artículos de Dutil *et al.* (2022), y el de Everest *et al.* (2023), este último relacionado con enfermedad vestibular en gatos.

❖ Ungulados domésticos

▪ Équidos

Como detallamos en apartados anteriores, la mayoría de estudios en la especie equina se centran en las regiones anatómicas de la cabeza, porción craneal del cuello, y extremidades. Es por ello que nos centraremos en dichas localizaciones anatómicas.

En lo que concierne a la cabeza debemos mencionar el estudio de Sanders *et al.* (2001) sobre encefalomalacia nigropálida asociada a ingestión de plantas tóxicas, empleando gadolinio como agente de contraste, y un equipo de 1T. Posteriormente, en 2002, Ferrel *et al.* estudian alteraciones neurológicas en esta especie, empleando también gadolinio y un aparato de 1T. Otras publicaciones relevantes al respecto son las que, también en 2002, realizaron Junker *et al.*, vinculadas a patologías de la cabeza y también del cuello, y Walker *et al.* en relación a alteraciones de la articulación temporohioidea. Respecto al estudio de abscesos a nivel de la cabeza mencionar los trabajos de Spoomakers *et al.* (2003) y Audigié *et al.* (2004). Por otro lado, destacar la utilidad de la RM en el diagnóstico de neoplasias de diferente tipo; desde melanomas (Gerlach *et al.*, 2007) a tumores retrobulbares neuroendocrinos (Matiassek *et al.*, 2007), o linfomas (Jakesova *et al.*, 2008), tumores benignos de la vaina de

los nervios periféricos, como el diagnosticado por Schneider *et al.* (2010) en la lengua de un caballo, o de los senos nasales y paranasales (Witte *et al.*, 2011).

Los desórdenes neurológicos también han sido valorados mediante RM por autores como Mitchell *et al.* (2012), o Cavalleri *et al.* (2013) que aportan imágenes por resonancia magnética y pruebas genéticas en la abiotrofia cerebelosa en caballos árabes. Ese mismo año, Tessier *et al.* elaboran un trabajo acerca de los hallazgos de RM en alteraciones nasosinusales del caballo. Finalmente, respecto a la región craneoencefálica citar las aportaciones de Manso-Díaz *et al.* (2015; 2021) con sendos trabajos en relación a diferentes trastornos que afectan a los équidos.

También en otro tipo de équidos como el poni se han realizado investigaciones mediante RM en animales con sintomatología neurológica y que fueron finalmente diagnosticados de meningioma en el tronco encefálico (Dyson *et al.*, 2007), o con otro tipo de neoplasias como el angiosarcoma ocular (Bischofberger *et al.*, 2008).

Acerca del estudio de los miembros, destacamos en lo que se refiere a las extremidades anteriores a autores como Crass *et al.* (1992), Kaneps *et al.* (1995), Anastasiou *et al.* (2003), Tranquille *et al.* (2012), Gold *et al.* (2017), u Olive *et al.* (2017), estos últimos, con un trabajo acerca de los patrones de lesión de la articulación metacarpofalángica en imágenes por resonancia magnética en distintas razas equinas.

Destacar que, tanto la extremidad proximal (Lipreri *et al.*, 2018), como la distal (Dyson *et al.*, 2008; McKnight *et al.*, 2012; Royel *et al.*, 2019) han sido también valoradas desde el punto de vista patológico, empleando IRM. Del mismo modo el pie, el casco (Dyson *et al.*, 2005; Sanz *et al.*, 2006; Nagel *et al.*, 2022), y las estructuras ligamentosas y tendinosas (Blunden *et al.*, 2009; Wilson *et al.*, 2021) que conforman el aparato locomotor en la especie equina constituyen el tema central de diversos trabajos clínicos en esta especie.

Otros autores que han investigado diversas patologías del aparato locomotor en équidos y deben ser citados son Mehl *et al.* (1998); Widmer *et al.* (2000); Kasashima *et al.* (2002); Murray *et al.* (2003); Tapprest *et al.* (2003); Zubrod *et al.* (2005); Barret *et al.* (2008); Powell *et al.* (2012); Hontoir *et al.* (2014), o Genton *et al.* (2019).

Por último citar los artículos vinculados a las extremidades posteriores de Waselau *et al.* (2020), que presentan la valoración de patologías de la rodilla mediante RM en 76 casos clínicos, y de

Zimmerman *et al.* (2023), relacionado con el empleo de la RM de bajo campo en el seguimiento de fracturas del hueso central del tarso.

- **Suidos**

En esta especie destacamos el estudio de Chawla *et al.* (2004), referente al diagnóstico de la neurocisticercosis porcina, combinando IRM y hallazgos histopatológicos.

Debemos recordar que los estudios clínicos de RM en suidos son menos numerosos, sin embargo sí existen diversas referencias de su uso en experimentación para estudiar diferentes patologías en modelos animales. Es el caso de los trabajos de Saphiro *et al.* (2009), respecto a la valoración mediante RM e histología de la necrosis isquémica de la cabeza femoral en lechones, de Zhou *et al.* (2014), acerca de la IRM de la fibrosis hepática en un modelo de lechones, o más recientemente de Wang *et al.* (2021), en relación a lesiones cerebrales también empleando lechones como modelo.

- **Rumiantes domésticos**

En lo que a **pequeños rumiantes** se refiere, encontramos algunos de los primeros estudios que emplean la RM en este grupos de animales, como es el caso de los de Pernia *et al.* (1999) y Gonzalo-Orden *et al.* (2000b) para diagnóstico de coenurosis ovina. En 2004 encontramos las aportaciones de Gygi *et al.*, que hace uso de esta técnica de imagen avanzada en un caso de paraparesia en una cabra. Ese mismo año Blogg *et al.* publican sus resultados acerca de hallazgos de resonancia magnética y neuropatología en el sistema nervioso de cabras después de exposiciones hiperbáricas. Dos años más tarde, en 2006, Kangarlu *et al.* emplean también a la cabra como modelo para estudiar la reparación de defectos osteocondrales mediante IRM, y al año siguiente Schenk *et al.* estudian en pequeños rumiantes, y con dicha técnica de imagen, diferentes trastornos metabólicos y tóxicos. Otros autores relevantes en este sentido son Werys *et al.* (2013), Dennler *et al.* (2014), o Ertelt *et al.* (2016). Más actualmente, mencionar a Precht *et al.* (2020), estudiando con resonancia magnética casos de rombencefalitis por listeria, y Li *et al.* (2022), con un trabajo sobre tumores nasales en cabra debidos a infecciones víricas.

En la **vaca** tampoco son abundantes las referencias respecto al uso de la RM como herramienta diagnóstica. De entre los artículos al respecto destacan los de Gordon *et al.* (1995), que diagnostican con un equipo de 0.5T una hipoplasia cerebelar en un ternero, Tsuka *et al.* (1999), en relación a la presencia de un absceso a nivel del tronco encefálico, o de Wemheuer *et al.* (2004), que estudiaron mediante RM una vaca con síntomas de encefalopatía espongiiforme bovina, y a la que diagnosticaron un tumor perinural. Más recientemente resaltamos las aportaciones de Horii *et al.* (2019), diagnosticando con IRM una estenosis del acueducto del mesencéfalo en un ternero, Veenema *et al.* (2021), con el reporte de una anomalía cerebral congénita también en un ternero, o Tsuka *et al.* (2022), acerca de un caso de disgenesia del segmento anterior del ojo, y en combinación con ecografía.

❖ **Animales exóticos y de vida libre**

Los **roedores** son, dentro de este apartado, el grupo con mayor número de estudios patológicos de RM, aunque como ya mencionamos la mayoría de estos trabajos no son de relevancia veterinaria, al emplearse estos animales como modelos experimentales de diferentes disciplinas científicas. Dentro de este grupo encontramos autores como Watson *et al.* (1996), Bowyer *et al.* (2009) que emplean a la **cobaya** como modelo, y a Mata *et al.* (2007), quienes experimentan con **conejos** para valorar por RM la progresión del enfisema pulmonar.

Otras especies animales también han sido objeto de este tipo de estudios de RM con finalidad clínica. Encontramos a investigadores como Dutton *et al.* (2002), que diagnostican con RM una hidromielia en un **cérvido** (*Muntiacus*), o Schulz *et al.* (2003), que sugieren la RM como técnica de diagnóstico de la leucoencefalopatía del **guepardo**. Del mismo modo, citamos a Hartley *et al.* (2005), que en un **león africano** se valen de la IRM para diagnosticar una sospecha de hipovitaminosis A, o Aryan *et al.* (2006) que consiguen identificar por RM una hernia discal en un **gorila de montaña** (*Gorilla beringei beringei*). Posteriormente, en 2010, Montie *et al.* evalúan por IRM el cerebro de **leones marinos de California** con signos clínicos de toxicosis por ácido domoico. Además, tres años más tarde, en 2013, Van Bonn *et al.* estudian la enfermedad de las burbujas de gas en el cerebro de un león marino de California, en este caso vivo, y Suran *et al.* describen los hallazgos de radiografía, TC y RM de 14 **hurones** con linfoma.

Citar en 2014, la publicación de Wakeman *et al.*, respecto al uso de imágenes por resonancia magnética para definir mejor la patología de las pezuñas en la **jirafa reticulada** (*Giraffa reticulata*). Años más tarde, en 2019, encontramos otro artículo del hurón, en esta ocasión acerca de

un caso de otitis interna diagnosticado con un equipo de 1,5T (Desprez *et al.*, 2019). Entorno a dicha especie pero más recientemente, elaboraron Yarto *et al.* (2022) un trabajo del diagnóstico por IRM de un cordoma cervical en 3 ejemplares domésticos.

Las aplicaciones clínicas de la RM en **reptiles** ha sido también el tema central de los trabajos de autores como Raiti *et al.* (1997), que valoran por TC y RM una tortuga leopardo grávida (*Geochelone pardalis pardalis*) con enfermedad metabólica ósea, de Croft *et al.* (2004), que diagnostican diferentes neoplasias en la tortuga verde (*Chelonia mydas*), o de Zimmerman *et al.* (2009), en un caso de mielopatía compresiva de la columna cervical en dragones de Komodo (*Varanus komodoensis*). Posteriores, y más recientes, son los trabajos de Glodek *et al.* (2016), que abordan el uso de la RM en reptiles, roedores y lagomorfos para diagnóstico clínico e investigación con animales, o de Aymen *et al.* (2020), en un curioso caso de carcinoma de ovario con metástasis esquelética en un Caimán Yacare (*Caiman yacare*).

Al igual que en los estudios de tipo anatómico, la mayoría de trabajos relacionados con el empleo de la RM en el diagnóstico de **patologías aviares**, se centran en alteraciones de tipo neurológico. Destacan en este campo las aportaciones de Fleming *et al.* (2003), quienes diagnosticaron *ante mortem* un caso de hidrocefalia en un loro gris africano (*Psittacus erithacus*), con severa dilatación de todos los ventrículos, mediante un equipo de 4.7T. Años más tarde, en 2007, Stauber *et al.* evalúan tres águilas calvas (*Haliaeetus leucocephalus*) con sintomatología neurológica y determinan la idoneidad de la RM frente a la radiografía en el diagnóstico de traumatismos medulares, destacando la correlación entre los hallazgos histopatológicos y de necropsia respecto a los de RM. Por otra parte, Beaufrère *et al.* (2011) publican el caso de un loro gris africano (*Psittacus erithacus*) de 14 años que de forma aguda, y tras caer de la percha, comenzó con movimientos tónico-clónicos, y en el que los hallazgos de la analítica sanguínea y radiografía no fueron notables. Sin embargo, consiguieron diagnosticar mediante RM un presunto accidente cerebrovascular isquémico agudo con 2 infartos cerebrales. En 2014, Delk *et al.* diagnostican, empleando por primera vez técnicas de imagen avanzada (TC y RM), una enfermedad vestibular periférica asociada con otitis media en un ganso chino (*Anser cygnoides*) que presentaba *circling* y *head tilt*. También ese año, Grosset *et al.* realizan el diagnóstico por IRM de una enfermedad vestibular central en una guacamaya azul y dorada (*Ara ararauna*) vinculada a un proceso hemorrágico, siendo el primer informe de un aneurisma cerebral en un pájaro. Dos años más tarde, de Francisco *et al.* correlacionan las imágenes de resonancia magnética cerebral con las lesiones

histológicas de 6 águilas calvas (*Haliaeetus leucocephalus*) envenenadas con plomo. En las exploraciones por RM se detectaron áreas de cambio en la intensidad de la imagen en el tronco del encéfalo, el mesencéfalo y el cerebelo, sugiriendo daño vascular como lesión principal. Por último mencionar el uso de esta técnica de imagen en pingüinos de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), como atestigua el trabajo de Ioannidis *et al.*, que en 2019 la emplean en ejemplares de esta especie que presentaban convulsiones y degeneración cortical cerebelosa, sin que dicha alteración fuese visible en IRM.

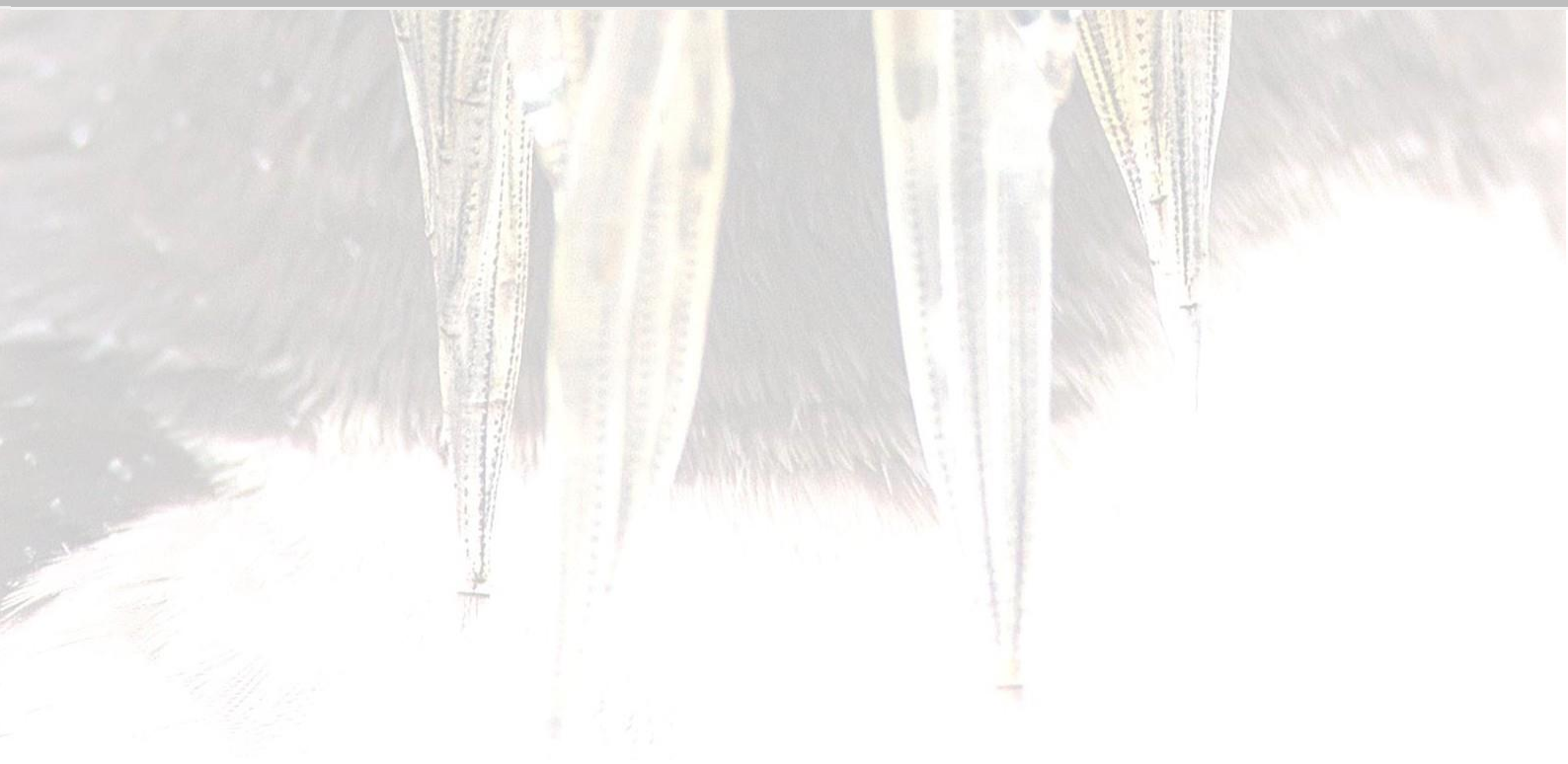
Otras alteraciones a nivel de la cabeza, además de patologías neurológicas, también han sido evaluadas mediante RM. Tal es el caso de la sinusitis crónica estudiada en diez psitácidas de diferentes especies por Pye *et al.* (2000), quienes demostraron el potencial de la IRM para examinar el seno infraorbitario aviar, permitiendo la identificación, localización y caracterización de lesiones dentro de los senos paranasales. Asimismo, Bartels *et al.* (2001) examinan con RM la cabeza de los patos con cresta (*Anas platyrhynchos*), las razas de patos de cabeza plana y sus cruces en relación con la incidencia de alteraciones intracraneales como el encefalocele, y dos años más tarde Graham *et al.* (2003) realizan estudios de TC y RM *post mortem* en un loro gris africano (*Psittacus erithacus*) con un liposarcoma periorbitario, a fin de determinar la extensión de las lesiones.

Citar el estudio de Misra *et al.* (1988) acerca del seguimiento mediante RM de la terapia con corticoesteroides en la distrofia muscular aviar. Dichos autores sugieren que las técnicas de resonancia magnética, pueden complementar y ampliar la información obtenida por otros métodos que se utilizan comúnmente en estudios terapéuticos de trastornos musculares.

Finalmente mencionar los trabajos vinculados al hígado realizados por Matheson *et al.* (2007), que analizan mediante histología, ecografía y RM acumulaciones de hierro a nivel hepático en palomas (*Columbia livia*), o de Sandmeier *et al.* (2012), que valoran los depósitos de este metal en el hígado de tres cálaos.



Artículos



1. Fumero-Hernández, M., Encinoso, M., Ramírez, A. S., Morales, I., Suárez Pérez, A., & Jaber, J. R. (2023). **A Cadaveric Study Using Computed Tomography for Measuring the Ocular Bulb and Scleral Skeleton of the Atlantic Puffin (Aves, Alcidae, *Fratercula arctica*)**. *Animals*, 13(15), 2418.
2. Jaber, J. R., Fumero-Hernández, M., Corbera, J. A., Morales, I., Amador, M., Ramírez Zarzosa, G., & Encinoso, M. (2023). **Cross-Sectional Anatomy and Computed Tomography of the Coelomic Cavity in Juvenile Atlantic Puffins (Aves, Alcidae, *Fratercula arctica*)**. *Animals*, 13(18), 2933.
3. Fumero-Hernández, M., Encinoso, M., Melian, A., Artiles, H., Salman, D., & Mohamad, J. R. J. (2023). **Anatomical Cross Sections and Magnetic Resonance Imaging of the Juvenile Atlantic Puffin Head (Aves, Alcidae, *Fratercula arctica*)**. *Animals*, 13 (22), 3434.

Article

A Cadaveric Study Using Computed Tomography for Measuring the Ocular Bulb and Scleral Skeleton of the Atlantic Puffin (*Aves, Alcidae, Fratercula arctica*)

Marcos Fumero-Hernández ^{1,*}, Mario Encinosa ^{1,*}, Ana Sofia Ramírez ², Inmaculada Morales ¹, Alejandro Suárez Pérez ² and José Raduan Jaber ^{3,*}

¹ Veterinary Hospital, Faculty of Veterinary Medicine, University of Las Palmas de Gran Canaria, Trasmontaña, 35413 Arucas, Las Palmas, Spain; marcos.fumero101@alu.ulpgc.es (M.F.-H.); inmaculada.morales@ulpgc.es (I.M.)

² Department of Pathology and Food Technology, Faculty of Veterinary Medicine, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Trasmontaña, 35413 Arucas, Las Palmas, Spain; anasofia.ramirez@ulpgc.es (A.S.R.); alejandro.suarezperez@ulpgc.es (A.S.P.)

³ Department of Morphology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Las Palmas de Gran Canaria, Trasmontaña, 35413 Arucas, Las Palmas, Spain

* Correspondence: mencinosa@gmail.com (M.E.); joseraduan.jaber@ulpgc.es (J.R.J.)

Simple Summary: Advanced diagnostic imaging techniques, such as CT, can provide helpful information on the specific structures of the head, such as the ocular bulb, due to their high spatial resolution, avoidance of overlapping structures, and fast imaging acquisition. An adequate knowledge of the eye bird anatomy is essential for clinicians, biologists, and researchers to understand many aspects concerning its biology.



Citation: Fumero-Hernández, M.; Encinosa, M.; Ramírez, A.S.; Morales, I.; Suárez Pérez, A.; Jaber, J.R. A Cadaveric Study Using Computed Tomography for Measuring the Ocular Bulb and Scleral Skeleton of the Atlantic Puffin (*Aves, Alcidae, Fratercula arctica*). *Animals* **2023**, *13*, 2418. <https://doi.org/10.3390/ani13152418>

Academic Editors: Matilde Lombardero Fernández and María del Mar Yllera Fernández

Received: 22 June 2023
Revised: 19 July 2023
Accepted: 21 July 2023
Published: 26 July 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Imaging diagnosis plays a fundamental role in avian medicine. However, there are few publications regarding its use in ophthalmology. Seabirds, in particular, present a peculiar ecology since their lives take place in very diverse environments: the aquatic, the terrestrial, and the aerial. This fact implies a series of adaptations at a visual level that are necessary for adequate interaction with the environment. Therefore, knowledge of eye particularities is of great importance for the scientific community since it allows us to deepen our understanding of the ocular anatomy and biology of these animals, which are increasingly present in veterinary and wildlife centers. In our study, we performed a morphometric analysis of the ocular bulb and its internal structures in the puffin (*Fratercula arctica*) using advanced imaging techniques such as CT.

Keywords: computed tomography; imaging; ocular morphometry; orbit; sclerotic ring; birds

1. Introduction

The Atlantic puffin (*Fratercula arctica*) is a member of the Alcidae family and one of three species in the *Fratercula* genus, alongside the horned puffin (*Fratercula corniculata*) and the tufted puffin (*Fratercula cirrhata*), which are typically found in the North Pacific [1]. These medium-sized alcids have a wingspan of approximately 50 cm and can weigh up to half a kilogram. They possess dense black plumage on their head, neck, and dorsum, with white patches on their chest, ventrum, and around the eyes. The puffin's bill is large and exhibits orange tones, which fade to less intense colors after the breeding season. Notably, there is no distinct sexual dimorphism, although males are generally slightly larger than females and their colors become more conspicuous during the mating season [2–6].

The Atlantic puffin has a wide distribution, inhabiting the entire northern Atlantic Ocean region, from northwestern Greenland, Newfoundland, and Maine (USA) in the west to northwestern Russia and the Canary Islands (Spain) in the east [1,7]. These birds spend the majority of their lives in the ocean, returning to land solely for reproduction.

They primarily nest on isolated islands and cliff sides, ranging from Brittany and the Bay of Fundy (Canada) to the Arctic sea ice on both sides of the Atlantic. Puffins return to their colonies in March to nest during April and May and then leave in July to return to the open sea [5,8,9]. They are monogamous birds, typically selecting the same partner and nesting location in successive breeding periods. Upon returning to the breeding area, males primarily engage in nest construction, which involves shallow burrows, rocky ledges, and crevices, sometimes, incorporating plant material [5,10,11]. Females, after laying a single egg per season, dedicate themselves to incubating it and subsequently feeding the chick [12–14]. Chicks are primarily fed with fish, particularly herring (*Clupea harengus*; 12–85%), hake (*Urophycis* spp., *Merluccius* spp.; 12–87%), or sand eel (*Ammodytes* spp.; 0–71%). Adult puffins are also piscivorous, with varying amounts of polychaetes and crustaceans in their diet [5,14,15].

The Atlantic puffin is currently listed as a threatened species on the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List, categorized as vulnerable, due to a significant population decline over most of its range [1]. Climate change, linked to ocean temperature variations that impact plankton blooms and disrupt the food chain, is one of the main factors contributing to their vulnerability [16,17]. Puffins are also sensitive to extreme weather events, such as marine storms, which have been increasing in frequency and intensity and are associated with mass mortality [18,19]. Human activities, including hunting for consumption and oil spills or other pollutants, also negatively impact puffin populations [20,21]. Therefore, the conservation of puffins and other seabirds is a globally significant task. Efforts aimed at their conservation require a deeper understanding of their anatomy and biology as they relate to their behavior and the threats they face.

Numerous studies have emphasized the importance of vision in the interaction of these animals with their environment and their overall survival [22–24]. Bird vision ranks among the sharpest in the animal kingdom. Avian eyes possess unique anatomical features, such as the pecten and sclerotic ring, found only in birds and certain reptiles. These adaptations enable birds to effectively interact and navigate across diverse environments, encompassing aquatic, terrestrial, and aerial realms [25–27]. Consequently, comprehending the ocular structures and functionality of the Atlantic puffin holds significant importance for veterinarians, biologists, and the wider scientific community.

Studying internal animal anatomy can be highly intricate. While dissection has traditionally been the conventional approach, contemporary diagnostic imaging techniques such as magnetic resonance imaging (MRI) and computed tomography (CT) offer minimally invasive and efficient means to obtain precise anatomical information [28]. Although primarily employed in human medicine, smaller versions of these imaging modalities, such as micro-computed tomography, have been developed to minimize image distortion, proving helpful for investigating the anatomy of small animals [29–31].

In the case of puffins, the existing literature predominantly focuses on various aspects of their biology and ecology [9,14,21,32] or approaches ophthalmology from a clinical standpoint [33]. However, conducting anatomical and morphobiometric analyses of the puffin's eye and associated structures can yield valuable insights into animal behavior patterns. This has been demonstrated in studies exploring the fossils of extinct marine reptiles belonging to the *Ichthyosaur* order [34] and non-passerine birds [35]. Similar investigations have also been conducted on live animals, encompassing both domestic and wild species [36–38].

Therefore, the objective of this study was to employ non-invasive examinations, such as computed tomography, to measure the size and characteristics of the puffin's eye and its associated structures.

2. Materials and Methods

2.1. Animals

In order to conduct this study, a total of 29 Atlantic puffin carcasses were obtained by the Consejería de Área de Medio Ambiente, Clima, Energía y Conocimiento of the

Cabildo de Gran Canaria (Gran Canaria, Canary Islands, Spain). The weight of the animals ranged from 0.185 kg to 0.251 kg, with a mean weight of 0.251 kg. Since the physical examination alone did not provide sufficient information to determine the precise cause of the stranded individuals, modern non-invasive imaging techniques were employed to assess their appendicular skeleton, identify potential metabolic bone diseases, and exclude the presence of foreign bodies and internal organ injuries. Prior consent was obtained from the responsible person at the Cabildo de Gran Canaria to include the puffins in this study. The scanning procedures were carried out at the Veterinary Hospital of Las Palmas de Gran Canaria University.

2.2. CT Technique

CT examinations of the skull were conducted on the thawed carcasses of these specimens after a 12-h defrosting period at room temperature. Sequential slices were acquired using a 16-slice helical CT scanner (Toshiba Astelion, Canon Medical System®, Tokyo, Japan). The animals were positioned symmetrically in a prone position on the stretcher, employing a craniocaudal entry. A standard clinical protocol was employed, utilizing parameters of 120 kVp, 80 mA, a 512×512 acquisition matrix, an 1809×858 field of view, a pitch of 0.94, and a gantry rotation of 1.5 s. The resulting images had a thickness of 0.6 mm. CT scans were obtained in the dorsal, transverse, and sagittal planes with both bone and soft tissue windows. Subsequently, all the acquired images were imported into an image viewer (OsiriX MD, Apple, Cupertino, CA, USA) to facilitate data manipulation and measurements of the puffin ocular bulb and its associated structures.

2.3. Measurements

We conducted measurements on the head length, width, and orbit depth. Additionally, measurements of both eyes ($n = 58$) were analyzed by two observers using oblique sagittal, transverse, and dorsal CT images obtained from all the skulls. A soft tissue attenuation window was utilized for image analysis. The measurement methodology followed a protocol previously described in studies on the loggerhead turtle [39], as well as in dogs and cats [36–38], with some modifications based on studies conducted on non-passerine birds [35]. The parameters and specific measurements taken are described as follows:

(A) Measurements in the transverse plane relative to the ocular bulb:

- Lens diameter: This parameter refers to the maximum distance between the lateral and medial edges of the lens, also known as the equatorial diameter (Figure 1A);
- Internal diameter of the sclerotic ring, which represents the maximum distance between the inner lateromedial edges of the ring close to the cornea (Figure 1A);
- External diameter of the sclerotic ring, which corresponds to the maximum distance between the outer lateromedial edges of the ring close to the sclera (Figure 1A);
- Thickness of the sclerotic ring, defined as the distance between the internal diameter of the sclerotic ring and the external diameter, measured in the dorsal arch (Figure 2).

(B) Transverse plane concerning the puffin's body

Height of the ocular bulb, which corresponds to the distance between the dorsal part of the *os frontale* and the *os quadratojugale*, indicating the vertical dimension of the ocular bulb (Figure 5B).

- Attenuation of the sclerotic ring and lens: This measurement was taken in the dorsal area and expressed in Hounsfield Units, providing information about the radiodensity of the sclerotic ring, lens, and vitreous humor (Figure 3).

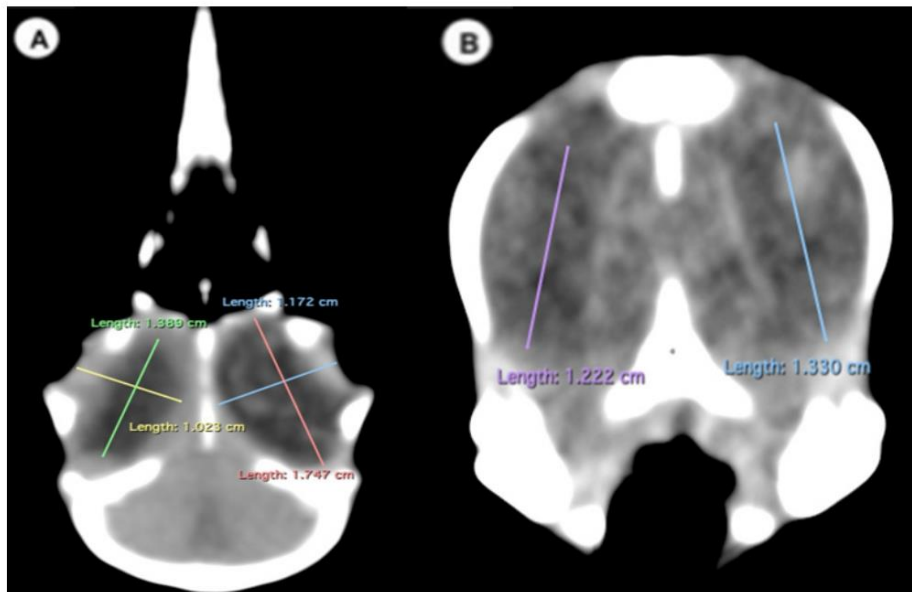


Figure 3. Transverse CT image in the soft tissue window of the *F. Arctica* head. Regions of interest (ROI) indicate the areas used to measure mean attenuation in Hounsfield Units (HU) of the lens (yellow circle), sclerotic ring (purple circle), and vitreous humor (green circle).

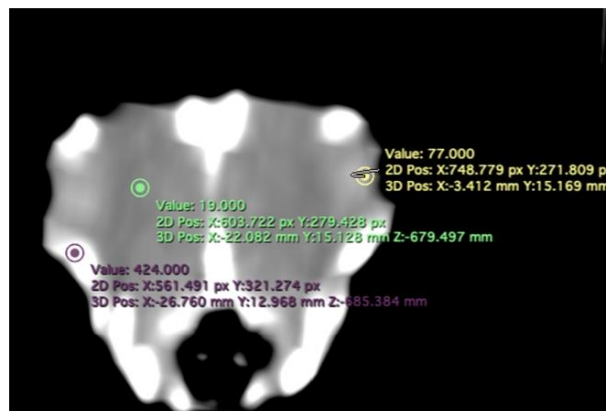


Figure 4. Volume rendering image of the *F. Arctica* skull with measurements of head length (A) and orbit depth (B). Image (B) has been modified by removing the cranial vault in order to measure the depth of the orbital basin.

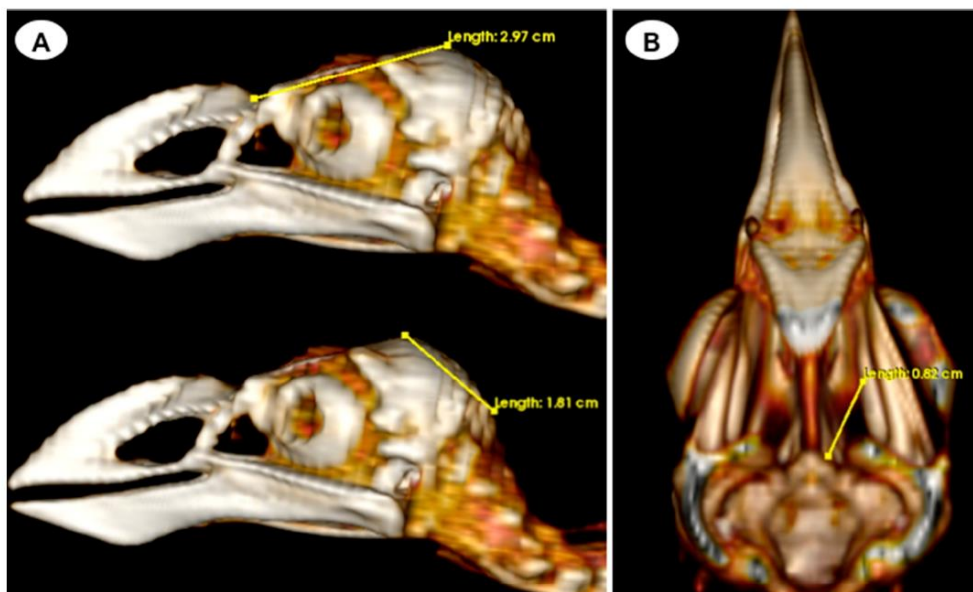


Figure 5. Dorsal multiplanar reconstruction (MPR) and transverse CT images in soft tissue windows of the head with measurements of the length, width (A), and height (B) of the ocular bulb of the *F. Arctica* head.

2.4. Statistical Analysis

The statistical analysis was performed using commercially available software (SPSS 19, Statistical Package for the Social Sciences, Chicago, IL, USA). Descriptive statistics, including the mean, median, range, and standard deviation (SD), were calculated for each measurement. The Shapiro-Wilk test was used to assess the normal distribution of quantitative data. The Mann-Whitney U test was employed to compare measurements between the right and left eyes. Furthermore, Spearman correlation was utilized to analyze the relationship between different ocular bulb variables and head length, as well as other quantitative variables. The statistical significance level was set at $p < 0.05$.

3. Results

In the computed tomography images, the sclerotic rings are visible from the anterior view of the respective eyes as circular structures with continuous morphology, distinct from the surrounding elements of the skull. The ellipsoid-shaped ocular bulbs exhibit well-defined soft tissue margins that likely correspond to the sclera. Various components of the eye, including the lens, vitreous and aqueous humors, and the anterior and posterior chambers, are also well distinguished in the images (Figures 1–5). From these images, we acquired the different measurements corresponding to both eyes (Table 1).

Table 1 presents the measurements of internal structures for the left, right, and both eyes of all 29 puffins included in the study. The mean, median, and standard deviation of the head length were 5.10 cm, 5.07 cm, and 0.13 cm, respectively, with a range of 4.8 to 5.32 cm. The average lens diameter for all eyes was 3.32 mm, with a range of 2.7 to 4.2 mm. The average internal diameter of the sclerotic ring was 0.63 cm, ranging from 0.59 to 0.7 cm. Additionally, the average external diameter of the sclerotic ring was 1.44 cm, ranging from 1.38 to 1.49 cm. The sclerotic ring thickness had a mean value of 2.16 mm, with a range of

2.04 to 2.29 mm. Regarding the ocular bulbs, they had an average height of 1.53 cm (range: 1.41–1.61 cm), an average width of 1.28 cm (range: 1.1–1.42 cm), and an average length of 1.61 cm (range: 1.46–1.71 cm). Additionally, the orbit depth had a mean of 8.19 mm (range: 7.9–8.5). Some variables exhibited a non-normal distribution. The Mann–Whitney U test indicated no significant differences between the measurements of the right and left eyes. Likewise, the same analysis demonstrated no statistically significant differences between the right and left eyes when considering all variables collectively.

Table 1. Measurements of the right and left eyes of the Atlantic puffin.

	Right Eye				Left Eye				Both Eyes			
	Mean	Median	Range	SD	Mean	Median	Range	SD	Mean	Median	Range	SD
Lens diameter (mm)	3.34	3.3	2.7–4.2	0.36	3.30	3.2	2.8–3.9	0.29	3.32	3.3	2.7–4.2	0.32
Internal diameter of the sclerotic ring (cm)	0.64	0.63	0.59–0.69	0.03	0.63	0.63	0.59–0.7	0.03	0.63	0.63	0.59–0.7	0.03
External diameter of the sclerotic ring (cm)	1.44	1.44	1.38–1.48	0.03	1.43	1.43	1.38–1.49	0.03	1.44	1.44	1.38–1.49	0.03
Sclerotic ring thickness (mm)	2.15	2.14	2.04–2.28	0.07	2.18	2.195	2.08–2.29	0.06	2.16	2.16	2.04–2.29	0.06
Ocular bulb height (cm)	1.54	1.52	1.47–1.61	0.04	1.52	1.52	1.41–1.61	0.05	1.53	1.52	1.41–1.61	0.05
Ocular bulb width (cm)	1.29	1.29	1.1–1.42	0.09	1.27	1.28	1.1–1.39	0.08	1.28	1.29	1.1–1.42	0.08
Ocular bulb length (cm)	1.62	1.64	1.46–1.7	0.07	1.60	1.6	1.48–1.71	0.07	1.61	1.62	1.46–1.71	0.07
Orbit depth (mm)	8.16	8.2	7.9–8.4	0.16	8.23	8.3	7.9–8.5	0.18	8.19	8.2	7.9–8.5	0.18
Lens attenuation (HU)	70.14	71	64–79	2.95	68.93	69	64–74	2.72	69.53	69.5	64–79	2.88
Vitreous humor attenuation (HU)	35.17	35	31–41	3.06	35.59	36	31–45	3.76	35.38	35.5	31–45	3.40
Sclerotic ring attenuation (dorsal arch) (HU)	721.21	725	687–752	18.39	719.79	723	687–745	17.64	720.50	723	687–752	17.87

The Spearman correlation analysis conducted to examine the relationship between eye measurements and head length did not reveal any statistically significant findings. However, significant correlations were observed in other aspects. There was a strong correlation between ocular bulb height and width ($\rho = 0.661$; $p < 0.001$), indicating a substantial relationship between these variables. Additionally, moderate correlations were observed between ocular bulb height and length ($\rho = 0.403$; $p = 0.002$), as well as between ocular bulb width and length ($\rho = 0.449$; $p = 0.002$), suggesting meaningful associations between these measurements. Moreover, a good correlation was found between the external and internal diameters of the sclerotic ring ($\rho = 0.431$; $p < 0.001$), indicating a relationship between these variables.

Correlations involving the internal diameter of the sclerotic ring showed statistical significance with ocular bulb height ($\rho = 0.601$; $p < 0.001$), length ($\rho = 0.496$; $p < 0.001$), but not with width ($\rho = 0.203$; $p = 0.127$). In a similar way, the external diameter of the sclerotic ring exhibited significant correlations with ocular bulb height ($\rho = 0.688$; $p < 0.001$) and width ($\rho = 0.642$; $p < 0.001$), while in this case no significant correlation was found with ocular bulb length ($\rho = -0.059$; $p = 0.662$). Significant correlations were observed when comparing the orbit depth with ocular bulb measurements: height

The assessment of orbit depth, from the midpoint of the orbital diameter to the optic foramen, has been previously investigated by other researchers in extinct and extant birds [35]. In those studies, the measurements were performed directly on the carcasses rather than indirectly, as in our study, where three-dimensional reconstruction techniques and specialized computer programs were employed. In our animals, significant correlations were observed when comparing the orbit depth with ocular bulb height and width, suggesting relevant animal visual acuity and sensitivity to low light. Close findings were observed in extinct aquatic reptiles such as *Ichthyosaurus* and *Ophthalmosaurus* with large eyes and similar feeding habits to Atlantic puffins [34], which spend part of the day feeding on small, fast-moving preys at depths ranging from 30–60 m [1,2]. However, it is essential to acknowledge that these measurements may vary and could be influenced by operator-dependent factors during the contouring of CT images, as previously reported in other studies [36,38].

The quality of the acquired tomographic images presented here could be influenced primarily by two factors: the utilization of conventional CT instead of micro-CT and the small size of the birds included in the study. Previous studies have demonstrated that micro-CT offers high contrast and superior image quality for small animals and tissues [47]. However, it is important to highlight that, despite using a conventional CT scanner, we obtained the essential information required to fulfill the study objectives.

5. Conclusions

In this study, the CT images obtained in different planes provided relevant information about the morphometric characteristics of the ocular bulb and the sclerotic ring in the Atlantic puffin. The reference values established included the presumed normal diameters of the ocular bulb and lens, as well as various measurements of the sclerotic ring, which may be associated with the visual capabilities and activity patterns of these seabird species. However, it is essential to note that further investigations involving live animals are necessary to evaluate potential differences compared to data obtained from carcasses. Additionally, it is essential to consider the inherent operational error associated with the manual contouring of computed tomography images.

Author Contributions: Conceptualization, J.R.J.M., M.F.-H. and M.E.Q.; methodology, M.E.Q. and M.F.-H.; investigation, J.R.J.M., M.F.-H., I.M., A.S.R. and M.E.Q.; resources, A.S.P. writing—original draft preparation, J.R.J.M. and M.F.-H.; writing—review and editing, J.R.J.M., M.F.-H., I.M., A.S.R., A.S.P. and M.E.Q. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: In this study, we did not need ethical approval since the puffins were coming to our hospital to rule out by CT any cause of stranding. From these studies, we obtained the information presented in our paper. As happens in domestic mammals, just informed consent from the owner allowed us to carry out this study. Therefore, El Cabildo Insular de Gran Canaria was informed that all animal identity information obtained from this study was treated as confidential to the extent permitted by law and only used for research or teaching purposes.

Informed Consent Statement: Written informed consent has been obtained from El Cabildo Insular de Gran Canaria to publish this paper.

Data Availability Statement: The information is available at "<https://accidacris.ulpgc.es>", accessed on 25 June 2023.

Acknowledgments: In loving memory of Alvaro Domingo Rodriguez Garcia. We also thank Marisa Mohamad, Ayesh Mohamad, Carmen Mingot, Emilia Mingot, Concepción Mingot, Nicolas Aquino and Jamal Jaber for their support and constructive comments, and El Cabildo Insular de Gran Canaria to provide the animals for this study.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References




- BirdLife International. *Fratercula arctica*. In *The IUCN Red List of Threatened Species*; 2018; p. e.T22694927A132581443. Available online: <https://www.iucnredlist.org/especies/22694927/132581443> (accessed on 12 July 2023).
- Myers, P.; Espinosa, R.; Parr, C.S.; Jones, T.; Hammond, G.S.; Dewey, T.A. The Animal Diversity Web (Online). 2023. Available online: <https://animaldiversity.org> (accessed on 25 June 2023).
- Breton, A.; Diamond, A.; Kress, S. Encounter, survival and movement probabilities from an Atlantic puffin (*Fratercula arctica*) metapopulation. *Ecol. Monogr.* **2006**, *76*, 133–149. [[CrossRef](#)]
- Durant, J.; Tycho, A.; Nills, C. Ocean climate prior to breeding affects the duration of the nestling period in the Atlantic puffin. *Biol. Lett.* **2006**, *2*, 122–128. [[CrossRef](#)]
- Lowther, P.E.; Diamond, A.W.; Kress, S.W.; Robertson, G.J.; Russell, K. *The Birds of North America*; The Birds of North America, Inc.: Philadelphia, PA, USA, 2002; pp. 1–23.
- Rodway, M. Relationship between wing length and body mass in Atlantic puffin chicks. *J. Field Ornithol.* **1997**, *14*, 338–347.
- Burnham, K.K.; Burnham, J.L.; Johnson, J.A.; Huffman, A. Migratory movements of Atlantic puffins *Fratercula arctica* naumannii from high Arctic Greenland. *PLoS ONE* **2021**, *16*, e0252055. [[CrossRef](#)]
- Harris, M.; Daunt, F.; Newell, M.; Phillips, R.; Wanless, S. Wintering areas of adult Atlantic Puffins *Fratercula arctica* from a North Sea colony as revealed by geolocation technology. *Mar. Biol.* **2010**, *157*, 827–836. [[CrossRef](#)]
- Guilford, T.; Freeman, R.; Boyle, D.; Dean, B.; Kirk, H.; Phillips, R.; Perrins, C. A Dispersive Migration in the Atlantic Puffin and Its Implications for Migratory Navigation. *PLoS ONE* **2011**, *6*, e21336. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Cramp, S. *The Birds of the Western Palearctic*, Full ed.; Oxford University Press: Oxford, UK, 1985.
- Boag, D.; Alexander, M. *The Puffin*; Blandford Press: London, UK, 1995.
- Creelman, E.; Storey, A.E. Sex differences in reproductive behavior of Atlantic Puffins. *Condor* **1991**, *93*, 390–398. [[CrossRef](#)]
- Anker-Nilssen, T. The breeding performance of Puffins *Fratercula arctica* on Røst, northern Norway in 1979–1985. *Fauna Norv.* **1987**, *10*, 21–38.
- Harris, M.P.; Hislop, J.R.G. The food of young Puffins *Fratercula arctica*. *J. Zool.* **1978**, *185*, 213–236. [[CrossRef](#)]
- Falk, K.; Jensen, J.K.; Kampp, K. Winter diet of Atlantic puffins (*Fratercula arctica*) in the northeast Atlantic. *Col. Waterbirds* **1992**, *15*, 230–235. [[CrossRef](#)]
- Durant, J.; Anker-Nilssen, T.; Stenseth, N.C. Trophic interactions under climate fluctuations: The Atlantic puffin as an example. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* **2003**, *270*, 1461–1466. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Sandvik, H.; Erikstad, K.E.; Barrett, R.T.; Yoccoz, N.G. The effect of climate on adult survival in five species of North Atlantic seabirds. *J. Anim. Ecol.* **2005**, *74*, 817–831. [[CrossRef](#)]
- Melillo, J.M.; Richmond, T.T.C.; Yohe, G.W. Extreme Weather. In *Highlights of Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*; U.S. Global Change Research Program; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2014.
- Wilhelm, S.I.; Mailhiet, J.; Arany, J.; Chardine, J.W.; Robertson, G.J.; Ryan, P.C. Update and trends of three important seabird populations in the western North Atlantic using a geographic information system approach. *Mar. Ornithol.* **2015**, *43*, 211–222.
- Thorup, S.H.; Jensen, J.K.; Petersen, K.T.; Kasper, D.B. *Færøsk Trækfugleatlas: The Faroese Bird Migration Atlas*; Faro University Press: Tórshavn, Denmark, 2014.
- Harris, M.P.; Wanless, S. *The Puffin*; Poyser Monographs; Bloomsbury Publishing: London, UK, 2011.
- Martin, G.R.; Wanless, S. The visual fields of Common Guillemots *Uria aalge* and Atlantic Puffins *Fratercula arctica*: Foraging, vigilance and collision vulnerability. *Ibis* **2015**, *157*, 798–807. [[CrossRef](#)]
- Martin, G.R.; White, C.R.; Butler, P.J. Vision and the foraging technique of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo*: Pursuit or flush-foraging? *Ibis* **2008**, *150*, 39–48. [[CrossRef](#)]
- Regular, P.M.; Heddi, A.; Montevecchi, W.A. Fishing in the dark: A pursuit-diving seabird modifies foraging behaviour in response to nocturnal light levels. *PLoS ONE* **2011**, *6*, e26763. [[CrossRef](#)]
- Franz-Odenaal, T.A. Skeletons of the Eye: An Evolutionary and Developmental Perspective. *Anat. Rec.* **2020**, *303*, 100–109. [[CrossRef](#)]
- Bartol, S.M.; Musick, J.A.; Ochs, A.L. Visual acuity thresholds of juvenile loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*): An electrophysiological approach. *J. Comp. Physiol. A Neuroethol. Sens. Neural Behav. Physiol.* **2002**, *187*, 953–960. [[CrossRef](#)]
- Waldvogel, J.A. The bird's eye view. *Am. Sci.* **1990**, *78*, 342–353.
- Lauridsen, H.; Hansen, K.; Wang, T.; Agger, P.; Andersen, J.L.; Knudsen, P.S.; Rasmussen, A.S.; Uhrenholt, L.; Pedersen, M. Inside Out: Modern Imaging Techniques to Reveal Animal Anatomy. *PLoS ONE* **2011**, *6*, e17879. [[CrossRef](#)]
- Webb, E.; Yuan, M.; Lemoine, N.; Wang, Y. Imaging in animal models. *Integr. Cancer Sci. Ther.* **2016**, *3*, 428–431. [[CrossRef](#)]
- Schambach, S.J.; Bag, S.; Schilling, L.; Groden, C.; Brockmann, M.A. Application of micro-CT in small animal imaging. *Methods* **2010**, *50*, 2–13. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Farrag, M.; Pukale, D.D.; Leipzig, N.D. Micro-computed tomography utility for estimation of intraparenchymal spinal cord cystic lesions in small animals. *Neural Regen. Res.* **2021**, *16*, 2293–2298. [[PubMed](#)]
- Barrett, R.T.; Fieler, R.; Anker-Nilssen, T.; Rikardsen, F. Measurements and weight changes of norwegian adult puffins *Fratercula arctica* and kittiwakes *Rissa tridactyla* during the breeding season. *Ring. Migr.* **1985**, *6*, 102–112. [[CrossRef](#)]

33. Westmoreland, L.S.; Hadfield, C.A.; Clayton, L.A.; Atkins, R.M.; Hyman, J.A.; Rossi, B.H. Ocular examinations and investigation of intraocular pressure, tear production, central corneal thickness, and corneal touch threshold in a captive flock of Atlantic puffins (*Fratercula arctica*). *J. Avian Med. Surg.* **2020**, *34*, 123–131. [[CrossRef](#)]
34. Fernández, M.S.; Archuby, F.; Talevi, M.; Ebner, R. Ichthyosaurian eyes: Paleobiological information content in the sclerotic ring of *Caypullisaurus* (*Ichthyosauria*, *Ophthalmosauria*). *J. Vertebr. Paleontol.* **2005**, *25*, 330–337. [[CrossRef](#)]
35. Hall, M.I. The anatomical relationships between the avian eye, orbit and sclerotic ring: Implications for inferring activity patterns in extinct birds. *J. Anat.* **2008**, *212*, 781–794. [[CrossRef](#)]
36. Salgüero, R.; Johnson, V.; Williams, D.; Hartley, C.; Holmes, M.; Dennis, R.; Herrtage, M. CT dimensions, volumes and densities of normal canine eyes. *Vet. Rec.* **2015**, *176*, 386. [[CrossRef](#)]
37. Boroffka, S.A.E.B.; Voorhout, G. Direct and reconstructed multiplanar computed tomography of the orbits of healthy dogs. *Am. J. Vet. Res.* **1999**, *60*, 1500–1507.
38. Sreenivasan, S.; Linden, A.; Owen, M.; Pemberton, S.; Pinard, C.; Matsuyama, A.; Poirier, V.J. Computed tomography measurements of intraocular structures of the feline eye. *Vet. Rec.* **2019**, *184*, 651–656.
39. Fumero-Hernández, M.; Encinoso Quintana, M.; Ramírez, A.S.; Morales Fariña, I.; Calabuig, P.; Jaber, J.R. Morphometric Study of the Eyeball of the Loggerhead Turtle (*Caretta caretta*) Using Computed Tomography (CT). *Animals* **2023**, *13*, 1016. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Andrade, S.B.D.; Araujo, N.L.L.C.D.; Raposo, A.C.S.; Muramoto, C.; Oriá, A.P. Morphometric descriptive report of scleral ossicle rings, by ultrasound and computed tomography, in three Testudines specimens. *Ciência Rural*. **2023**, *53*, e20210423. [[CrossRef](#)]
41. Kuszyk, B.S.; Heath, D.G.; Bliss, D.F.; Fishman, E.K. Skeletal 3-D CT: Advantages of Volume Rendering over Surface Rendering. *Skelet. Radiol.* **1996**, *25*, 207–214. [[CrossRef](#)]
42. Pérez, S.; Encinoso, M.; Morales, M.; Arencibia, A.; Suárez-Bonnet, A.; González-Rodríguez, E.; Jaber, J.R. Comparative evaluation of the Komodo dragon (*Varanus komodoensis*) and the Green iguana (*Iguana iguana*) skull by three dimensional computed tomographic reconstruction. *Slov. Vet. Res.* **2021**, *58*, 111–116. [[CrossRef](#)]
43. Schultz, A.H. The size of the orbit and of the eye in primates. *Am. J. Phys. Anthropol.* **1940**, *26*, 389–408. [[CrossRef](#)]
44. Kay, R.F.; Cartmill, M. Cranial morphology and adaptations of *Palaechthon nacimenti* and other paromomyidae (plesiadapioidea, Primates), with a description of a new genus and species. *J. Hum. Evol.* **1977**, *6*, 19–35. [[CrossRef](#)]
45. Kay, R.F.; Kirk, E.C. Osteological evidence for the evolution of activity pattern and visual acuity in primates. *Am. J. Phys. Anthropol.* **2000**, *113*, 235–262. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
46. Heesy, C.P.; Ross, C.F. Evolution of activity patterns and chromatic vision in primates: Morphometrics, genetics and cladistics. *J. Hum. Evol.* **2001**, *40*, 111–149. [[CrossRef](#)]
47. Metscher, B.D. MicroCT for comparative morphology: Simple staining methods allow high-contrast 3D imaging of diverse non-mineralized animal tissues. *BMC Physiol.* **2009**, *9*, 1–14. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Article

Cross-Sectional Anatomy and Computed Tomography of the Coelomic Cavity in Juvenile Atlantic Puffins (Aves, *Alcidae*, *Fratercula arctica*)

José Raduan Jaber ^{1,*}, Marcos Fumero-Hernández ^{2,*}, Juan Alberto Corbera ² , Inmaculada Morales ², Manuel Amador ³, Gregorio Ramírez Zarzosa ⁴  and Mario Encinosa ² 

- ¹ Department of Morphology Faculty of Veterinary Medicine, University of Las Palmas de Gran Canaria, Trasmontaña, 35413 Las Palmas, Spain
 - ² Veterinary Clinical Hospital, Faculty of Veterinary Medicine, University of Las Palmas de Gran Canaria, Trasmontaña, 35413 Las Palmas, Spain; juan.corbera@ulpgc.es (J.A.C.); inmaculada.morales@ulpgc.es (I.M.); mencinoso@gmail.com (M.E.)
 - ³ Dirección Insular de Medio Ambiente, Consejería de Área de Medio Ambiente, Clima, Energía y Conocimiento of the Cabildo de Gran Canaria, 35002 Las Palmas, Spain; mcamador@grancanaria.com
 - ⁴ Department of Anatomy and Compared Pathological Anatomy, Veterinary Faculty, Campus de Espinardo, University of Murcia, 30100 Murcia, Spain; grzar@um.es
- * Correspondence: joseraduan.jaber@ulpgc.es (J.R.J.); marcos.fumero101@alu.ulpgc.es (MF-H)

Simple Summary: Birds constitute an important group within the new companion animals. Since their popularity has been increasing, it is more common to find them in homes, zoos and wildlife centres around the world, evidencing the need for clinicians, biologists and researchers to have a deep knowledge of their anatomy, pathology and physiology to provide adequate medical care.



Citation: Jaber, J.R.; Fumero-Hernández, M.; Corbera, J.A.; Morales, I.; Amador, M.; Ramírez Zarzosa, G.; Encinosa, M. Cross-Sectional Anatomy and Computed Tomography of the Coelomic Cavity in Juvenile Atlantic Puffins (Aves, *Alcidae*, *Fratercula arctica*). *Animals* **2023**, *13*, 2933. <https://doi.org/10.3390/ani13182933>

Academic Editors: Matilde Lombardero Fernández and María del Mar Yllera Fernández

Received: 11 August 2023
Revised: 11 September 2023
Accepted: 12 September 2023
Published: 15 September 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: In birds, unlike mammals, there is no complete separation between the thoracic and abdominal cavities. Instead, they have the coelomic cavity where most main organs are found. Therefore, an adequate knowledge of the anatomy of the coelomic cavity is of great importance for veterinarians, biologists and the scientific community. This study aimed to evaluate the coelomic cavity anatomy in the Atlantic puffin (*Fratercula arctica*) using anatomical sections and computed tomography images.

Keywords: coelomic cavity; computed tomography; anatomical sections; seabirds; puffin

1. Introduction

Birds constitute an enormously diverse taxonomic group, including thousands of species worldwide [1]. These animals have historically caused the fascination of humans, who have adopted them as companion animals. The possession of birds as pets is a growing trend, and their presence in zoos, wildlife and veterinary centres is also increasingly common [2]. For all these reasons, knowledge of the anatomy and pathophysiology of these animals has become one of the objectives of current veterinary medicine.

Imaging diagnosis is an essential tool for bird clinicians since many psittacine species exhibit a special ability to mask disease signs [3]. Conventional radiology is the method most widely used as an auxiliary diagnostic technique in avian medicine due to its low cost, non-invasive nature and the fact that it is found in most veterinary centres [4–6]. However, modern imaging techniques such as magnetic resonance (MR) and computed tomography (CT) make it possible to obtain three-dimensional images with little distortion and even simulations of dynamic processes of different organs and vascular structures in a minimally invasive way [7–9]. Consequently, its use in anatomical studies has spread, and even smaller versions, such as micro-CT, have been created for animal research [10–21]. These anatomical studies are essential not only from the clinical point of view but also

for endangered species conservation, enabling adequate knowledge of their anatomical characteristics and behaviour patterns [21–23].

A diverse range of studies can be found regarding the use of diagnostic imaging in the study of the coelomic cavity of birds; however, as far as we know, there are no studies that deal with the anatomy of the avian coelom using the Atlantic puffin as a model [24–27]. The Atlantic puffin (*Fratercula arctica*) is a medium-sized marine bird of the Alcidae family with characteristic black and white colouration. It lives mainly in the North Atlantic Ocean, where it faces a multitude of threats, many of them linked to human activity. All this has led to it being classified as a vulnerable species on the list of threatened species of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) [28,29].

The aim of this paper was to study the coelomic cavity of the Atlantic puffin using anatomical sections and CT images, which could serve as an anatomical model for pathologic studies of other phylogenetically related birds.

2. Materials and Methods

2.1. Animals

In the present study, a total of 20 juvenile Atlantic puffin (*Fratercula arctica*) carcasses were utilised. The avian specimens displayed an average mass of 0.251 kg (with a range of 0.185–0.310 kg) and an average length, measured from the beak tip to the base of the tail, of 19.85 cm (with a range of 16–24 cm). The study group comprised young animals that were provided by the Consejería de Área de Medio Ambiente, Clima, Energía y Conocimiento of the Cabildo de Gran Canaria following a massive stranding event on the island's coastline. Subsequently, all enrolled puffins for this study were sectioned and scanned at the Veterinary Hospital of Las Palmas de Gran Canaria University (Canary Islands, Spain).

2.2. CT Technique

For the CT examinations, the carcasses were thawed at room temperature for 12 h. Sequential transverse CT slices were acquired using a 16-slice helical CT scanner (Toshiba Astelion, Canon Medical System®, Tokyo, Japan). The animals were symmetrically positioned in dorsal recumbency on the stretcher, with craniocaudal entry. A standard clinical protocol was followed, employing the following parameters: 120 kVp, 80 mA, 512 × 512 acquisition matrix, 1809 × 858 field of view, pitch of 0.94 and a gantry rotation of 1.5. The obtained images had a slice thickness of 0.6 mm. To enhance the assessment of the coelomic structures on CT, three different CT Window settings were applied by adjusting the window widths (WWs) and window levels (WLs): a bone window setting (WW = 1500; WL = 300), a soft tissue window setting (WW = 248; WL = 123) and a lung window setting (WW = 1400; WL = −500). No significant variations in CT density or anatomy were detected within the coelomic cavity of the birds used in this investigation. Finally, all these images were uploaded to an image viewer (OsiriX MD, Apple, Cupertino, CA, USA) to facilitate data manipulation and analysis.

2.3. Anatomical Sections

Following the acquisition of CT images, the imaged cadavers were frozen at −80 °C for 72 h. Subsequently, eight specimens were sectioned in the transverse plane. To accomplish this, parallel sections, each one centimetre thick, were generated using an electric band saw. Finally, after carefully moistening the sections obtained with water, removing the artefacts (feathers and sand) with Adson forceps and identifying them, they were photographed on both sides.

For further examination and identification of internal structures in anatomical cross-sections and CT images, three puffins were dissected to expose the coelomic cavity and visualise the location of the organs. The dissection facilitated the accurate identification and correlation of anatomical features observed in anatomical sections and CT images.

2.4. Anatomic Identification

For the purpose of identifying and labelling the cross-section along with the corresponding CT images, we used reference materials, such as textbooks and articles from scientific journals focused on avian anatomy [30–32]. Furthermore, to ensure precise anatomical interpretation of the coelomic structures, we also used different anatomical preparations provided by the Department of Anatomy of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Las Palmas de Gran Canaria. These additional resources proved beneficial in enhancing our understanding and accuracy in interpreting the anatomical features within the coelomic cavity.

3. Results

Different figures revealing the anatomical structures of the Atlantic puffin coelomic cavity are presented (Figures 1–12). Figure 1 comprises a compilation of various dissections displaying the main structures within the coelomic cavity. Figure 2 shows a sagittal multiplanar reconstruction (MPR) volume rendering, wherein each line and corresponding number (I–IX) represents approximately the level of the following anatomical and CT transverse planes. Figures 3–11 consist of four images for each case: (A) an anatomical cross-section, (B) a pulmonary CT window, (C) a soft tissue CT window and (D) a bone CT window. These images are presented in a rostrocaudal progression, starting from the lungs (Figure 3) to the cloaca levels (Figure 11). Finally, Figure 12 is composed of three images: (A) an anatomical dissection and (B,C) dorsal MPR volume rendering images in the pulmonary CT window at different levels.

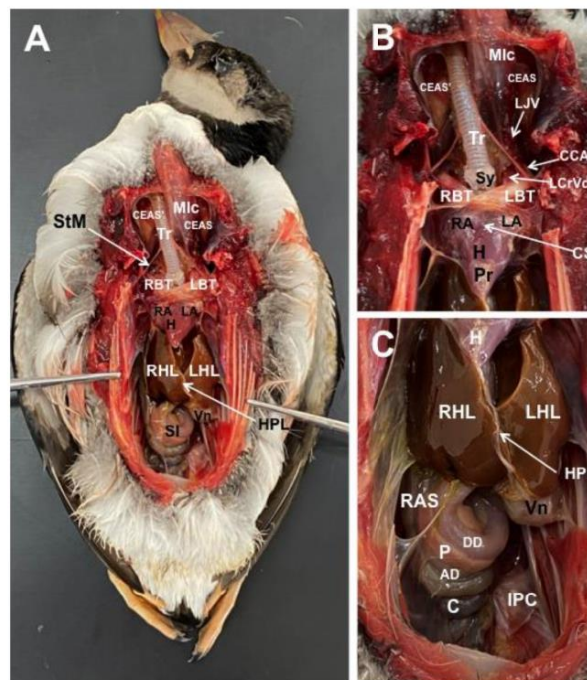


Figure 1. Gross dissection image of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* (A), and images of the cardiovascular (B) and digestive (C) structures. StM: sternotracheal muscle. Mic: longissimus colli

muscle. Tr: trachea. Sy: syrinx. CEAS: Right Cervical Air Sac. CEAS: Left Cervical Air Sac. LBT: Left Brachiocephalic Trunk. RBT: Right Brachiocephalic Trunk. LJV: left jugular vein. CCA: common carotid artery. LCrVc: left cranial vena cava. H: heart. RA: Right Atrium. LA: Left Atrium. Pr: pericardium. CS: coronary sinus. LHL: left hepatic lobe. RHL: right hepatic lobe. HPL: Hepatopericardial Ligament. DD: Descending Duodenum. AD: Ascending Duodenum. P: pancreas. C: caecum. RAS: right abdominal air sac. Vn: ventriculus. SI: small intestine. IPC: Intestinal Peritoneal Cavity.

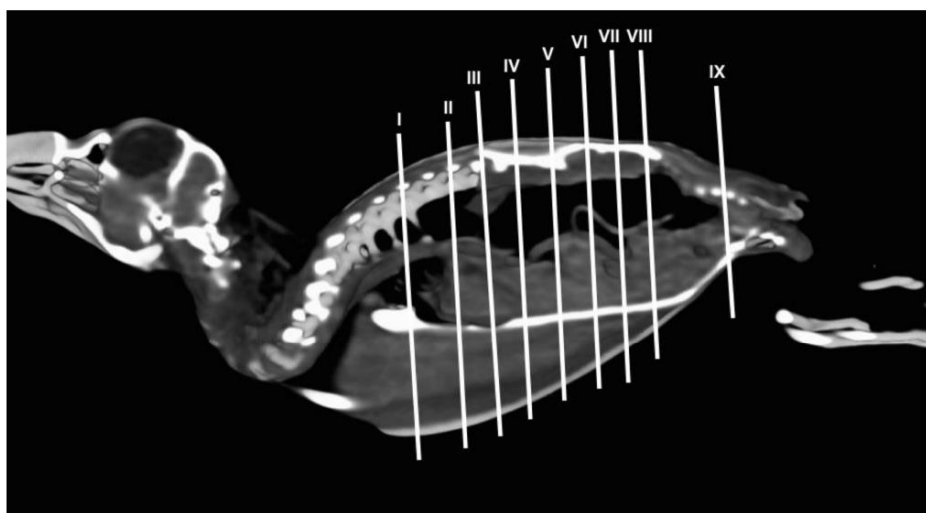


Figure 2. Sagittal MPR volume rendering image of the body of an Atlantic puffin. The lines and numbers (I–IX) represent the approximate level of the following transverse cross-sections and CT images.

3.1. Anatomical Dissections and Cross-Sections

We present anatomical dissections (Figures 1A–C and 12A) and transverse (Figures 3A–11A) cross-sections of the coelomic cavity. All these figures were essential in facilitating the identification of the organs of the respiratory, circulatory, digestive and urinary systems within this cavity. Consequently, we identified the puffin's heart, which exhibits an oval shape with a sharply pointed apex located along the central axis of the coelomic cavity and cranial to the liver (Figure 1A–C). Moreover, the heart chambers, including the Right and Left Atrium and the right and left ventricles, were observed. Additionally, these images were crucial in visualising significant blood vessels, such as the Left and Right Brachiocephalic Trunks, the common carotid artery, the left cranial vena cava and the left jugular vein (Figure 1A,B). The right and left lungs were visually discernible in a craniodorsal location, ventral to the thoracic vertebra and lateral to the ribs. The anatomical dissections and transverse cross-sections also aided in distinguishing the trachea (Figure 1A,B). This structure coursed in a median position into the coelomic cavity until bifurcating into the right and left main bronchi (Figures 3A–5A). In contrast, we could identify the syrinx in specific dissected images (Figures 1B and 12A). Dorsal to the trachea, we visualised other formations, such as the oesophagus, the longissimus colli and the sternotracheal muscles (Figures 1A,B and 12A).

The dissected and transverse images played a crucial role in observing the walls of the air sac. As a result, the cross-sections allowed the observation of the topographic distribution of the different air sacs, including the clavicular, the cervical, the thoracic and the abdominal air sacs (Figures 1A,B, 3A–10A and 12A). These anatomical preparations also facilitated the observation of the puffin's liver, which consists of the right and the left hepatic lobes, whose cranioventral segments surrounded the heart (Figures 1A,C and 12A). Both lobes exhibited similar sizes and were larger than other organs within the coelomic cavity. At the level of the visceral surface of the right lobe of the liver, a membranous structure corresponding to the gallbladder was distinguishable (Figure 12A). Moreover, the medial border of the hepatic lobes showed the hepatopericardial ligament, which connects the liver with the heart apex (Figure 1C). Caudally and closely related to the visceral surface of the left hepatic lobe, we identified the muscular portion of the puffin's stomach, known as the *ventriculus* (Figures 1A,C and 12A). Its identification was facilitated by the presence of a thick muscular layer, as well as by the visualisation of two muscles, the *crassus caudodorsalis* and the *crassus cranioventralis*, which delineate the dorsal and ventral borders of the *ventriculus* (Figures 8A and 9A). In addition, these sections also allowed us to observe its glandular part, the *proventriculus*, which shared a similar location at the left side of the coelomic cavity after the junction with the oesophagus and the *ventriculus* (Figures 6A and 7A). Other digestive system components, such as the small and large intestine, were also visible in these anatomic sections. The small intestine (*duodenum*) was better identified in the dissected image caudal to the liver (Figures 1A,C and 12A). It showed a U-shaped *ansa duodeni* comprising a descending segment, the *pars descendens*, and an ascending portion, the *pars ascendens* (Figures 1C and 12A). More caudally, we could distinguish the terminal intestine (*caecum*), which was well developed in the puffin, exhibiting a distinctive colouration (Figures 1C and 12A). Between these two segments and close to the duodenal loops, we observed the pancreas that lies within the mesoduodenum, displaying a pale yellow colouration (Figures 1C, 8A, 10A and 12A). In addition, the utilisation of transverse sections was crucial in discerning the presence of paired kidneys situated laterally to the spine and embedded dorsally in excavations of the synsacrum (Figures 8A–10A). Interestingly, these transverse sections allowed us to visualise the ventral surface of the right and left kidneys in close contact with the paired abdominal air sacs (Figures 8A and 9A). Furthermore, the caudal pole of the kidney housed the ureters, as depicted in Figures 9A and 10A. These structures were distinguished emerging from the ventral aspect of the kidneys. Concerning the genital organs, we distinguished a round single yellow structure that closely resembled the ovary (Figure 6A).

In the caudal part of the coelomic cavity, we could identify an excretory passage for the digestive and urogenital systems known as the cloaca, which was surrounded by cloacae muscles (*musculus levator cloacae* and *musculus transversus cloacae*) that allows the cloaca to become larger for different functions, including egg laying, copulation and defecation (Figure 11A). In addition, various bony structures related to the coelomic cavity were observed, including the vertebrae, ribs, sternum, thoracic and pelvic limbs, as well as the lateral parts of the pubis. These bone formations were associated with specific muscles, such as the different parts of the Pectoral Muscle (sternobrachialis, thoracic and abdominal portions), the Supracoracoid Muscle, the scapulohumeralis muscle, the scapulohumeral caudal muscle and the Longissimus Dorsi Muscle (Figures 3A–12A).

3.2. Computed Tomography Images

The CT images that closely corresponded to their anatomical sections were selected (Figures 3B–D–11B–D and 12B,C). These CT images provided additional morphological and tomographic details regarding the coelomic structures when compared with the corresponding cross-sections. The CT images acquired using the pulmonary window setting (Figures 3B–11B and 12B,C) provided excellent visualisation of various bones and their associated muscles, which were also seen with the soft tissue and bone window settings. Consequently, we observed different bony structures, such as the thoracic vertebrae, ribs, sternum, humerus, femur and pubis, as well as various muscles associated with these bony structures, including the scapulohumeralis, the scapulohumeral caudal, the longissimus colli, the longissimus dorsi, the pectoral, the supracoracoid and the intercostal muscles. In addition, the essential components of the respiratory tract, such as the trachea, the syrinx, the tracheal bifurcation, the course of the right and left main bronchi, the pulmonary vessels as well as the pulmonary parenchyma, could also be distinguished due to their higher attenuation (Figures 3B–7B, 12B and 12C). Interestingly, the lung parenchyma was well defined, showing a honeycomb-like pattern in all planes, exhibiting an irregular aspect in all puffins (Figures 3B–7B). Moreover, the right and left primary bronchi were visualised entering into the ventromedial aspect of the right and left lungs (Figures 4B, 5B and 12C). Furthermore, other intrathoracic structures, including the heart and large vessels, such as the two brachiocephalic trunks, were well visualised (Figures 4B and 5B). In addition, the walls of the clavicular, thoracic and abdominal air sacs could be distinguished (Figures 3B–10B). Concerning the digestive structures, this specific CT window effectively delineated the oesophagus, the right and left hepatic lobe, the glandular and the muscular parts of the puffin stomach, different intestinal segments and the cloaca (Figures 5B–11B). In addition, the dorsal CT images were helpful in observing the bifurcation of the caecum in the right and left caecum (Figure 12C).

The CT images obtained using the soft tissue windows (Figures 3C–Figure 11C) also provided satisfactory identification of the bony and muscle structures that comprise the coelomic cavity. In addition, this CT window allowed the identification of the oesophagus located ventrally to the vertebral body (Figures 3C–5C). Additionally, adequate visualisation of the heart was distinguished with this CT window. Therefore, we could observe the right ventricle surrounded by the right and left hepatic lobe (Figures 5C–7C), as well as the main arteries, such as the Right and Left Brachiocephalic Trunks, which appeared with intermediate attenuation (Figure 4C). Moreover, the lumen of the proventriculus and the ventricular folds of the puffin stomach were seen with excellent detail in the left portion of the coelomic cavity (Figures 6C–9C).

The CT images acquired with the use of the bone window setting (Figures 3D–11D) demonstrated excellent differentiation between the bones and the soft tissues within the coelomic cavity. In contrast, the heart chambers and the main arteries exhibited an intermediate CT attenuation (Figures 3D–7D). Additionally, various digestive structures, including the oesophagus, the hepatic lobes, different intestinal sections and the cloaca, as well as the glandular and the muscular part of the puffin stomach, were also observed with intermediate attenuation (Figures 3D–11D). Interestingly, this CT window enabled the observation of the left abdominal air sac covering the ventricular surface, which adjoins the left ventral hepatic peritoneal cavity on the left side of the ventriculus (Figure 8D). In addition, the crassus cranioventralis was discernible by its anatomical location ventral to the ventricle, as well as by its round shape and intermediate attenuation (Figure 8D).

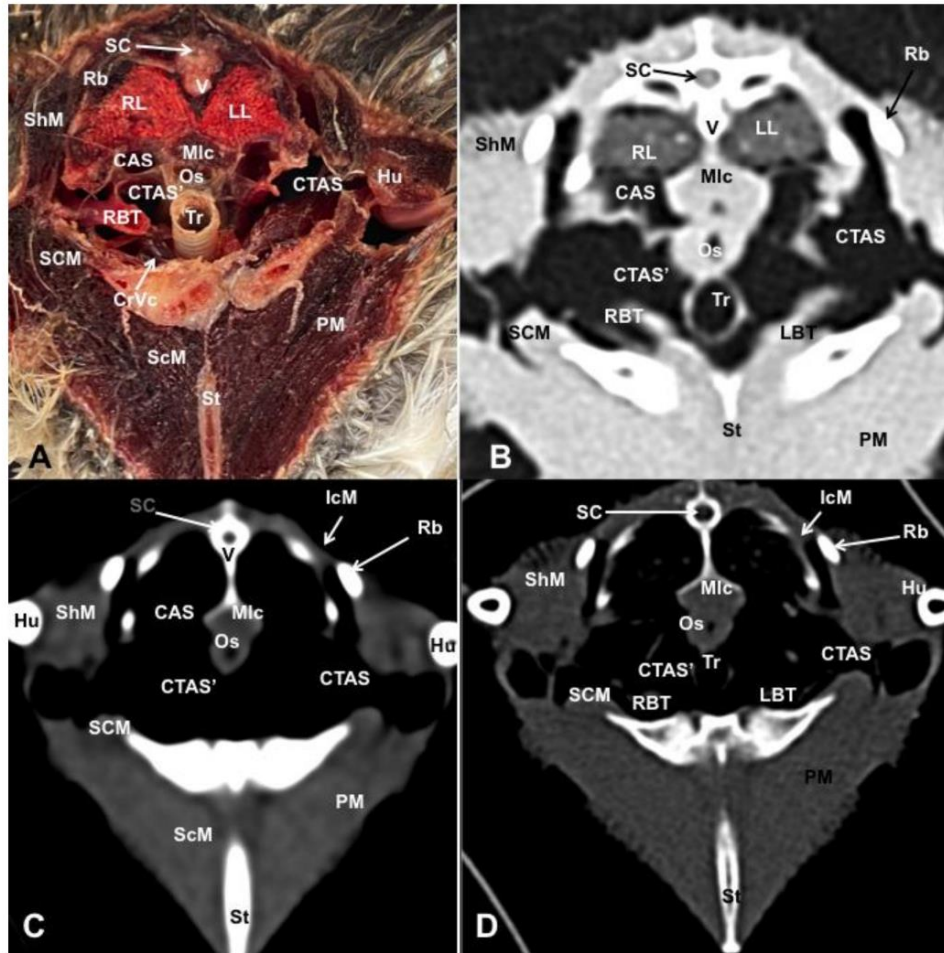


Figure 3. Transverse cross-sectional image (A), and pulmonary (B), soft tissue (C) and bone (D) CT images of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* at the level of the trachea corresponding to line I in Figure 1. SC: spinal cord. V: vertebra (vertebral body). ShM: scapulohumeral muscle. SCM: scapulohumeral caudal muscle. RL: right lung. LL: left lung. Mlc: longissimus colli muscle. Os: oesophagus. Tr: trachea. CTAS: cranial thoracic air sac (left). CTAS': cranial thoracic air sac (right). CAS: Clavicular Air Sac. LBT: Left Brachiocephalic Trunk. RBT: Right Brachiocephalic Trunk. CrVc: cranial cava vein. St: sternum. PM: Pectoral Muscle (thoracobrachialis muscle). ScM: Supracoracoid Muscle. IcM: intercostal muscle. Hu: humerus. Rb: ribs.

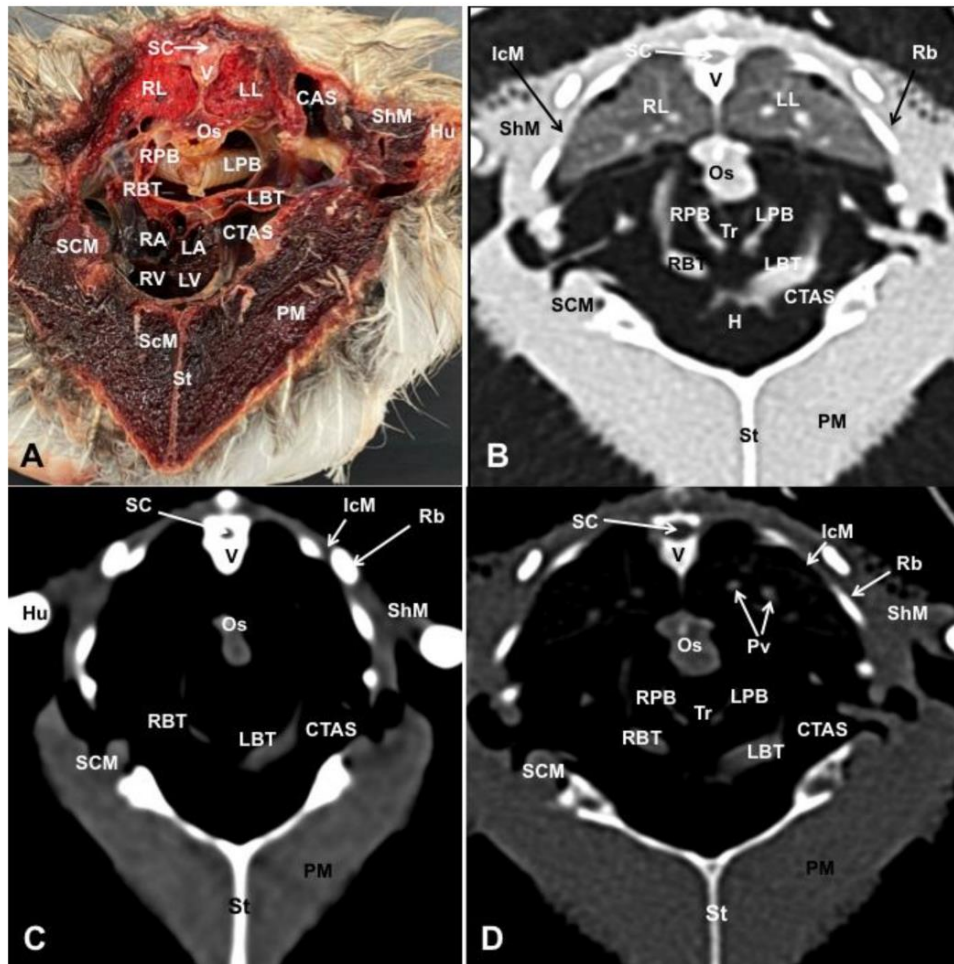


Figure 4. Transverse cross-sectional image (A), and pulmonary (B), soft tissue (C) and bone (D) CT images of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* at the level of the heart corresponding to line II in Figure 1. SC: spinal cord. V: vertebra (vertebral body). ShM: scapulohumeral muscle. SCM: scapulohumeral caudal muscle. RL: right lung. LL: left lung. Pv: pulmonary vessels. Os: oesophagus. Tr: trachea. LPB: Left Primary Bronchus. RPB: Right Primary Bronchus. CTAS: cranial thoracic air sac (left). CAS: Clavicular Air Sac. LBT: Left Brachiocephalic Trunk. RBT: Right Brachiocephalic Trunk. H: heart. RA: Right Atrium. LA: Left Atrium. RV: right ventricle. LV: Left Ventricle. St: sternum. PM: Pectoral Muscle (thoracobrachialis muscle). ScM: Supracoracoid Muscle. IcM: intercostal muscle. Hu: humerus. Rb: ribs.

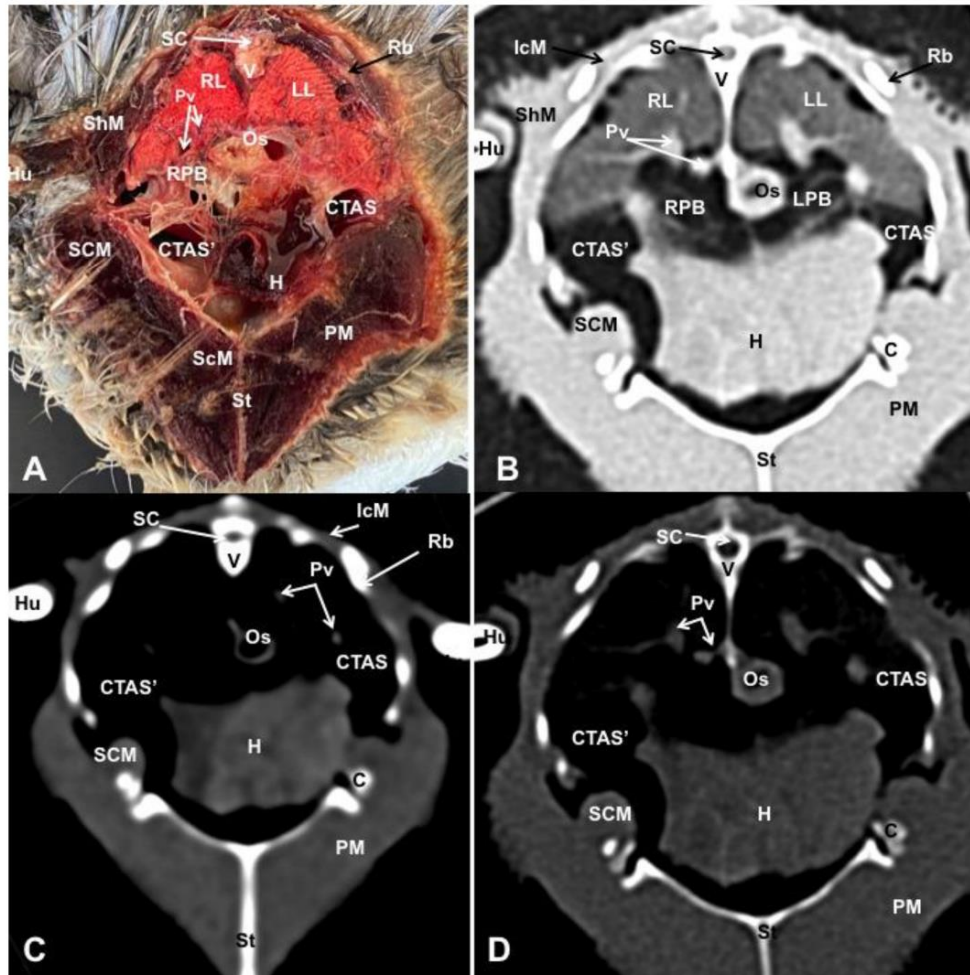


Figure 5. Transverse cross-sectional image (A), and pulmonary (B), soft tissue (C) and bone (D) CT images of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* at the level of the cranial thoracic air sacs corresponding to line III in Figure 1. SC: spinal cord. V: vertebra (vertebral body). ShM: scapulohumeral caudal muscle. SCM: scapulohumeral caudal muscle. RL: right lung. LL: left lung. Pv: pulmonary vessels. Os: oesophagus. LPB: Left Primary Bronchus. RPB: Right Primary Bronchus. CTAS': cranial thoracic air sac (right). CTAS: cranial thoracic air sac (left). H: heart. St: sternum. C: coracoid bone. PM: Pectoral Muscle. ScM: Supracoracoid Muscle. IcM: intercostal muscle. Hu: humerus. Rb: ribs.

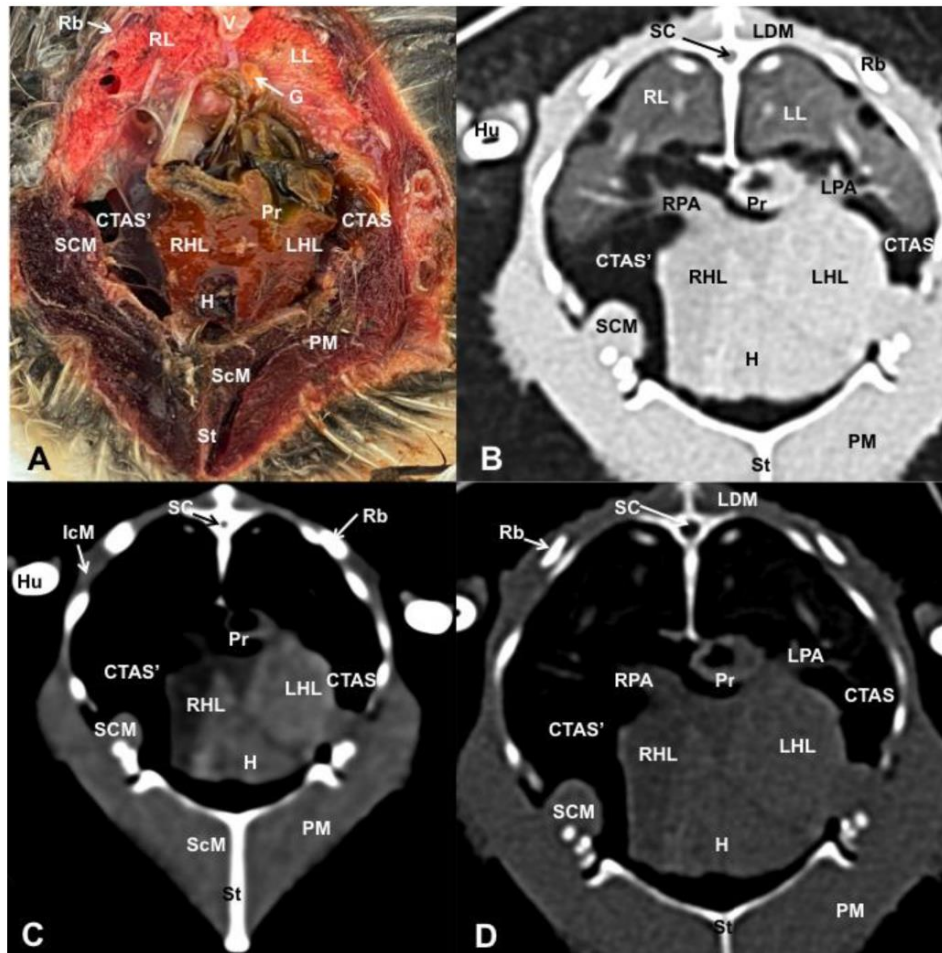


Figure 6. Transverse cross-sectional image (A), and pulmonary (B), soft tissue (C) and bone (D) CT images of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* at the level of the liver (hepatic lobes) corresponding to line IV in Figure 1. SC: spinal cord. V: vertebra (vertebral body). LDM: Longissimus Dorsi Muscle. RL: right lung. LL: left lung. RPA: right pulmonary artery. LPA: left pulmonary artery. G: gonad. CTAS: cranial thoracic air sac (left). CTAS': cranial thoracic air sac (right). Pr: proventriculus. RHL: right hepatic lobe. LHL: left hepatic lobe. H: heart (ventricle). SCM: scapulohumeral caudal muscle. St: sternum. ScM: Supracoracoid Muscle. PM: Pectoral Muscle. IcM: intercostal muscle. Hu: humerus. Rb: ribs.

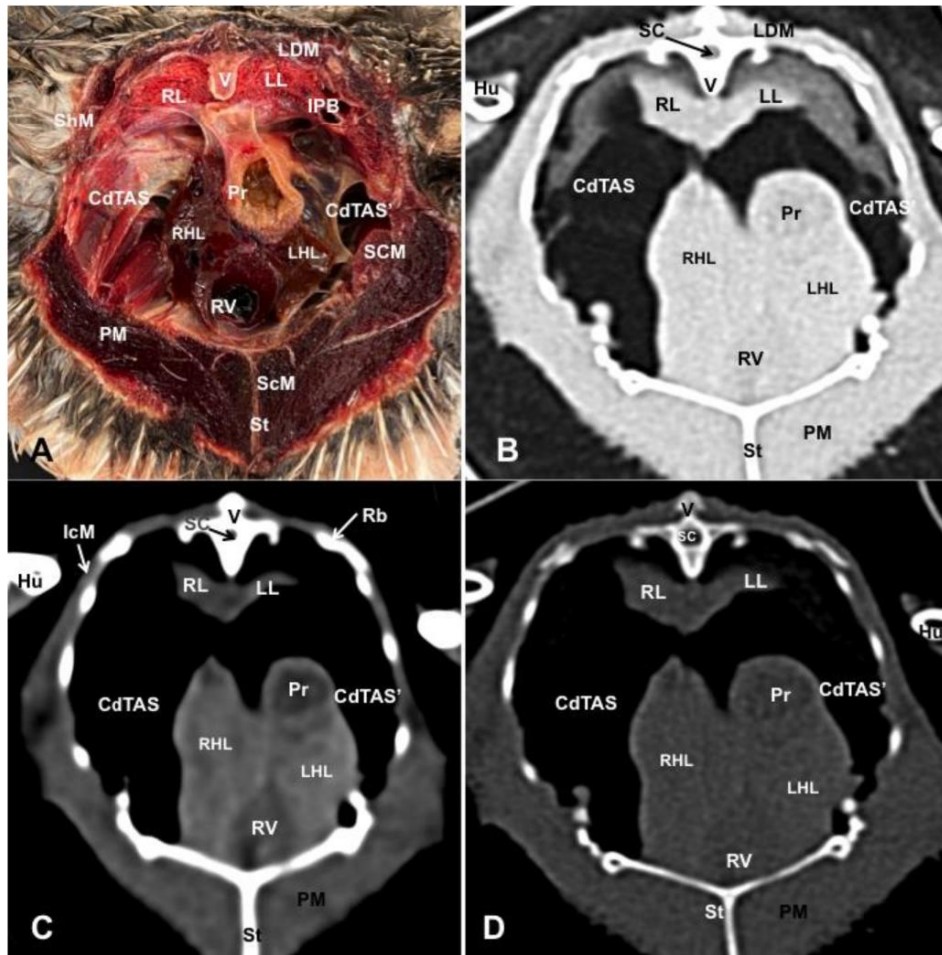


Figure 7. Transverse cross-sectional image (A), and pulmonary (B), soft tissue (C) and bone (D) CT images of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* at the level of the caudal thoracic air sac corresponding to line V in Figure 1. SC: spinal cord. V: vertebra (vertebral body and spinal process). LDM: Longissimus Dorsi Muscle. ShM: scapulohumeral muscle. RL: right lung. LL: left lung. CdTAS: caudal thoracic air sac (right). CdTAS': caudal thoracic air sac (left). Pr: proventriculus. RHL: right hepatic lobe. LHL: left hepatic lobe. RV: right ventricle. St: sternum. ScM: Supracoracoid Muscle. PM: Pectoral Muscle. IcM: intercostal muscle. Hu: humerus. Rb: ribs.

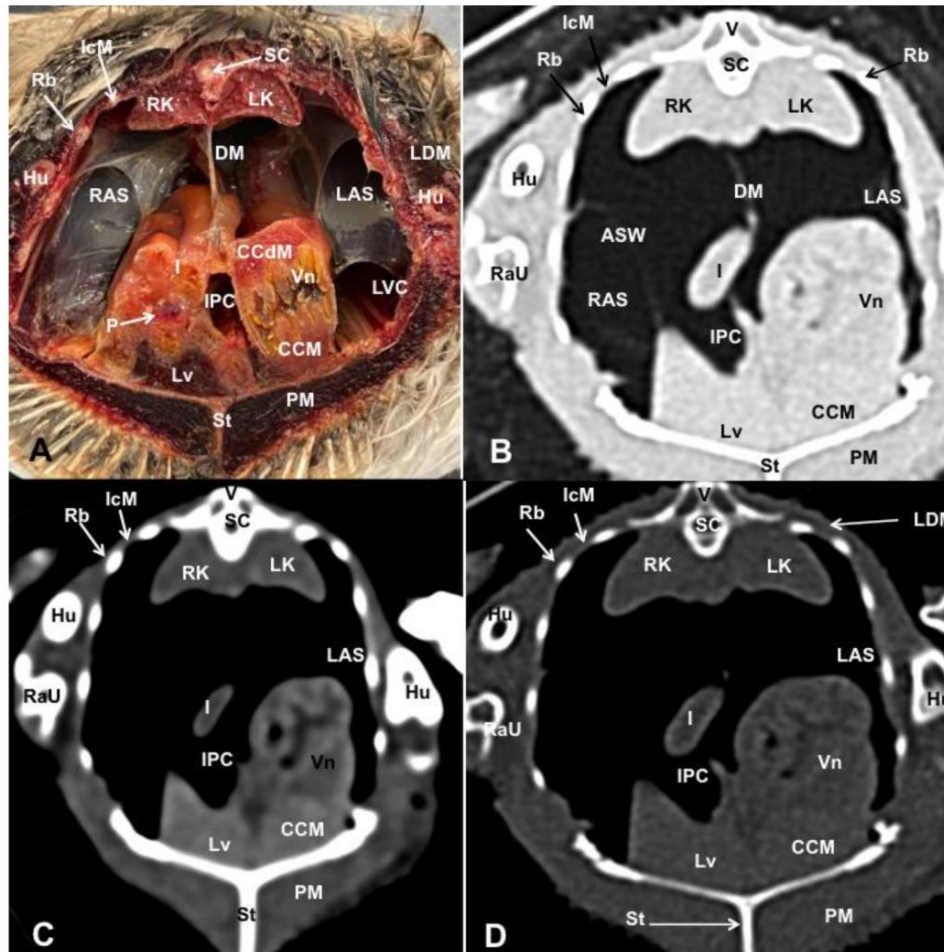


Figure 8. Transverse cross-sectional image (A), and pulmonary (B), soft tissue (C) and bone (D) CT images of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* at the level of the kidneys corresponding to line VI in Figure 1. SC: spinal cord. V: vertebra (spinal process). RK: right kidney. LK: left kidney. DM: Dorsal Mesenterium. LAS: left abdominal sac. RAS: right abdominal Sac. ASW: air sac wall. I: intestine. P: pancreas. Vn: ventriculus. CCdM: crassus caudodorsalis muscle. CCM: crassus cranioventralis muscle. IPC: Intestinal Peritoneal Cavity. LVC: left ventral hepatic peritoneal cavity. Lv: liver. St: sternum. PM: Pectoral Muscle. IcM: intercostal muscle. Hu: humerus. RaU: Radius and Ulna. Rb: ribs. LDM: Longissimus Dorsi Muscle.

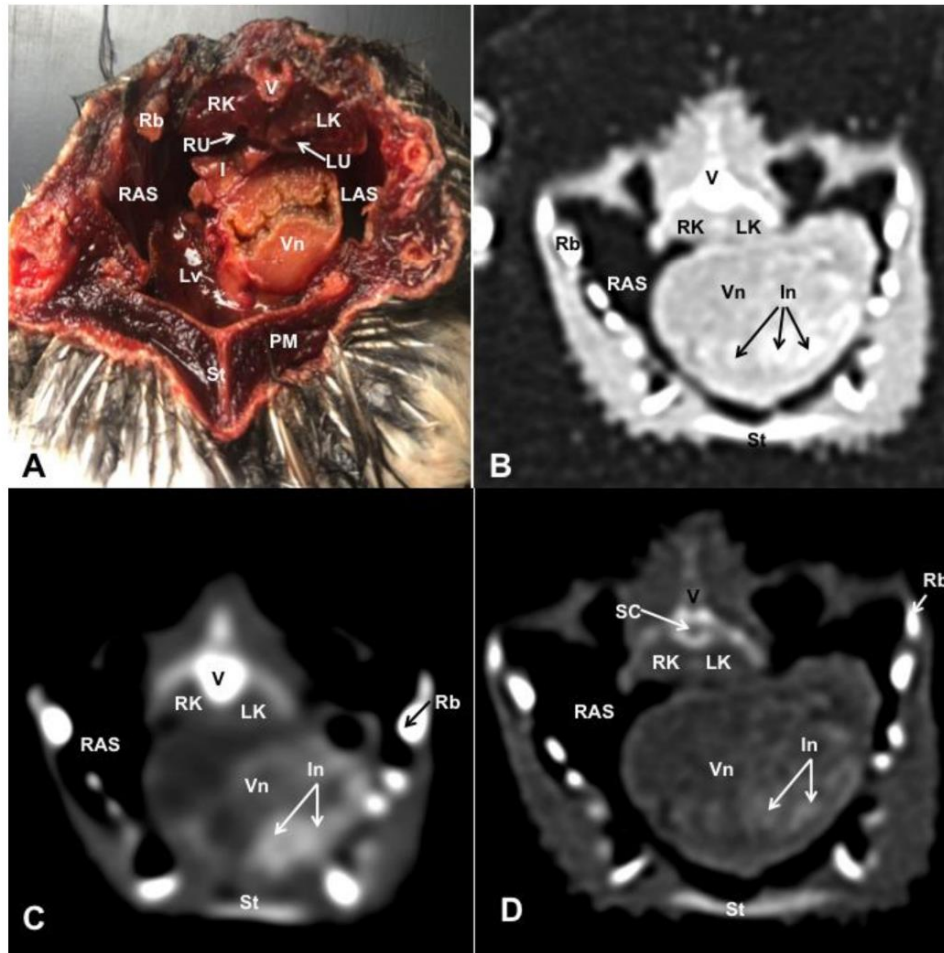


Figure 9. Transverse cross-sectional image (A), and pulmonary (B), soft tissue (C) and bone (D) CT images of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* at the level of the ventriculus corresponding to line VII in Figure 1. SC: spinal cord. V: vertebra (vertebral body and spinal process). RK: right kidney. LK: left kidney. RU: right ureter. LU: left ureter. Lv: liver. RAS: right abdominal air sac. LAS: left abdominal air sac. I: intestine. Vn: ventriculus. In: ingesta. St: sternum. PM: Pectoral Muscle (thoracic part). Rb: ribs.

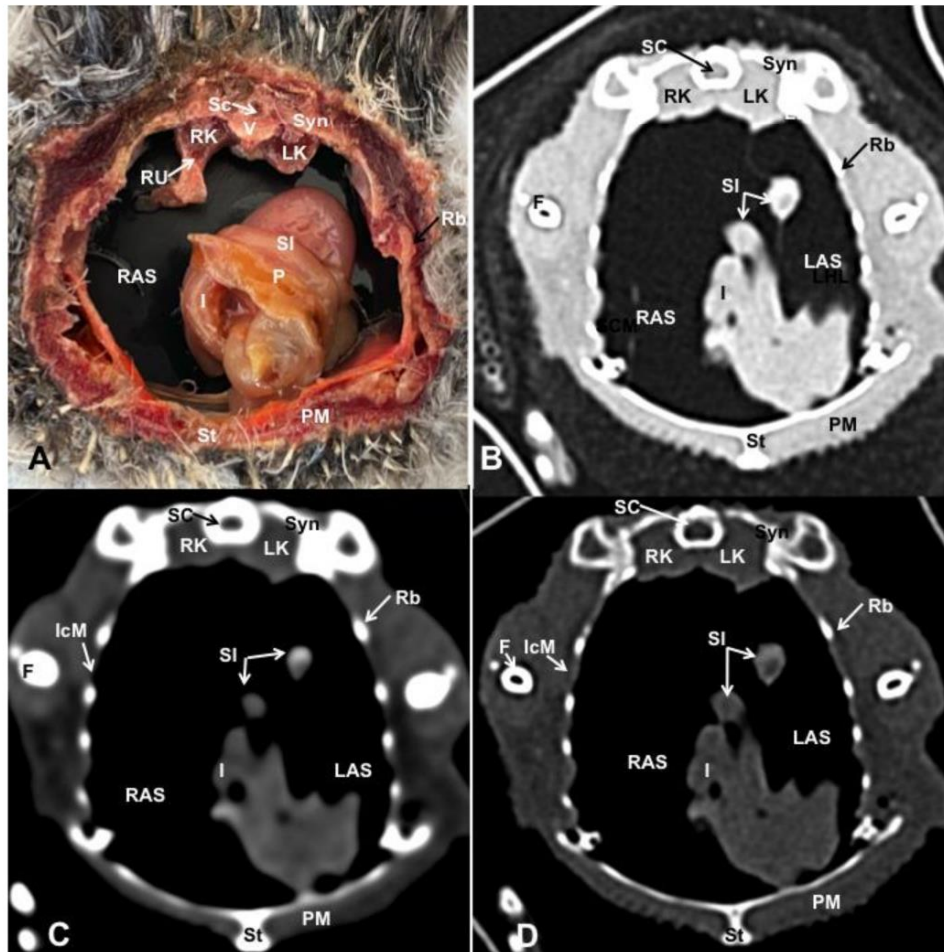


Figure 10. Transverse cross-sectional image (A), and pulmonary (B), soft tissue (C) and bone (D) CT images of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* at the level of the caudal end of the right and left kidneys corresponding to line VIII in Figure 1. SC: spinal cord. V: vertebra (vertebral body). Syn: synsacrum. F: femur. RK: right kidney. LK: left kidney. RU: right ureter. RAS: right abdominal air sac. LAS: left abdominal air sac. P: pancreas. I: intestine. SI: small intestine (duodenum). St: sternum. PM: Pectoral Muscle (thoracic part). IcM: intercostal muscle. Rb: ribs.

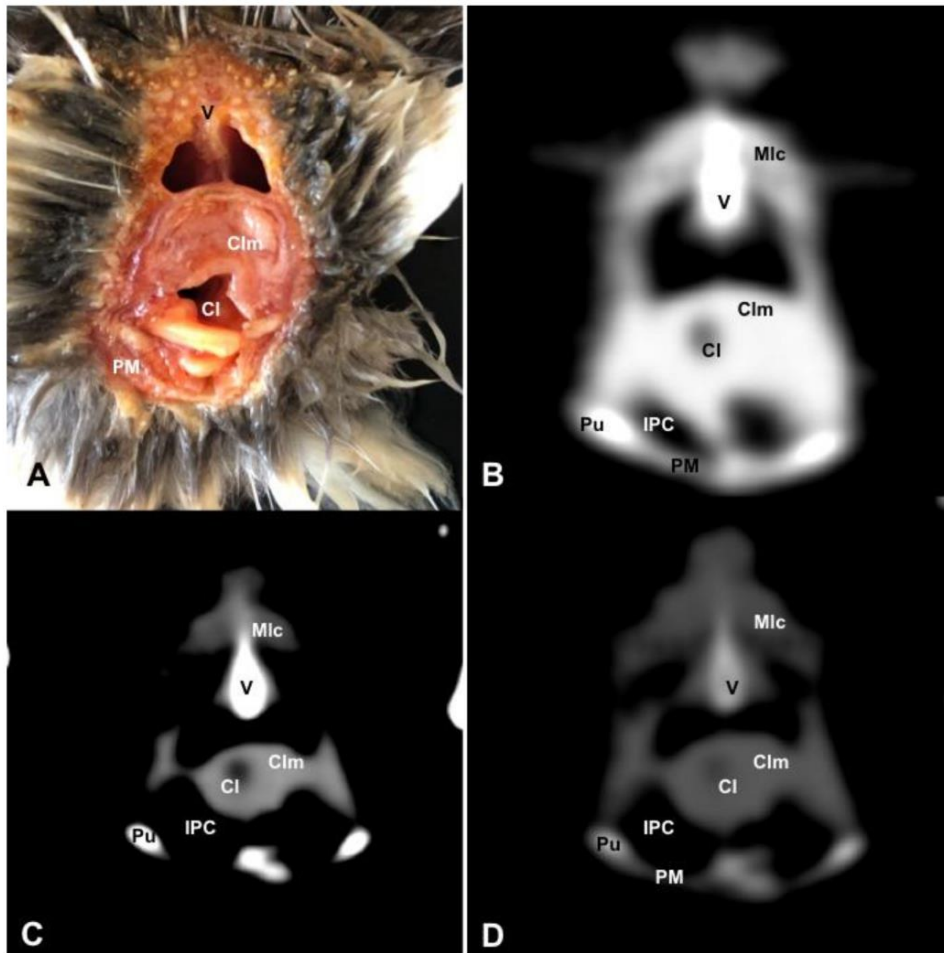


Figure 11. Transverse cross-sectional image (A), and pulmonary (B), soft tissue (C) and bone (D) CT images of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* at the level of the cloaca corresponding to line IX in Figure 1. V: vertebra. Clm: cloacal muscles (musculus levator cloacae + musculus transversus cloacae). Cl: cloaca. IPC: Intestinal Peritoneal Cavity. Pu: pubis. PM: Pectoral Muscle (abdominal portion). Mlc: musculus levator caudae.

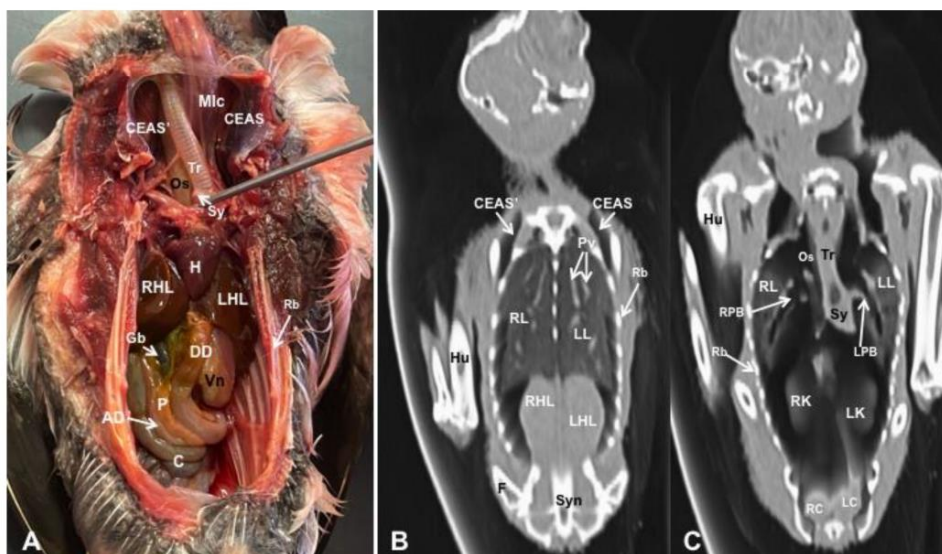


Figure 12. Gross dissection image of the coelomic cavity of the *Fratercula arctica* (A), and dorsal MPR volume rendering images in pulmonary CT window of the coelomic cavity at level of hepatic lobes (B) and kidneys (C). Mlc: longissimus colli muscle. CEAS: Right Cervical Air Sac. CEAS: Left Cervical Air Sac. Tr: trachea. Sy: syrinx. Os: oesophagus. LL: left lung. RL: right lung. Pv: pulmonary vessels. LPB: Left Primary Bronchus (intrapulmonary portion). RPB: Right Primary Bronchus (intrapulmonary portion). H: heart. LHL: left hepatic lobe. RHL: right hepatic lobe. Gb: gallbladder. DD: Descending Duodenum. AD: Ascending Duodenum. Vn: ventriculus. P: pancreas. C: caecum. RC: right caecum. LC: left caecum. Hu: humerus. F: femur. Syn: synsacrum. Rb: rib.

4. Discussion

Birds possess a complex anatomy, very different from mammals, as they lack a distinct separation between the thorax and the abdomen, resulting in the coelomic cavity. Consequently, this cavity has a complex organisation that encloses organs of the circulatory system and the respiratory, digestive and urogenital apparatus [24,25,30–34].

The conventional approach to studying animal anatomy, which involves dissections for visualising organs and internal structures, has undergone a profound transformation with the irruption of modern imaging techniques such as MRI and CT, which are the most advanced diagnostic imaging modalities available for identifying normal anatomy and abnormalities in the internal organs of live animals [9]. In contrast to conventional imaging methods, such as traditional radiographs or ultrasonography, these modern modalities are essential techniques for enabling better morphologic characterisation of the coelomic cavity by providing views of body sections from multiple tomographic planes without repositioning the animal, thereby delivering images with exceptional anatomic resolution in the absence of tissue superimposition, high contrast between different structures, and excellent tissue differentiation that permits the assessment of spatial relationships between organs that are not detected using radiography or ultrasonography. Disadvantages of these procedures include their high cost, the need to sedate and possibly restrain the bird, and the longer examination time in the case of MRI [4–6,21,25–27]. Due to these shortcomings, the traditional imaging procedures are still the most routinely used because they are fast and low-cost and are widely available in daily avian practice [5,26].

In the present study, coelomic CT images were assessed using pulmonary, soft tissue and bone window settings. The employment of the pulmonary window setting yielded notable benefits in the differentiation of the respiratory tract and diverse vascular structures. As a result, the lung parenchyma, with its honeycomb pattern related to the end-on view of the parabronchi; the course of the two pulmonary arteries supplying each lung; and the paired brachiocephalic trunks were well distinguished with this window setting (Figures 4B–6B). Moreover, this CT window and the different planes were quite effective in visualising the extrapulmonary and intrapulmonary portions of the primary bronchus into each lung (Figure 12C). Comparable findings have been reported in previous CT investigations performed on other species, such as neonatal foals [35], reptiles [36] and different avian species [25–27]. Meanwhile, the application of the soft tissue window provided additional insights into puffin cardiac topography and its associated blood vessels (Figures 4C–7C). However, the combination of the different CT window settings was not helpful for the visualisation of the four cardiac chambers, which was due to the absence of contrast media administration. Although there are limited studies on the use of contrast media in birds [25–27], its application has proven to enhance and facilitate the visualisation of cardiovascular structures and air sacs in live specimens [25,26]. Despite the constraint posed in our study by the use of cadaveric specimens, precluding the administration of intravenous contrast medium, the pulmonary CT window facilitated visualisation of the wall of the thoracic and abdominal air sacs (Figures 7B–10B). Nevertheless, studies performed on other bird species described how the air sac walls are not precisely distinguished in CT or radiographs [25,26]. Similar to previous studies [25], the combination of the aforementioned pulmonary CT window with the bone window setting revealed a distinct visualisation of the ventriculus of the stomach, whose content exhibited an amalgamation of air and dense materials (Figures 8C,D and 9C,D). In addition, this particular CT window was quite helpful in distinguishing the muscular layer of the puffin ventriculus, and the relation between the bird heart and the right and left hepatic lobes (Figure 7C,D). In contrast to other avian species, such as parrots [25], whose right lobe is generally larger than the left, the puffin liver presented lobes of similar size. In addition, they showed the gallbladder, which was only distinguishable in the dissected images. This fact could be due to the lack of contrast administration that could impede the visualisation of other organs, including the spleen, the ureters or the pancreas.

In avian species, the sexes are separated, consisting of either male or female genital organs. Nevertheless, several avian species consequently do not show phenotypic sexual dimorphism, making it necessary to employ endoscopy or DNA testing for definitive sex determination [32]. In this study, we identified a single round structure adjacent to the caudal margin of the left lung that closely resembled the left ovary. However, the small size of the puffins suggested that they were juvenile specimens and, therefore, sexually immature animals, which could explain the challenge encountered in distinguishing the gonads in these animals. As stated in other reports described in birds [25], the gonads are visible only in sexually mature individuals of large species.

This CT-based anatomical study has confirmed the suitability of cadavers for evaluating diverse anatomical patterns. However, it is essential to consider the absence of blood flow in dead animals when comparing the results with those obtained from live specimens using contrast media [6,17,18,25]. Results from the present study demonstrated that the utilisation of frozen anatomical sections and dissections was beneficial in identifying various coelomic structures observed on transverse CT images and ensured accurate correlations.

5. Conclusions

The current investigation elucidates the spatial arrangement of the different organs within the coelomic cavity of puffins, achieved through the integration of diverse CT window settings in conjunction with anatomical cross-sections. The outcomes underscore the efficacy of CT imaging for the comprehensive study of avian anatomical structure, obtaining high-quality images that could serve as a reference to evaluate Alcidæ birds

with pathologies at the coelom level. Notably, it is imperative to emphasise that the use of CT as a diagnostic modality in live birds requires the administration of anaesthesia and carries potential complications and mortality risks. Consequently, the utilisation of this technique in live avians demands judicious consideration and rigorous justification by the attending clinician.

Author Contributions: Conceptualization, J.R.J., M.F.-H., J.A.C., I.M., M.A., G.R.Z. and M.E.; methodology, J.R.J., M.F.-H., J.A.C., I.M., M.A., G.R.Z. and M.E.; investigation, J.R.J., M.F.-H., J.A.C., I.M., M.A., G.R.Z. and M.E.; resources, J.R.J., M.F.-H., J.A.C., I.M., M.A., G.R.Z. and M.E.; writing—review and editing, J.R.J., M.F.-H., J.A.C., I.M., M.A., G.R.Z. and M.E. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: In this study, we did not need ethical approval, since the puffins were coming to our hospital to rule out through CT any cause of stranding. From these studies, we obtained the information presented in our paper. As occurs in domestic mammals, just informed consent from the owner allowed us to carry out this study. Therefore, El Cabildo Insular de Gran Canaria was informed that all animal identity information obtained from this study was treated as confidential to the extent permitted by law and only used for research or teaching purposes.

Informed Consent Statement: Written informed consent has been obtained from El Cabildo Insular de Gran Canaria to publish this paper.

Data Availability Statement: The information is available at "<https://acedacris.ulpgc.es>", accessed on 25 June 2023.

Acknowledgments: In loving memory of Alvaro Domingo Rodriguez Garcia. We also thank Concepción Mingot, Carmen Mingot, Emilia Mingot, Nicolas Aquino, Ayesh Mohamad, Marisa Mohamad and Jamal Jaber for their support and constructive comments. Moreover, we also thank the Consejería de Área de Medio Ambiente, Clima, Energía y Conocimiento of the Cabildo Insular de Gran Canaria for providing the animals of this study.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Barrowclough, G.F.; Cracraft, J.; Klicka, J.; Zink, R.M. How Many Kinds of Birds Are There and Why Does It Matter? *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0166307. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. American Veterinary Medical Association. Available online: <https://www.avma.org/resources-tools/reports-statistics/us-pet-ownership-statistics> (accessed on 1 June 2023).
3. Raftery, A. *BSAVA Manual of Psittacine Birds*, 2nd ed.; British Small Animal Veterinary Association: Gloucester, UK, 2005; pp. 35–49.
4. Krautwald-Junghanns, M.E.; Pees, M.; Reese, S.; Tully, T. *Diagnostic Imaging of Exotic Pets*, 1st ed.; Schlütersche: Hannover, Germany, 2011.
5. McMillan, M.C. *Imaging Techniques*; Wingers Publishing: Lake Worth, FL, USA, 1994; pp. 246–326.
6. Zeeland, Y.R.A.; Schoemaker, N.J.; Hsu, E.W. *Current Therapy in Avian Medicine and Surgery*; Elsevier: St. Louis, MO, USA, 2016; pp. 531–549.
7. Haacke, E.M.; Brown, R.W.; Thompson, M.R.; Vankatesan, R. *Magnetic Resonance Imaging*; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 1999; pp. 331–380, 669–702.
8. Beuf, O.; Jaillon, F.; Saint-Jalmes, H. Small-animal MRI: Signal-to-noise ratio comparison at 7 and 15 T with multiple-animal acquisition strategies. *Magn. Reson. Mater. Phys.* **2006**, *19*, 202–208. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Lauridsen, H.; Hansen, K.; Wang, T.; Agger, P.; Andersen, J.L.; Knudsen, P.S.; Rasmussen, A.S.; Uhrenholt, L.; Pedersen, M. Inside Out: Modern Imaging Techniques to Reveal Animal Anatomy. *PLoS ONE* **2011**, *6*, e17879. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Dinley, J.; Hawkins, L.; Paterson, G.; Ball, A.D.; Sinclair, I.; Sinnett-Jones, P.; Lanham, S. Micro-computed X-ray tomography: A new non-destructive method of assessing sectional, fly-through and 3D imaging of a soft-bodied marine worm. *J. Microsc.* **2010**, *238*, 123–133. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Ziegler, A.; Faber, A.; Mueller, S.; Bartolomeaus, T. Systematic comparison and reconstruction of sea urchin (*Echinoidea*) internal anatomy: A novel approach using magnetic resonance imaging. *BMC Biol.* **2008**, *6*, 33. [[CrossRef](#)]
12. Rieppel, O.; Gauthier, J.; Maisano, J. Comparative morphology of the dermal palate in squamate reptiles, with comments on phylogenetic implications. *Zool. J. Linn. Soc.* **2008**, *152*, 131–152. [[CrossRef](#)]
13. Digital Fish Library. A Collaborative Project at the University of California, San Diego Funded by the National Science Foundation's (NSF) Biological Infrastructure Program. Available online: www.digitalfishlibrary.org (accessed on 8 June 2023).

14. Webb, E.; Yuan, M.; Lemoine, N.; Wang, Y. Imaging in animal models. *Integr. Cancer Sci. Ther.* **2016**, *3*, 428–431. [CrossRef]
15. Schambach, S.J.; Bag, S.; Schilling, L.; Groden, C.; Brockmann, M.A. Application of micro-CT in small animal imaging. *Methods* **2010**, *50*, 2–13. [CrossRef]
16. Farrag, M.; Pukale, D.D.; Leipzig, N.D. Micro-computed tomography utility for estimation of intraparenchymal spinal cord cystic lesions in small animals. *Neural Regen. Res.* **2021**, *16*, 2293–2298.
17. Delk, K.W.; Mejia-Fava, J.; Jiménez, D.A.; Kent, M.; Myrna, K.; Mayer, J.; Divers, S. Diagnostic imaging of peripheral vestibular disease in a Chinese goose (*Anser cygnoides*). *J. Avian Med. Surg.* **2014**, *28*, 31–37. [CrossRef]
18. Fleming, G.J.; Lester, N.V.; Stevenson, R.; Silver, X.S. High field strength (4.7 T) magnetic resonance imaging of hydrocephalus in an African Grey parrot (*Psittacus erithacus*). *Vet. Radiol. Ultrasound* **2003**, *44*, 542–545. [CrossRef] [PubMed]
19. Jirak, D.; Janacek, J.; Kear, B.P. A combined MR and CT study for precise quantitative analysis of the avian brain. *Sci. Rep.* **2015**, *5*, 16002. [CrossRef] [PubMed]
20. Romagnano, A.; Shiroma, J.T.; Heard, D.J.; Johnson, R.D.; Schiering, M.R.; Mladinich, M.S. Magnetic resonance imaging of the brain and coelomic cavity of the domestic pigeon (*Columba livia domestica*). *Vet. Radiol. Ultrasound* **1996**, *37*, 431–440. [CrossRef]
21. Fumero-Hernández, M.; Encinosa, M.; Ramírez, A.S.; Morales, I.; Suárez Pérez, A.; Jaber, J.R. A Cadaveric Study Using Computed Tomography for Measuring the Ocular Bulb and Scleral Skeleton of the Atlantic Puffin (*Aves, Alcidae, Fratercula arctica*). *Animals* **2023**, *13*, 2418. [CrossRef] [PubMed]
22. Hall, M.I. The anatomical relationships between the avian eye, orbit and sclerotic ring: Implications for inferring activity patterns in extinct birds. *J. Anat.* **2008**, *212*, 781–794. [CrossRef]
23. Andrade, S.B.D.; Araujo, N.L.L.C.D.; Raposo, A.C.S.; Muramoto, C.; Oriá, A.P. Morphometric descriptive report of scleral ossicle rings, by ultrasound and computed tomography, in three *Testudines* specimens. *Ciênc. Rural.* **2023**, *53*, e20210423. [CrossRef]
24. Orosz, S.E.; Toal, R.L. Tomographic anatomy of the golden eagle (*Aquila chrysaetos*). *J. Zoo Wildl. Med.* **1992**, *23*, 39–46.
25. Veladiano, I.A.; Banzato, T.; Bellini, L.; Montani, A.; Catania, S.; Zotti, A. Normal computed tomographic features and reference values for the coelomic cavity in pet parrots. *BMC Vet. Res.* **2016**, *12*, 182. [CrossRef]
26. Da Silva, J.P.; Rahal, S.C.; Castiglioni, M.C.R.; Baldissera Gonçalves, R.A.; Doiche, D.P.; Moresco, A.; Mamprim, M.J.; Vulcano, L.C. Radiography and computed tomography of the heart and lower respiratory tract in toco toucans (*Ramphastos toco*). *Anat. Histol. Embryol.* **2020**, *49*, 541–549. [CrossRef]
27. Pepperberg, I.M.; Howell, K.S.; Banta, P.A.; Patterson, D.K.; Meisser, M. Measurement of grey parrot (*Psittacus erithacus*) trachea via magnetic resonance imaging, dissection, and electron beam computed tomography. *J. Morphol.* **1998**, *238*, 81–91. [CrossRef]
28. IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. Available online: <https://www.iucnredlist.org> (accessed on 2 June 2023).
29. Painter, J. *Fratercula arctica*. Available online: https://animaldiversity.org/accounts/Fratercula_arctica/ (accessed on 30 May 2023).
30. Sisson, S.; Getty, R.; Grossman, J.D. *Anatomía de los Animales Domésticos*, 5th ed.; Elsevier Masson: Issy les Moulineaux, France, 1982.
31. MacLelland, J. *Atlas en Color de Anatomía de las Aves*; McGraw-Hill Interamericana: Madrid, Spain, 1992.
32. König, E.H.; Liebich, H.G.; Bragulla, H. *Anatomie und Propädeutik des Geflügels*; Schattauer: Stuttgart, Germany, 2001.
33. Isaac, I.; Richardson, J.; Liuti, T.; Longo, M. Safety of intravenous iodinated contrast medium injection in rabbits undergoing conscious computed tomography. *Vet. Rec. Open* **2022**, *9*, e31. [CrossRef] [PubMed]
34. Seamon, A.B.; Hofmeister, E.H.; Divers, S.J. Outcome following inhalation anesthesia in birds at a veterinary referral hospital: 352 cases (2004–2014). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **2017**, *251*, 814–817. [CrossRef] [PubMed]
35. Arencibia, A.; Corbera, J.A.; Ramírez, G.; Díaz-Bertrana, M.L.; Pitti, L.; Morales, M.; Jaber, J.R. Anatomical Assessment of the Thorax in the Neonatal Foal Using Computed Tomography Angiography, Sectional Anatomy, and Gross Dissections. *Animals* **2020**, *10*, 1045. [CrossRef] [PubMed]
36. Banzato, T.; Selleri, P.; Veladiano, I.A.; Zotti, A. Comparative evaluation of the cadaveric and computed tomographic features of the coelomic cavity in the green iguana (*Iguana iguana*), black and white tegu (*Tupinambis merianae*) and bearded dragon (*Pogona vitticeps*). *Anat. Histol. Embryol.* **2013**, *42*, 453–460. [CrossRef]

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Article

Cross Sectional Anatomy and Magnetic Resonance Imaging of the Juvenile Atlantic Puffin Head (Aves, Alcidae, *Fratercula arctica*)

Marcos Fumero-Hernández ^{1,*}, Mario Encinosa ^{1,*}, Ayose Melian ², Himar Artilles Nuez ³, Doaa Salman ⁴ and José Raduan Jaber ^{5,*}

- ¹ Veterinary Hospital, Faculty of Veterinary Medicine, University of Las Palmas de Gran Canaria, Trasmontaña, Arucas, 35413 Las Palmas, Spain; marcos.fumero101@alu.ulpgc.es
 - ² Myofauna Servicios Veterinarios, Camino Lomo Grande, Arucas, 35411 Las Palmas, Spain; consulta@myofauna.com
 - ³ IVC Evidencia Los Tarahales, 35013 Islas Canarias, Spain; administracion@hvtarahales.es
 - ⁴ Department of Animal Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Sohag University, Sohag 82524, Egypt; dooasalman2020@gmail.com
 - ⁵ Department of Morphology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Las Palmas de Gran Canaria, Trasmontaña, Arucas, 35413 Las Palmas, Spain
- * Correspondence: mencinosa@gmail.com (M.E.); joseraduan.jaber@ulpgc.es (J.R.J.)

Simple Summary: In this study, we described the anatomy of the central nervous system (CNS) and associated structures of the puffin using anatomical cross-sections and advanced imaging techniques such as magnetic resonance imaging (MRI). To the best of the authors' knowledge, this is the first description of the head in the Atlantic puffin. The results obtained in this study could contribute to future anatomical and pathological studies on related species.



Citation: Fumero-Hernández, M.; Encinosa, M.; Melian, A.; Nuez, H.A.; Salman, D.; Jaber, J.R. Cross Sectional Anatomy and Magnetic Resonance Imaging of the Juvenile Atlantic Puffin Head (Aves, Alcidae, *Fratercula arctica*). *Animals* **2023**, *13*, 3434. <https://doi.org/10.3390/ani13223434>

Academic Editors: Matilde Lombardero Fernández and María del Mar Yllera Fernández

Received: 25 September 2023
 Revised: 25 October 2023
 Accepted: 26 October 2023
 Published: 7 November 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The Atlantic puffin is a medium-sized seabird with black and white plumage and orange feet. It is distributed mainly along the northern Atlantic Ocean, and due, among other reasons, to human activities, it is in a threatened situation and classified as a vulnerable species according to the International Union of Conservation of Nature (IUCN). In this study, we used a total of 20 carcasses of juvenile Atlantic puffins to perform MRI, as well as anatomical cross-sections. Thus, an adequate description of the head was made, providing valuable information that could be helpful as a diagnostic tool for veterinary clinicians, who increasingly treat these birds in zoos, rehabilitation centers, and even in the wild.

Keywords: anatomical cross-section; magnetic resonance imaging; head; seabirds; Atlantic puffin

1. Introduction

Fratercula arctica, commonly called Atlantic puffin or simply puffin, is a species of seabird belonging to the order *Charadriiformes* and family *Alcidae*. Its scientific name is related to the aspect of its black and white plumage (from the Latin *fratercula*; friar) and its distribution fundamentally throughout the North Atlantic Ocean [1,2]. These seabirds are medium-sized birds that spend most of their lives in pelagic and offshore habitats, as they only come ashore during the reproductive period to nest on cliffs and rocky areas [1,3–5]. Males have larger body dimensions than females and are heavier, but their colors are similar (more vivid in the male during mating season). This seabird has a monogamous mating system, reaching sexual maturity around five years of age (range 3 to 6 years) and incubating one egg per clutch [3,6–13]. It feeds mainly on fish, including variable amounts of polychaetes and crustaceans [14,15]. It is the only species of the three that constitute the genus *Fratercula* (along with the horned puffin (*Fraterculacorniculata*) and the tufted puffin (*Fratercula cirrhata*) that is included in the IUCN list of threatened species, being classified as

vulnerable [1]. Among the threats these animals face are entrapment in fishing nets [16,17], pollution [7], predation by introduced species [18–20], or reduced food availability [21]. Another factor that has shown a tremendous negative impact on puffin populations is climate change, characterized by strong and increasingly common sea storms that can lead to massive strandings [22–25].

Puffins are essential indicators of the state of marine ecosystems and their changes over time due to their position in the trophic chains because they can act as bioaccumulator organisms [26–28]. Therefore, they play a helpful role in the transfer of phosphorus and nitrogen from oceanic waters to the continents [29]. In addition to its biological importance, this charismatic species from the North Atlantic Ocean has become an ecotouristic attraction, and many companies in North America and Europe have developed this type of activity near puffin colonies [3]. For all these reasons, private and governmental associations allocate part of their funds to puffin conservation projects [30,31].

It is considered that birds have a level of brain expansion close to that of mammals. Despite this, research into the neuroanatomy of this taxonomic group has been scarce. However, the irruption of modern imaging techniques such as magnetic resonance imaging (MRI) or computed tomography (CT) has enabled the development of this doctrine [32].

In avian medicine, one of the more used imaging diagnostic tools has been conventional radiography, which provides valuable information on musculoskeletal and respiratory processes and alterations of the coelomic cavity (gas, effusions, or masses). However, it is of little use in the head due to the structure overlapping and low resolution [33,34]. In this case, MRI and cross-sectional imaging modalities could provide adequate anatomical and pathological information, avoiding the main drawbacks of radiography [35–39]. It should be noted that, as in human medicine, MRI is the technique of choice for the nervous system study [34], which has already been used in the study of the avian nervous system [35–41]. Nonetheless, to the authors' knowledge, no research has been carried out on the nervous system of the Atlantic puffin. Therefore, this study aimed to describe the head of this bird using anatomical cross-sections and MRI, so the results obtained could serve as a basis not only for future research on the puffin but also on other birds or phylogenetically related animals.

2. Materials and Methods

2.1. Animals

We conducted this study using a cohort of 20 Atlantic puffins, exhibiting a weight ranging from 0.185 to 0.310 kg and a size range spanning 16 cm to 24 cm (measured from beak to tail). These specimens were sourced from the Consejería de Área de Medio Ambiente, Clima, Energía y Conocimiento of the Cabildo Insular de Gran Canaria. They had perished as a result of mass strandings associated with episodes of severe open sea storms. Most of the specimens were received already deceased, and those that were initially alive but succumbed due to their weakened condition were promptly preserved via freezing for subsequent MRI procedures. These specimens were made available as part of the investigative efforts aimed at elucidating the potential causative factors behind the substantial stranding events. Additionally, the responsible authority granted explicit permission for their inclusion in this study. It is essential to clarify that no animals were intentionally sacrificed or captured for the sole purpose of scientific research.

2.2. MRI Technique

The twenty puffins were imaged at Los Tarahales Veterinary Hospital (Las Palmas, Canary Islands, Spain). Imaging data were acquired using a Canon Vantage Elan 1.5 T imaging system, employing the following sequences: T1-weighted (T1W) sequences in the transverse plane (TR: 634 ms, TE: 10, FOV: 1809 × 829, slice thickness: 2 mm, matrix size: 192 × 160), T2-weighted (T2W) sequences in the transverse plane (TR: 4769 ms, TE: 120, FOV: 1809 × 829, slice thickness: 2 mm, matrix size: 192 × 224), T2W sequences in the dorsal plane (TR: 5271 ms, TE: 120, FOV: 1809 × 829, slice thickness: 2.5 mm, matrix

size: 240×192), and T2W sequences in the sagittal plane (TR: 4450 ms, TE: 120, FOV: 1809×829 , slice thickness: 2.9 mm, matrix size: 224×224). Additionally, enhanced spin-echo sequences were obtained in the dorsal, transverse, and sagittal planes. The resulting MRI images exhibited a slice thickness ranging from 2.7 to 3.5 mm.

2.3. Anatomical Sections

Following the completion of the scanning procedure, seven out of the twenty juvenile puffins were placed in a dorsal decubitus position within expanded polystyrene containers and promptly subjected to deep freezing at $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ for a duration of 72 h. Subsequently, serial sections of half a centimeter thick were made using an electric band saw to obtain sequential transverse, sagittal, and dorsal anatomical cross sections. These slices were immediately cleaned with water, numbered, and photographed on both sides.

2.4. Anatomic Evaluation

Those anatomical cross-sections that better matched the MR images were selected to facilitate the identification of relevant structures of the Atlantic puffin head. In addition, it was necessary to consult textbooks, relevant references on bird anatomy, as well as bone preparations from other seabird specimens [32,33,42–45].

3. Results

In this study, we present a total of 10 figures, which correspond to anatomical sections and T2W MR images. T2W MR images were used because they exhibited higher resolution and contrast. Figure 1 is a sagittal image that shows transverse (A) and dorsal (B) lines, displaying the cross-section levels depicted by roman numerals (II–VIII), which approximately matched the anatomical sections (Figures 2–9). These figures are displayed in two images: (A) anatomical cross-section and (B) T2W MR image. In addition, Figure 10 shows a sagittal anatomical section and the corresponding T2W image, identifying the main structures that compose the head of the Atlantic puffin, especially those related to the central nervous system.

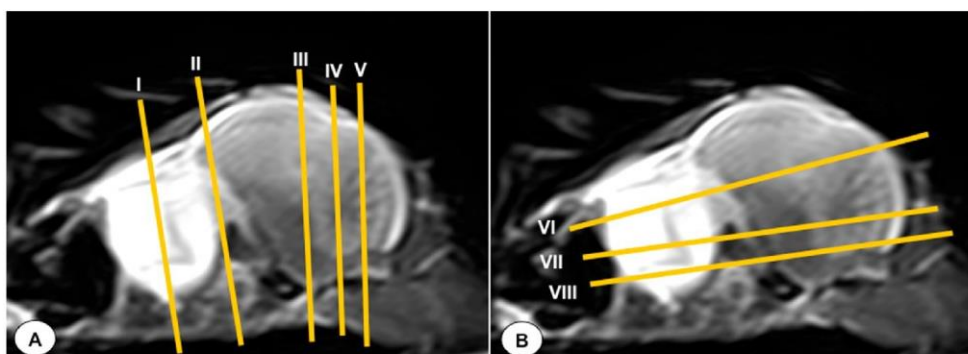


Figure 1. T2-weighted MR sagittal image of the head of an Atlantic puffin (*Fratercula arctica*). The vertical (labeled as (A)) and horizontal (labeled as (B)) lines correspond to the approximate level of the respective transverse and dorsal slices.

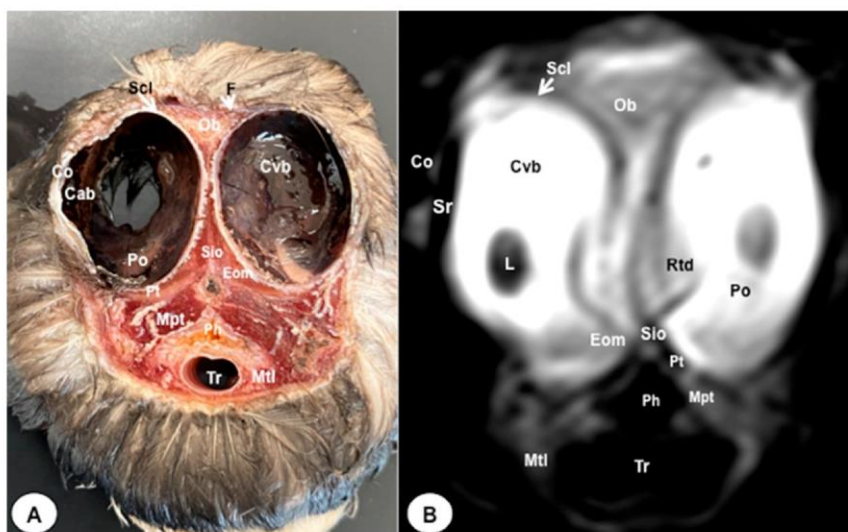


Figure 2. Transverse cross-section (A) and T2W MR (B) images of the Atlantic puffin head at the level of the *bulbus oculi* corresponding to the line I in Figure 1. Scl: sclera; Sr: sclerotic ring; Cvb: *camera vitrea bulbi*; Co: cornea; Cab: *camera anterior bulbi*; Po: *pecten oculi*; Rtd: retinal detachment; Sio: *septum interorbitalis*; Eom: extraocular muscle; Ob: olfactory bulb; F: *Os frontale*; Ph: pharynx; Tr: trachea; Pt: *Os pterygoideus*; Mpt: *Musculus pterygoideus pars ventralis*; Mtl: *Musculus tracheolateralis*.

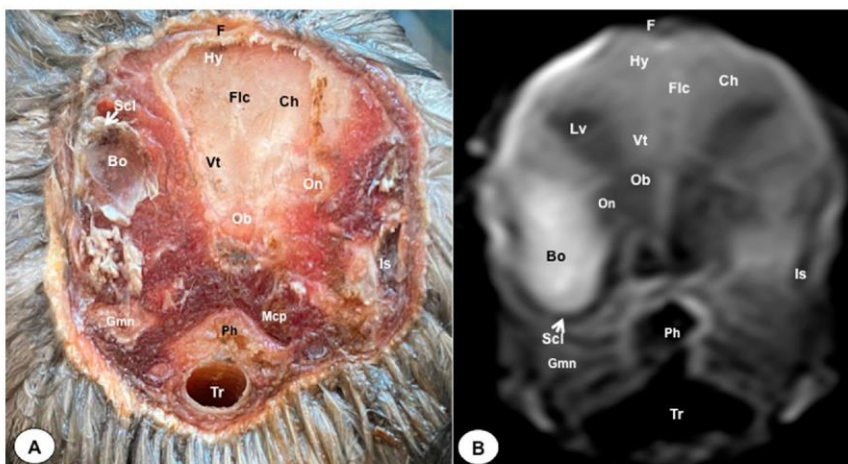


Figure 3. Transverse cross-section (A) and T2W MR (B) images of the Atlantic puffin head at the level of the olfactory bulb corresponding to line II in Figure 1. F: *Os frontale*; Hy: *hyperpallium*; Ch: cerebral hemisphere; Lv: lateral ventricles; Vt: *Vallecula telencephali*; Flc: *fissura longitudinalis cerebri*; Ob: olfactory bulb; On: optic nerve; Scl: sclera; Bo: *bulbus oculi*; Is: *Sinus infraorbitalis*; Gmn: *Glandula membranae nictitantis*; Ph: pharynx; Mcp: *Musculus constrictor pharyngis*; Tr: trachea.

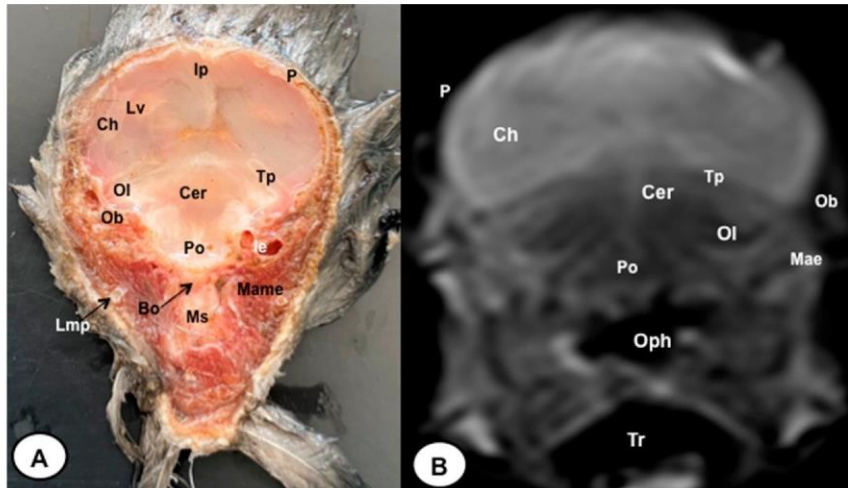


Figure 4. Transverse cross-section (A) and T2W MR (B) images of the Atlantic puffin head at the level of the optic lobe corresponding to line III in Figure 1. P: *Os parietale*; Ip: interparietal bone; Lv: lateral ventricle; Tp: tentorial process; Bo: *Os basioccipitale*; Ob: otic bones; Ch: cerebral hemisphere; Ol: optic lobe; Cer: cerebellum (body); Po: pons; Ms: *medulla spinalis*; Mae: *Meatus acusticus externus*; le: inner ear; Lmp: Lateral mandibular process; Mame: *Musculus adductor mandibulae externus*; Oph: oropharynx; Tr: trachea.

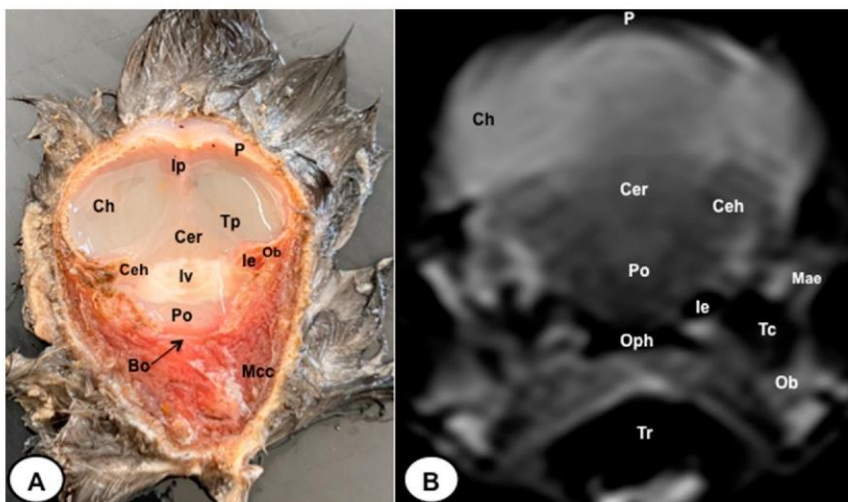


Figure 5. Transverse cross-section (A) and T2W MR (B) images of the Atlantic puffin head at the level of the pons corresponding to line IV in Figure 1. P: *Os parietale*; Ip: interparietal bone; Tp: tentorial process; Bo: *Os basioccipitale*; Ob: otic bones; Ch: cerebral hemisphere; Ceh: cerebellar hemisphere; Cer: cerebellum (body); Iv: fourth ventricle; Po: pons; Mae: *Meatus acusticus externus*; le: inner ear; Mcc: *Musculus cucularis capitis*; Oph: oropharynx; Tr: trachea.

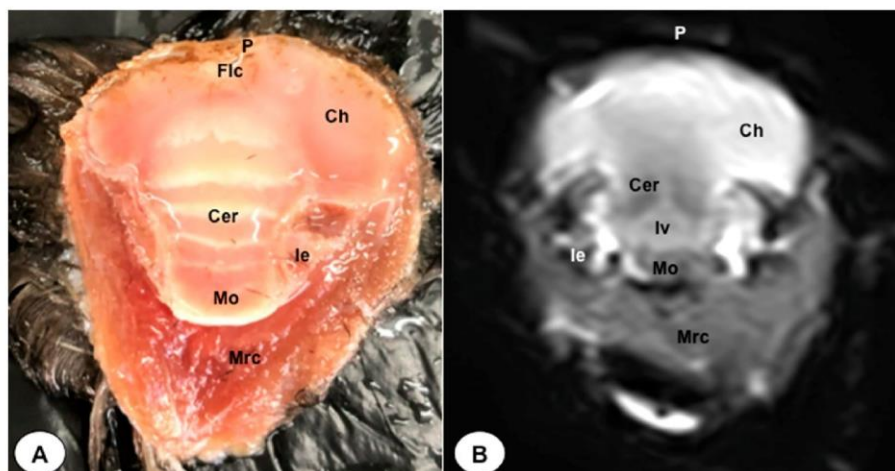


Figure 6. Dorsal cross-section (A) and T2W MR (B) images of the Atlantic puffin head at the level of the *medulla oblongata* corresponding to line V in Figure 1. P: *Os parietale*; Flc: *fissura longitudinalis cerebri*; Ch: cerebral hemisphere; Cer: *cerebellum*(body); Mo: *Medulla oblongata*; le: inner ear; Mrc: *Musculus rectus capitus* (*Musculus rectus dorsalis* + *Musculus rectus ventralis* + *Musculus rectus lateralis*).

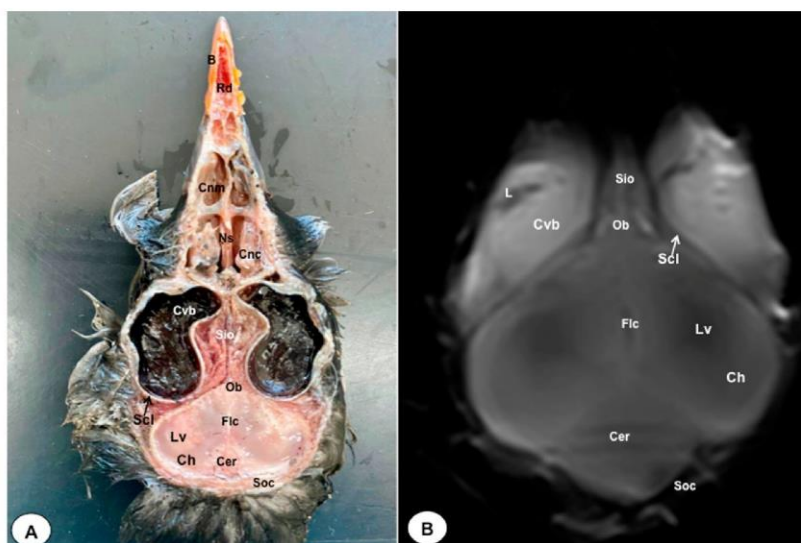


Figure 7. Dorsal cross-section (A) and T2W MR (B) images of the Atlantic puffin head at the level of the nasal cavity corresponding to line VI in Figure 1. B: beak; Rd: rostral diverticulum; Cnm: *Concha nasalis media*; Cnc: *concha nasalis caudalis*; Ns: nasal septum; Cvb: *camera vitrea bulbi*; Sio: *septum interorbitalis*; Ob: olfactory bulb; Flc: *fissura longitudinalis cerebri*; Ch: cerebral hemisphere; Lv: lateral ventricle; Cer: *cerebellum*; Scl: sclera; Soc: *Os supraoccipitale*.

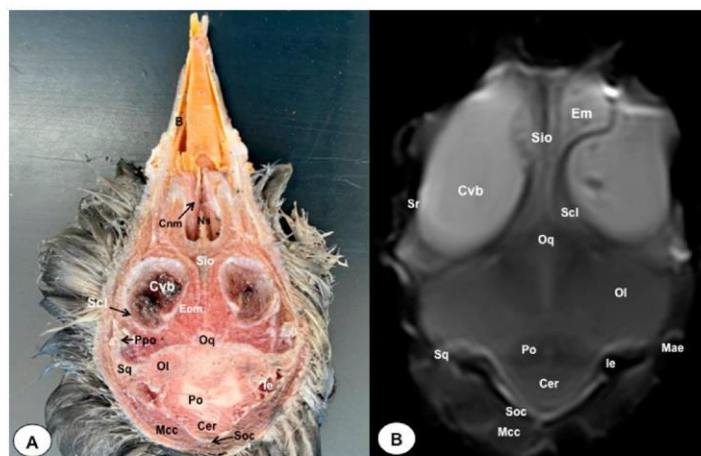


Figure 8. Dorsal cross-section (A) and T2W MR (B) images of the Atlantic puffin head at the level of optic lobes corresponding to line VII in Figure 1. Sr: sclerotic ring; Scl: sclera; Cvb: camera vitrea bulbi; Eom: extraocular muscles; Sio: septum interorbitalis; Po: pons; Ol: optic lobe; Oq: chiasma opticum; Ce: cerebellum; Ie: inner ear; Mae: Meatus acusticus externus; Sq: Os squamosum; Ppo: Processus postorbitalis; Soc: Os supraoccipitale; Mcc: Musculus constrictor colli; Em: Musculus ethmomandibularis; Ns: Nasal septum; Cnm: Concha nasalis media; B: Beak.

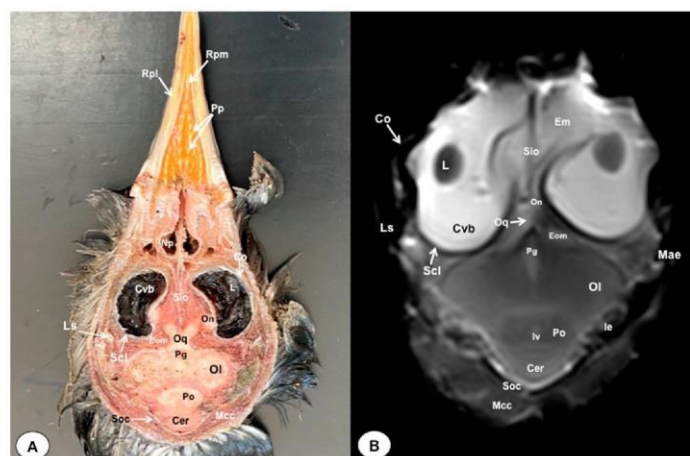


Figure 9. Dorsal cross-section (A) and T2W MR (B) images of the Atlantic puffin head at the level of the optic chiasm corresponding to line VIII in Figure 1. Cvb: camera vitrea bulbi; Sio: septum interorbitalis; On: optic nerve; Oq: chiasma opticum; Co: cornea; L: lens; Scl: sclera; Eom: extraocular muscle; Ls: Os laterosphenoidale; Soc: Os supraoccipitale; Po: pons; Cer: cerebellum; Ol: optic lobe; Pg: pituitary gland; Iv: fourth ventricle; Ie: Inner ear; Mae: Meatus acusticus externus; Mcc: Musculus constrictor colli; Np: nasopharynx; Em: Musculus ethmomandibularis; Cho: Choanas; Pp: Papillae palatinae; Rpl: Ruga palatina lateralis; Rpm: Ruga palatina mediana.

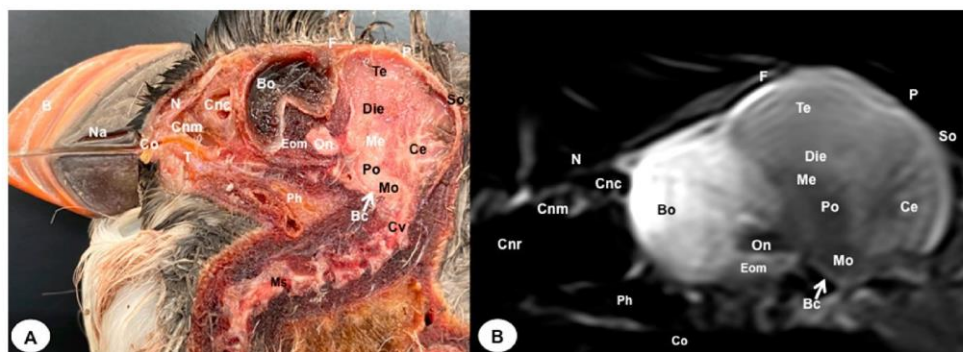


Figure 10. Sagittal cross-section (A) and T2W MR (B) images of the Atlantic puffin head at the level of the optic nerve. B: beak; Na: naris; Co: cavum oris; N: Os nasale; T: tongue; Cnm: Concha nasalis media; Cnc: concha nasalis caudalis; Bo: bulbus oculi; On: optic nerve; Ph: pharynx; F: Os frontale; Te: telencephalon; Die: diencephalon; Ce: cerebellum; Me: mesencephalon; Eom: extraocular muscles; Po: pons; Mo: medulla oblongata; Ms: medulla spinalis; Bc: basis cranii; P: Os parietale; So: Os supraoccipitale; Cv: Cervical vertebra.

3.1. Anatomical Sections

The anatomical sections presented in this investigation proved to be valuable for the discernment of various structures constituting the central nervous system and its related components, all of which were annotated in accordance with the *Nomina Anatomica Avium*. Therefore, we observed the avian brain with the telencephalic hemispheres containing the lateral ventricles (see Figures 4A and 7A). Both hemispheres were separated by the *Fissura longitudinalis cerebri* (Figures 6A and 7A). In addition, transverse cross sections were quite helpful in distinguishing a slightly caudolateral disposed rostral groove, the *Vallecula telencephali*, which was presented on the dorsal surface of each hemisphere, as well as a little pointed olfactory bulb situated at the rostral end of each hemisphere (see Figures 2A, 3A and 7A). The *Diencephalon* was identified as a rostral continuation to the *Mesencephalon* and represents the rostral limit of the brain stem (Figure 10A). The dorsal and sagittal anatomical sections allowed the visualization of some components of the *Hypothalamus*, such as the optic chiasm and the optic nerve penetrating the sclera (see Figures 8A–10A). Further, these sections allowed us to identify other components of the Atlantic puffin brain, such as the dorsal part of the *Mesencephalon*, the large unpaired median *Corpus cerebelli*, the internal medullary body with an internal white substance, and the little paired cerebellar hemispheres (Figures 4A–10A). Moreover, these sections allowed the identification of the ventral part of the *Rhombencephalon*, including the *pons* and the *Medulla oblongata*, which did not present an obvious demarcation (see Figures 4A–10A).

In addition, dorsal, transverse, and sagittal anatomical sections yielded fundamental insights regarding the avian eyeball, which exhibits a relatively substantial size in proportion to the cranial volume and a lateral positioning characteristic of avian anatomy, assuming a globose morphology with slight medial flattening, as depicted in Figure 2A. Furthermore, the delineation of various ocular components, including the cornea, sclera, retina, vitreous chamber, *Pecten oculi*, and lens, was achieved with precision (see Figures 2A, 3A and 7A–10A). Concurrently, our examination unveiled associated structures about the eyeball, encompassing the interorbital septum, extraocular muscles, and the infraorbital sinus that provides structural support to the eyeball, as illustrated in Figures 2A, 3A and 7A–10A. Moreover, these sections provided essential information about the skull shape and different bony structures comprising the skull, including the nasal, the frontal, the parietal, the pterygoid, and the otic and occipital bones (see Figures 2A–10A).

Regarding the nasal cavity, it was found to be bilaterally situated on either side of the median nasal septum. The nares were dorsally positioned at the base of the avian beak, as depicted in Figure 10A. Within the nasal cavity, three nasal concha were discerned in a rostrocaudal sequence: the rostral nasal concha, middle nasal concha, and caudal nasal concha, with particular emphasis on the enhanced development of the middle concha relative to the others (see Figures 7A, 8A and 10A). Moreover, the dorsal, sagittal, and transverse sections were essential to distinguish the roof of the oral cavity and the pharynx (see Figures 2A, 3A, 9A and 10A). Thus, we could observe how the roof was covered by a non-glandular keratinized mucosa forming the transverse ridges (*Rugae palatinae*), which were covered by numerous *Papillae* (see Figure 9A).

3.2. Magnetic Resonance Imaging (MRI)

No discernible anatomical distinctions were evident in the examined juvenile puffins. T2-weighted magnetic resonance (T2W MR) images demonstrated a precise alignment with the cranial structures observed in the cadaveric cross sections, furnishing comprehensive insights into the central nervous system (CNS) and its associated structures. Consequently, various constituents of the puffin head's CNS, the *Bulbus oculi*, and their related elements were adequately differentiated. Thus, in the transverse and dorsal planes, the two telencephalic hemispheres were homogeneous, displaying regions of moderate and hypointense signals corresponding to the cerebral hemispheres and lateral ventricles, respectively (see Figures 3B–7B and 10B). Notably, these two planes facilitated the identification of the olfactory bulb, which was a small rostrally tapering structure with moderate and homogeneous signal intensity (see Figures 2B, 3B and 7B). The *Hyperpallium*, distinguished by its curved dorsal contour and moderate signal intensity, was another distinct structure identified (see Figure 3B). Conversely, the *Diencephalon*, another forebrain component, displayed limited differentiation from the adjacent *Mesencephalon*, manifesting moderate to low-intensity signals (see Figure 10B). Additionally, prominent features of the *Mesencephalon*, such as the optic lobe, were exclusively discerned in the dorsal T2W MR images, showcasing analogous signal characteristics (see Figures 4B, 8B and 9B). Other essential components of the CNS, including the *Pons* and the *Medulla oblongata*, were identifiable in the transverse, dorsal, and sagittal planes, characterized by low-intensity signals (see Figures 4B–6B and 8B–10B). Adjacent to the brain stem, the *Corpus cerebelli* and the small paired cerebellar hemispheres exhibited poorly defined regions of hypo- and moderate intense signal (see Figures 4B–10B).

Regarding the *Bulbus oculi*, the vitreous chamber consistently exhibited hyperintense signals across all planes employed (see Figures 2B, 3B and 7B–10B). However, the cornea, sclera, lens, scleral skeleton, and *Pecten oculi* displayed a hypointense signal in the T2W MR images (see Figures 2B, 3B and 7B–10B). The optic nerve showed an accurate visualization using MRI, presenting a hypointense signal, and was surrounded by hyperintense cerebrospinal fluid (see Figures 9B and 10B). Furthermore, the oral cavity, the pharynx, and the trachea were visualized with low-intensity signals in the T2W images (see Figures 2B–5B). Moreover, diverse muscles of the head, including the *Musculus Pterygoideus pars Ventralis*, *Musculus Tracheolateralis*, *Musculus Rectus Capitus* (*Musculus Rectus Dorsalis* + *Musculus Rectus Ventralis* + *Musculus Rectus Lateralis*) and *Musculus Constrictor colli* were displayed with intermediate intensity signal in the T2W MR images (see Figures 2B, 6B, 8B and 9B). In addition, various skull bones, including the nasal, the frontal, the parietal, the pterygoid, and the otic and occipital bones, could be identified in the T2W MR images (see Figures 2B–10B).

4. Discussion

Atlantic puffins can reach latitudes close to the Canary Islands, but their presence on its coasts is uncommon [1]. In this investigation, the specimens employed were sourced from a substantial influx that happened along the coastlines of the Canary Islands in early 2023. The probable cause of this stranding event was attributed to the intense open-sea storms, which resulted in the disorientation and debilitation of the puffins, thereby hampering

their foraging abilities. It is noteworthy that severe storms have previously inflicted a considerable adverse impact on puffin populations, culminating in widespread stranding incidents [22–25].

As a consequence, the avian specimens gathered for our research predominantly comprised juvenile individuals. It posed a constraining element encountered during the course of this study, as the diminutive dimensions of the head (measuring less than 5 cm from the beak to the occipital bone) rendered the acquisition of central nervous system images, with a brain length of less than 1.5 cm, particularly challenging. This challenge was further exacerbated when imaging the rostral aspect of the head that directly pertains to the beak. Furthermore, concerning image resolution, which is evidently more limited than in other species, such as dogs or cats, the physical-volumetric factor of the brains of these animals restricted the achievable resolution even when using a 1.5 T high-field magnet. Other studies performed on the avian brain used 3 T and 4.7 T magnets showed better resolution since they were performed in larger birds, including the red kite, the common buzzard, or the African grey parrot [33,39]. Thus, a higher field magnet and bigger specimens provided better resolution.

Some authors have reported that utilization of various coil types can enhance the signal-to-noise ratio and contrast, both in 1.5 T [46] and higher field intensity equipment [47]. This observation should be considered in future similar studies to improve image resolution. In addition, potential tissue changes associated with post-mortem phenomena should be taken into consideration, as they could also negatively impact the obtained image. However, conducting this type of in vivo study typically involves the use of anesthesia, thereby posing a higher risk to the animals undergoing this procedure [48,49]. The use of anatomical cross sections in different planes allowed the depiction of the normal anatomy of the Atlantic puffin brain and its associated structures with excellent detail, complementing the employ of MRI and enabling the acquisition of valuable anatomical information despite the aforementioned limitations.

In our study, we used magnetic resonance imaging to examine the head of the Atlantic puffin. Analogous anatomical investigations employing advanced diagnostic imaging methodologies have been conducted in this species, yielding encouraging outcomes [50]. To the best of the author's knowledge, this is the first description of the head of this species using a high-field strength magnet. This technique has already provided essential information in the assessment of the anatomical knowledge of the head and associated structures in other wildlife species, such as reptiles [51,52], rodents [53,54], terrestrial mammals [55,56], as well as different avian species, including red kite (*Milvus milvus*), common buzzard (*Buteo buteo*), and common kestrel (*Falco tinnunculus*) [33], domestic pigeon (*Columba livia domestica*) [41] or African grey parrot (*Psittacus erithacus*) [39], among others. In contrast to conventional imaging procedures, MRI can be used to obtain images via various anatomic planes without repositioning specimens [51,57–59]. This technique constitutes a high-value tool to evaluate the central nervous system (CNS) and its associated structures because it provides adequate differentiation between the cranial bones and soft tissue structures compared to other modern imaging techniques. Thus, we use sagittal, transverse, and dorsal MRI planes. These dorsal images were especially helpful in identifying different components of the CNS and soft tissue structures. Nonetheless, it is important to highlight that images could not be accurately interpreted without a thorough knowledge of the tomographic or planimetric anatomy of the subject species.

As previously mentioned in other species, a high field strength magnet was adequate to visualize the avian brain [33]. Hence, we could visualize the *Telencephalon* and the telencephalic hemispheres that were lissencephalic, the olfactory bulb, as well as a dorsal eminence corresponding to the *Hyperpallium*, whose curved dorsal contour was better visualized in the T2W MR images. The identification of this specific structure in this species and the dimensions of the sclerotic ring [60] suggested its strong visual specialization that could be related to the bird's feeding patterns. In contrast to the anatomical cross sections, the dorsal and transverse T2W MR images were quite helpful in distinguishing the lateral

ventricles, which were located in the medial and occipital regions of the cerebral hemispheres until projected laterally towards the olfactory bulb. However, studies performed on birds with higher-resolution equipment did not clearly label the extension of the lateral ventricles [33]. Therefore, we assumed this finding could be attributed to post-mortem changes affecting the ventricular system.

In relation to the *Mesencephalon*, the optic lobes were discernible in both transverse and dorsal cross-sectional views, as well as in corresponding T2-weighted magnetic resonance (MR) images. These structures were situated in lateral proximity to the *Telencephalon*, and their differentiation from the telencephalic hemispheres was evident due to the presence of the tentorial process, which resulted in a distinct demarcation between these regions. Notably, these lobes exhibited substantial volume, primarily attributed to their processing of a significant portion of visual information [45,61].

Similar to terrestrial mammals, the cerebellum of the Atlantic puffin lies above the midsection of the *Mesencephalon*, the pons, and the *Medulla oblongata*, with no discernible clear demarcations between these regions. Examination using transverse cross-sections and T2-weighted MR images revealed the presence of two small cerebellar hemispheres and a larger unpaired central structure. These cerebellar structures were separated by transverse fissures, facilitating a clear distinction between them. Furthermore, these fissures exhibited marked differentiation between the gray and white matter within the cerebellum.

The T2W MR images combined with anatomical cross-sections allowed adequate differentiation of soft tissue structures. Therefore, different ocular components, including the lens, the vitreous and the anterior chambers, the optic nerve, and the sclera, were distinguished. Thus, they appeared with high signal intensity in T2-weighted MR images. However, other formations, such as the *Pecten oculi*, showed low signal intensity and resolution because we used cadaveric specimens, and the intravenous contrast use was not feasible. In vivo studies involving such substances [59] have demonstrated their utility in visualizing these structures in greater detail since their connective tissue scaffold encloses a compacted capillary network.

Despite the low resolution of the bony structures, the skull showed a dome shape, with large orbits separated by a thin interorbital septum and modification of the facial bones to form the beak. The skull bones visualized did not show important pneumatization as happens in other aquatic species. This lower pneumatization of the skull of the puffin [42] could be related to their living and eating habits since, as we have mentioned, they are excellent divers, and therefore, the pneumatization of the skull could be a problem when diving in oceanic waters. In addition to these findings, the ethmoidal labyrinth was not described, probably due to the poor development of the sense of smell, also related to the small rostrally tapering of the olfactory bulb.

5. Conclusions

This study presents an initial characterization of the cranial anatomy of the Atlantic puffin utilizing transverse, sagittal, and dorsal magnetic resonance imaging in conjunction with anatomical cross-sections. Magnetic resonance imaging has demonstrated its suitability as a tool, providing comprehensive anatomical insights into the various components comprising the puffin's cranial region. Despite the high economic cost associated with this equipment, its availability in routine clinical settings remains challenging. Nevertheless, MRI offers valuable information that may serve as a reference in research investigations and clinical evaluations of neurological disorders in seabirds. Subsequent investigations involving adult puffins are essential to facilitate a comparative analysis of cephalic anatomical structures and to explore potential age-related variations in these structures.

Author Contributions: Conceptualization, J.R.J., M.F.-H. and M.E.; methodology, M.E., H.A.N., A.M. and M.F.-H.; investigation, J.R.J., M.F.-H., D.S. and M.E.; resources, A.M. and H.A.N.; writing—original draft preparation, J.R.J. and M.F.-H.; writing—review and editing, J.R.J., M.F.-H., A.M., D.S. and M.E. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: In this study, we did not need ethical approval since the puffins were coming to our hospital to rule out using CT any cause of stranding. From these studies, we obtained the information presented in our paper. As happens in domestic mammals, just informed consent from the owner allowed us to carry out this study. Therefore, El Cabildo Insular de Gran Canaria was informed that all animal identity information obtained from this study was treated as confidential to the extent permitted by law and only used for research or teaching purposes.

Informed Consent Statement: Written informed consent has been obtained from El Cabildo Insular de Gran Canaria to publish this paper.

Data Availability Statement: The information is available at "<https://accedacris.ulpgc.es/>", accessed on 25 June 2023.

Acknowledgments: In loving memory of Alvaro Domingo Rodriguez Garcia. We also thank Concepción Mingot, Carmen Mingot, Emilia Mingot, Nicolas Aquino, Ayesh Mohamad, Nicolasa Rodriguez, Marisa Mohamad, and Jamal Jaber for their support and constructive comments. Moreover, we also thank the Consejería de Área de Medio Ambiente, Clima, Energía y Conocimiento of the Cabildo Insular de Gran Canaria for providing the animals of this study.

Conflicts of Interest: The authors have read the journal's guideline, and despite author A.M. is employed in Myofauna Servicios Veterinarios, this company does not finance the project or provided the animals. Therefore, we declare no conflict of interest.

References

1. IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. Available online: <https://www.iucnredlist.org> (accessed on 22 April 2023).
2. Jobling, J.A. *A Dictionary of Scientific Bird Names*, 1st ed.; Oxford University Press: Oxford, UK, 1991; p. 164.
3. Lowther, P.E.; Diamond, A.W.; Kress, S.W.; Robertson, G.J.; Russell, K. *The Birds of North America*; The Birds of North America, Inc.: Philadelphia, PA, USA, 2002; pp. 1–23.
4. Harris, M.; Daunt, F.; Newell, M.; Phillips, R.; Wanless, S. Wintering areas of adult Atlantic Puffins *Fratercula arctica* from a North Sea colony as revealed by geolocation technology. *Mar. Biol.* **2010**, *157*, 827–836. [[CrossRef](#)]
5. Nettleship, D.N.; Kirwan, G.M.; Christie, D.A.; de Juana, E. *Handbook of the Birds of the World Alive*; Lynx Edicions: Barcelona, Spain, 2014.
6. Burnham, K.K.; Burnham, J.L.; Johnson, J.A. Morphological measurements on Atlantic puffin *Fratercula arctica naumanni* in high Arctic Greenland. *Polar Res.* **2020**, *39*. [[CrossRef](#)]
7. Harris, M.P.; Wanless, S. *The Puffin*; Poyser Monographs; Bloomsbury Publishing: London, UK, 2011.
8. Painter, J. *Fratercula arctica*. Available online: https://animaldiversity.org/accounts/Fratercula_arctica/ (accessed on 25 April 2023).
9. Breton, A.; Diamond, A.; Kress, S. Encounter, survival and movement probabilities from an Atlantic puffin (*Fratercula arctica*) metapopulation. *Ecol. Monogr.* **2006**, *76*, 133–149. [[CrossRef](#)]
10. Durant, J.; Tycho, A.; Nills, C. Ocean climate prior to breeding affects the duration of the nesting period in the Atlantic puffin. *Biol. Lett.* **2006**, *2*, 122–128. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Rodway, M. Relationship between wing length and body mass in Atlantic puffin chicks. *J. Field Ornithol.* **1997**, *14*, 338–347.
12. Cramp, S. *The Birds of the Western Palearctic, full edition*; Oxford University Press: Oxford, UK, 1985.
13. Boag, D.; Alexander, M. *The Puffin*; Blandford Press: London, UK, 1995.
14. Harris, M.P.; Hislop, J.R.G. The food of young Puffins *Fratercula arctica*. *J. Zool.* **1978**, *185*, 213–236. [[CrossRef](#)]
15. Falk, K.; Jensen, J.K.; Kampp, K. Winter diet of Atlantic puffins (*Fratercula arctica*) in the northeast Atlantic. *Col. Waterbirds* **1992**, *15*, 230–235. [[CrossRef](#)]
16. Tasker, M.L.; Camphuysen, C.J.; Cooper, J.; Garthe, S.; Montevecchi, W.A.; Blaber, S.J.M. The impacts of fishing on marine birds. *J. Mar. Sci.* **2000**, *57*, 531–547. [[CrossRef](#)]
17. Rogan, E.; Mackey, M. Megafauna by catch in drift nets for albacore tuna (*Thunnus alalunga*) in the NE Atlantic. *Fish. Res.* **2007**, *86*, 6–14. [[CrossRef](#)]
18. Barrett, R.T. Atlantic Puffin *Fratercula arctica* chick growth in relation to food load composition. *Seabird* **2015**, *28*, 17–29. [[CrossRef](#)]
19. Stempniewicz, L.; Jensen, J.K. Puffin harvesting and survival at Nólsoy, The Faeroes. *Ornis Svec.* **2007**, *17*, 95–99. [[CrossRef](#)]
20. Mitchell, P.I.; Newton, S.F.; Ratcliffe, N.; Dunn, T.E. *Seabird Populations of Britain and Ireland*, 1st ed.; Christopher Helm: London, UK, 2004.
21. Breton, A.R.; Diamond, A.W. Annual survival of adult Atlantic Puffins *Fratercula arctica* is positively correlated with Herring *Clupea harengus* availability. *Ibis* **2014**, *156*, 35–47. [[CrossRef](#)]

22. Durant, J.; Anker-Nilssen, T.; Stenseth, N.C. Trophic interactions under climate fluctuations: The Atlantic puffin as an example. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* **2003**, *270*, 1461–1466. [CrossRef] [PubMed]
23. Sandvik, H.; Erikstad, K.E.; Barrett, R.T.; Yoccoz, N.G. The effect of climate on adult survival in five species of North Atlantic seabirds. *J. Anim. Ecol.* **2005**, *74*, 817–831. [CrossRef]
24. Melillo, J.M.; Richmond, T.T.C.; Yohe, G.W. Extreme Weather. In *Highlights of Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*; U.S. Global Change Research Program: Washington, DC, USA, 2014.
25. Harris, M.; Elkins, N. An unprecedented wreck of Puffins in eastern Scotland in March and April 2013. *Scott. Birds* **2013**, *33*, 157–159.
26. Kovacs, C.; Meyers, R. Anatomy and histochemistry of flight muscles of wing-propelled diving bird, the Atlantic puffin, *Fraterecula arctica*. *J. Morphol.* **2000**, *244*, 109–125. [CrossRef]
27. Schreiber, E.; Burger, J. *Biology of Marine Birds*, 1st ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2001.
28. Moen, S. Morphologic and genetic variation among breeding colonies of the Atlantic puffin. *Auk* **1991**, *108*, 755–763.
29. Otero, X.L.; De La Peña-Lastra, S.; Pérez-Alberti, A.; Osorio Ferreira, T.; Huerta-Díaz, M.A. Seabird colonies as important global drivers in the nitrogen and phosphorus cycles. *Nat. Commun.* **2018**, *9*, 246. [CrossRef]
30. UK Government. Available online: <https://www.gov.uk/government/news/englands-treasured-island-seabird-populations-to-be-protected-with-new-government-funding> (accessed on 20 April 2023).
31. The National Audubon Society. Project Puffin. Available online: <https://projectpuffin.audubon.org/about> (accessed on 20 April 2023).
32. Smith, N.A.; Balanoff, A.M.; Ksepka, D.T. Symposium on ‘Evolving approaches for studying the anatomy of the avian brain’: Introduction. *J. Anat.* **2016**, *229*, 171–172. [CrossRef]
33. Stańczyk, E.K.; Velasco Gallego, M.L.; Nowak, M.; Hatt, J.M.; Kircher, P.R.; Carrera, I. 3.0 Tesla magnetic resonance imaging anatomy of the central nervous system, eye, and inner ear in birds of prey. *Vet. Radiol. Ultrasound* **2018**, *59*, 705–714. [CrossRef]
34. Grosso, F.V. Orthopedic diagnostic imaging in exotic pets. *Vet. Clin. N. Am. Exot. Anim. Pract.* **2019**, *22*, 149–173. [CrossRef]
35. Stauber, E.; Holmes, S.; DeGhetto, D.L.; Finch, N. Magnetic resonance imaging is superior to radiography in evaluating spinal cord trauma in three bald eagles (*Haliaeetus leucocephalus*). *J. Avian Med. Surg.* **2007**, *21*, 196–200. [CrossRef]
36. Wernick, M.B.; Dennler, M.; Beckmann, K.; Schybl, M.; Albini, S.; Hoop, R.K.; Steffen, F.; Kircher, P.; Hatt, J.M. Peripheral nerve sheath tumor in a subadult golden eagle (*Aquila chrysaetos*). *J. Avian Med. Surg.* **2014**, *28*, 57–63. [CrossRef]
37. Delk, K.W.; Mejia-Fava, J.; Jiménez, D.A.; Kent, M.; Myrna, K.; Mayer, J.; Divers, S. Diagnostic imaging of peripheral vestibular disease in a Chinese goose (*Ansercygnoides*). *J. Avian Med. Surg.* **2014**, *28*, 31–37. [CrossRef]
38. de Francisco, O.N.; Feeney, D.; Armien, A.G.; Wuenschmann, A.; Redig, P.T. Correlation of brain magnetic resonance imaging of spontaneously lead poisoned bald eagles (*Haliaeetus leucocephalus*) with histological lesions: A pilot study. *Res. Vet. Sci.* **2016**, *105*, 236–242. [CrossRef] [PubMed]
39. Fleming, G.J.; Lester, N.V.; Stevenson, R.; Silver, X.S. High field strength (4.7T) magnetic resonance imaging of hydrocephalus in an African Grey parrot (*Psittacus erithacus*). *Vet. Radiol. Ultrasound* **2003**, *44*, 542–545. [CrossRef]
40. Jirak, D.; Janacek, J.; Kear, B.P. A combined MR and CT study for precise quantitative analysis of the avian brain. *Sci. Rep.* **2015**, *5*, 1–7. [CrossRef]
41. Romagnano, A.; Shiroma, J.T.; Heard, D.J.; Johnson, R.D.; Schiering, M.R.; Mladinich, M.S. Magnetic resonance imaging of the brain and coelomic cavity of the domestic pigeon (*Columba livia domestica*). *Vet. Radiol. Ultrasound* **1996**, *37*, 431–440. [CrossRef]
42. Faillace, A.C.L.; Vieira, K.R.A.; Santana, M.I.S. Computed tomographic and gross anatomy of the head of the blue-fronted Amazon parrot (*Amazona aestiva*). *Anat. Histol. Embryol.* **2021**, *50*, 192–205. [CrossRef]
43. Baumel, J.J.; Anthony, S.; King, J.E.; James, E. *Handbook of Avian Anatomy: Nomina Anatomica Avium*, 2nd ed.; Nuttall Ornithological Club: Cambridge, MA, USA, 1993; pp. 318–467.
44. Hadden, P.W.; Ober, W.C.; Gerneke, D.A.; Thomas, D.; Scadeng, M.; McGhee, C.N.J.; Zhang, J. Micro-CT guided illustration of the head anatomy of penguins (Aves: Sphenisciformes: Spheniscidae). *J. Morphol.* **2022**, *283*, 827–851. [CrossRef] [PubMed]
45. Koenig, H.E.; Korb, R.; Liebich, H.G.; Klupiec, C. *Avian Anatomy: Textbook and Colour Atlas*, 2nd ed.; 5m Books Ltd: Sheffield, UK, 2016.
46. Yoshioka, H.; Ueno, T.; Tanaka, T.; Shindo, M.; Itai, Y. High-resolution MR imaging of triangular fibrocartilage complex (TFCC): Comparison of microscopy coils and a conventional small surface coil. *Skelet. Radiol.* **2003**, *32*, 575–581. [CrossRef] [PubMed]
47. Bittersohl, B.; Huang, T.; Schneider, E.; Blazar, P.; Winalski, C.; Lang, P.; Yoshioka, H. High-resolution MRI of the triangular fibrocartilage complex (TFCC) at 3T: Comparison of surface coil and volume coil. *J. Magn. Reson. Imaging* **2007**, *26*, 701–707. [CrossRef] [PubMed]
48. Ronaldson, H.L.; Monticelli, P.; Cuff, A.R.; Michel, K.B.; d’Ovidio, D.; Adami, C. Anesthesia and anesthetic-related complications of 8 elegant-crested tinamous (*Eudromia elegans*) undergoing experimental surgery. *J. Avian Med. Surg.* **2020**, *34*, 17–25. [CrossRef]
49. González, M.S.; Adami, C. Psittacine Sedation and Anesthesia. *Vet. Clin. N. Am.* **2022**, *25*, 113–134.
50. Jaber, J.R.; Fumero-Hernandez, M.; Corbera, J.A.; Morales, I.; Amador, M.; Ramirez, G.; Encinoso, M. Cross-Sectional Anatomy and Computed Tomography of the Coelomic Cavity in Juvenile Atlantic Puffins (Aves, Alcidae, *Fraterecula arctica*). *Animals* **2023**, *13*, 2933. [CrossRef] [PubMed]

51. González-Rodríguez, E.; Encinosa Quintana, M.; Morales Bordon, D.; Garcés, J.G.; ArtilesNuez, H.; Jaber, J.R. Anatomical Description of Rhinoceros Iguana (*Cyclura cornuta cornuta*) Head by Computed Tomography, Magnetic Resonance Imaging and Gross-Sections. *Animals* **2023**, *13*, 955. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
52. Arencibia, A.; Hidalgo, M.R.; Vázquez, J.M.; Contreras, S.; Ramírez, G.; Orós, J. Sectional anatomic and magnetic resonance imaging features of the head of juvenile loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Am. J. Vet. Res.* **2012**, *73*, 1119–1127. [[CrossRef](#)]
53. Capello, V. Diagnostic Imaging of Dental Disease in Pet Rabbits and Rodents. *Veter. Clin. N. Am. Exot. Anim. Pract.* **2016**, *19*, 757–782. [[CrossRef](#)]
54. Morales-Bordon, D.; Encinosa, M.; Arencibia, A.; Jaber, J.R. Cranial Investigations of Crested Porcupine (*Hystrix cristata*) by Anatomical Cross-Sections and Magnetic Resonance Imaging. *Animals* **2023**, *13*, 2551. [[CrossRef](#)]
55. Jaber Mohamad, J.R.; Encinosa Quintana, M.Ó.; Morales, D.; ArtilesVizcaíno, A.; Santana, M.; Blanco Sucino, D.; Arencibia Espinosa, A. Anatomic study of the normal Bengal tiger (*Panthera tigris tigris*) brain and associated structures using low field magnetic resonance imaging. *Eur. J. Anat.* **2016**, *20*, 195–203.
56. Arencibia, A.; Matos, J.; Encinosa, M.; Gil, F.; Artiles, A.; Martínez-Gomariz, F.; Vázquez, J.M. Computed tomography and magnetic resonance imaging study of a normal tarsal joint in a Bengal tiger (*Panthera tigris*). *BMC Vet. Res.* **2019**, *15*, 126. [[CrossRef](#)]
57. Wyneken, J. Computed tomography and magnetic resonance imaging anatomy of reptiles. In *Reptile Medicine and Surgery*, 2nd ed.; Mader, D.R., Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2006; pp. 1088–1096.
58. Valente, A.L.S.; Cuenca, R.; Zamora, M.A.; Parga, M.L.; Lavin, S.; Alegre, F.; Marco, I. Sectional anatomic and magnetic resonance imaging features of coelomic structures of loggerhead sea turtles. *Am. J. Vet. Res.* **2006**, *67*, 1347–1353. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
59. Xiao, Y.D.; Paudel, R.; Liu, J.; Ma, C.; Zhang, Z.S.; Zhou, S.K. MRI contrast agents: Classification and application. *Int. J. Mol. Med.* **2016**, *38*, 1319–1326. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
60. Fumero-Hernández, M.; Encinosa, M.; Ramírez, A.S.; Morales, I.; Suárez Pérez, A.; Jaber, J.R. A Cadaveric Study Using Computed Tomography for Measuring the Ocular Bulb and Scleral Skeleton of the Atlantic Puffin (Aves, *Alcidae*, *Fratercula arctica*). *Animals* **2023**, *13*, 2418. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
61. Evans, H.E. Avian anatomy. In *Hand-Book of Bird Biology*, 3rd ed.; Lovette, I.J., Fitzpatrick, J.W., Eds.; Wiley & Sons: Chester, UK, 2016; p. 219.

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.



Conclusiones



Conclusiones

1. Las imágenes de TC obtenidas en los diferentes planos proporcionaron información relevante sobre la estructura del globo ocular y el anillo esclerótico del frailecillo atlántico, pudiendo establecerse valores de referencia de las características morfobiométricas del ojo y sus estructuras asociadas. Esto permitió ampliar el conocimiento sobre su agudeza visual y patrones de comportamiento.
2. El empleo de diversas configuraciones de ventanas de TC junto con secciones transversales, y disecciones anatómicas facilitó topografiar y estudiar los diferentes órganos que componen la cavidad celómica del frailecillo atlántico. Este hecho reafirma la eficacia de la tomografía computarizada para el estudio integral de la anatomía de las aves.
3. A pesar de que estos animales presentan un reducido tamaño de la región cefálica, la RM, en combinación con las secciones anatómicas utilizadas, posibilitó una correcta visualización de los principales componentes de esta área anatómica.
4. La RM permitió identificar, en el caso del sistema nervioso, estructuras altamente especializadas en la capacidad visual. De esta forma se visualiza con excelente detalle el recorrido, tamaño y longitud del nervio óptico, así como una prominencia dorsal sobre los lóbulos frontales conocida como *hyperpallium*, y a nivel del mesencéfalo, el gran desarrollo de los lóbulos ópticos en esta especie, que se relacionan directamente con la característica agudeza visual de las aves.



Resumen/Summary



El frailecillo atlántico (*Fratercula arctica*) es una especie de ave marina perteneciente a la familia Alcidae. Posee una apariencia única y llamativa, con un cuerpo blanquinegro y un pico largo, de colores brillantes. Aunque se distribuye ampliamente a lo largo del atlántico norte, donde pasa la mayor parte de su vida, puede alcanzar latitudes tan bajas como el archipiélago canario y sólo regresa a tierra para reproducirse. Cabe destacar que este álcido figura como especie vulnerable en la Lista Roja de la Unión para la Conservación de la Naturaleza (UICN), debido al descenso de sus poblaciones vinculado a factores diversos, relacionados fundamentalmente con el cambio climático y la actividad humana. Sin embargo, y pese a todo ello, son escasos los artículos científicos relacionados con la anatomía del frailecillo, que podrían contribuir a un conocimiento en profundidad de sus hábitos y patrones de comportamiento, y en definitiva a su conservación.

En la medicina aviar en general y en este tipo de estudios anatómicos en particular, el diagnóstico por imagen desempeña un papel crucial al proporcionar, de forma no invasiva, preciada información acerca de los diferentes órganos y estructuras, sirviendo de base para el diagnóstico y tratamiento de multitud de patologías.

En la presente tesis doctoral se realizó un estudio anatómico de la cabeza y cavidad celómica del frailecillo atlántico empleando cortes anatómicos además de imágenes de TC y RM de dichas regiones. Las exploraciones de RM fueron realizadas con un equipo Vantage Elan 1.5 T Canon Medical System®, en las instalaciones del Hospital Veterinario Los Tarahales. Los cortes anatómicos y los estudios de TC se llevaron a cabo en el Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, empleando para dichas exploraciones un tomógrafo modelo Toshiba Astelion (Canon Medical System®). Del conjunto de imágenes y cortes macroscópicos obtenidos se seleccionaron los más valiosos desde el punto de vista anatómico, por su calidad y por la información que aportaban acerca de las diferentes estructuras celómicas y craneana

Así, por medio de la RM se visualizaron estructuras como la vallécua, el *hyperpallium* o los lóbulos oftálmicos, emergiendo estos últimos como prominencias laterales del cerebro medio, muy desarrolladas como es típico en las aves. La TC por su parte, permitió el estudio en detalle de los sacos aéreos y de órganos como el corazón, con la entrada de los grandes vasos sanguíneos, y rodeado de los lóbulos hepáticos derecho e izquierdo. Con este método de exploración también fue posible evaluar el ojo y sus estructuras asociadas destacando el anillo esclerótico, osificación esta última también

presente en reptiles como las tortugas marinas, con las que comparten hábitos de vida acuáticos.

Los resultados obtenidos permitieron una adecuada interpretación anatómica de las regiones estudiadas en este ave, pudiendo servir como modelo para clínicos e investigadores también en otras aves filogenéticamente emparentadas.

Summary

The Atlantic Puffin (*Fratercula arctica*) is a species of marine bird belonging to the Alcidae family. It has a unique and striking appearance, with a black-and-white body and a long, brightly colored beak. Although widely distributed throughout the North Atlantic, where it spends most of its life, it can reach as far south as the Canary Islands and only returns to land for breeding. It is noteworthy that this alcid is listed as a vulnerable species on the IUCN Red List, due to a decline in its populations linked to various factors, primarily related to climate change and human activity. However, despite all this, there are few scientific articles related to the anatomy of the puffin, which could contribute to an in-depth understanding of its habits and behavioral patterns, and ultimately to its conservation.

In avian medicine in general, and in these types of anatomical studies in particular, diagnostic imaging plays a crucial role by providing non-invasive, valuable information about the different organs and structures, serving as a basis for the diagnosis and treatment of a multitude of pathologies.

In the present doctoral thesis, an anatomical study of the head and coelomic cavity of the Atlantic Puffin was carried out using anatomical sections as well as CT and MRI images of these regions. The MRI scans were performed with a Vantage Elan 1.5 T Canon Medical System® at the Los Tarahales Veterinary Hospital. The anatomical sections and CT studies were carried out at the Clinical Veterinary Hospital of the University of Las Palmas de Gran Canaria, using a Toshiba Astelion tomograph (Canon Medical System®) for these explorations. From the set of images and macroscopic sections obtained, those most valuable from an anatomical point of view were selected, for their quality and the information they provided about the different coelomic and cranial structures.

Thus, through MRI, structures such as the vallecule, the hyperpallium, or the ophthalmic lobes were visualized, the latter emerging as lateral prominences of the midbrain, highly developed as is typical in birds. CT, on the other hand, allowed a detailed study of air sacs and organs such as the heart, with the entry of the large blood vessels, and surrounded by the right and left hepatic lobes. This exploration method also made it possible to evaluate the eye and its associated structures, highlighting the sclerotic ring, an ossification also present in reptiles like sea turtles, with which they share aquatic life habits.

The results obtained allowed an adequate anatomical interpretation of the regions studied in this bird, and could serve as a model for clinicians and researchers in other phylogenetically related birds.



Bibliografía



Bibliografía

Aarsvold, S., Reetz, J. A., Reichle, J. K., Jones, I. D., Lamb, C. R., Evola, M. G., ... & Marolf, A. J. (2015). Computed tomographic findings in 57 cats with primary pulmonary neoplasia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56(3), 272-277.

Aasmundstad, T., Grindflek, E., Nordbø, Ø., Kongsro, J., & Vangen, O. (2014). Osteochondrosis in Duroc pigs scored by computed tomography; heritabilities based on genomic and pedigree relationship matrices. In *Proc 10th World Congress of Genetics Applied to Livest. Prod., Vancouver, Canada*.

Aasmundstad, T., Kongsro, J., Wetten, M., Dolvik, N. I., & Vangen, O. (2013). Osteochondrosis in pigs diagnosed with computed tomography: heritabilities and genetic correlations to weight gain in specific age intervals. *Animal*, 7(10), 1576-1582.

Able, H., Wolf-Ringwall, A., Rendahl, A., Ober, C. P., Seelig, D. M., Wilke, C. T., & Lawrence, J. (2021). Computed tomography radiomic features hold prognostic utility for canine lung tumors: An analytical study. *PLoS One*, 16(8).

Abourachid, A. (1991). Myologie du membre pelvien du dindon domestique (*Meleagris gallopavo*). *Anat. Histol. Embryol.*, 20, 75-94.

Abraham, M. E., Wakamatsu, N., Lossie, G. A., Karcher, D. M., Heng, H. G., & Murakami, M. (2023). Computed tomographic and magnetic resonance imaging anatomy of the coelomic cavity in market-age commercial Pekin Ducks (*Anas platyrhynchos domesticus*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*.

Abrams-Ogg, A., Holmberg, D., Stewart, W., & Claffey, F. (1993). Acromegaly in a cat: diagnosis by magnetic resonance imaging and treatment by cryohypophysectomy. *Canadian Veterinary Journal*, 34, 682-685.

Abramson, C. J., Dennis, R., Smith, K. C., & Platt, S. R. (2003). Radiology diagnosis lateralized vertebral osseous compression causing cervical spondylomyelopathy in a great dane. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 44(1), 53-56.

Abramson, C. J., Garosi, L., Platt, S. R., Dennis, R., & McConnell, J. F. (2005). Magnetic resonance imaging appearance suspected ischemic myelopathy in dogs. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 46(3), 225-229.

Abumandour, M. M., El-Bakary, R., Enany, E. S., Karkoura, A., & Farid, S. (2022). Biological aspects of the nasal turbinates of the Anatolian shepherd dog captured from Egypt: Using computed tomography, histological, and scanning electron microscopic observations. *Microscopy Research and Technique*, 85(3), 927-939.

Adams, W. H. (1999). The spine. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 14(3), 148-159.

Adams, W. H., Daniel, G. B., Pardo, A. D., & Selcer, R. R. (1995). Magnetic resonance imaging of the caudal lumbar and lumbosacral spine in 13 dogs (1990–1993). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 36(1), 3-13.

Adams, W. M., Kleiter, M. M., Thrall, D. E., Klauer, J. M., Forrest, L. J., La Due, T. A., & Havighurst, T. C. (2009). Prognostic significance of tumor histology and computed tomographic staging for radiation treatment response of canine nasal tumors. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(3), 330-335.

Adrian AM, Twedt DC, Kraft SL, et al: Computed tomographic angiography under sedation in the diagnosis of suspected canine pancreatitis: a pilot study, *J Vet Intern Med*, 29(1), 97–103, 2015.

Agatston, A. S., Janowitz, W. R., Hildner, F. J., Zusmer, N. R., Viamonte Jr, M., & Detrano, R. (1990). Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *Journal of the American College of Cardiology*, 15(4), 827-832.

Agut, A., Anson, A., Navarro, A., Murciano, J., Soler, M., Belda, E., Pallares, F.J., & Laredo, F.G. (2013). Imaging diagnosis - infiltrative lipoma causing spinal cord and lumbar nerve root compression in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(4), 381-383.

Al Mohamad, Z. A., Hagag, U., Tawfiek, M. G., & El Nahas, A. (2021). Magnetic resonance imaging of the normal dromedary camel tarsus. *BMC Veterinary Research*, 17, 1-11.

Al-Akraa, A. M., Ghanem, M. M., & El-gezery, M. M. (2015). Hepatosonography and Computed Tomography in Feline. *Benha Veterinary Medical Journal*, 28(1), 33-42.

Alizadeh, M., Zindl, C., Allen, M. J., Knapik, G. G., Fitzpatrick, N., & Marras, W. S. (2016). MRI cross-sectional atlas of normal canine cervical musculoskeletal structure. *Research in veterinary science*, 109, 94-100.

- Allett, B., & Hecht, S. (2016). Magnetic resonance imaging findings in the spine of six dogs diagnosed with lymphoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(2), 154-161.
- Allgoewer, I., Lucas, S., & Schmitz, S. A. (2000). Magnetic resonance imaging of the normal and diseased feline middle ear. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(5), 413-418.
- Almeida, M. F., Mamprim, M. J., Vulcano, L. C., & Rahal, S. C. (2011). Contribution of negative contrast in computed tomography arthrography of the normal canine stifle. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 31(4), 362-366.
- Alonso Pavón, P. (2015). *Imaginología: proyección clínica en medicina deportiva equina de la IRM*. Tesis doctoral. Universidad de León.
- Alsafy, M. A. M. (2008). Computed tomography and cross-sectional anatomy of the thorax of goat. *Small Ruminant Research*, 79(2-3), 158–166.
- Alsafy, M. A., El-gendy, S. A., & Abumandour, M. M. (2014). Computed tomography and gross anatomical studies on the head of one-humped camel (*Camelus dromedarius*). *The Anatomical Record*, 297(4), 630-642.
- Al-Shakhrah, I., & Al-Obaidi, T.(2003). Common artifacts in computerized tomography: a review. *Applied Radiology*, 32, 25-32.
- Álvarez González, L., Elena Aldana, D.M., Carmona Rosa, M. (2012). *Principios de resonancia magnética*.
- Alves, L. S., Rodriguez, D., Machado, V., Mamprim, M. J., Vulcano, L. C., & Amorim, R. M. (2018). A retrospective study of quadrigeminal arachnoid cysts diagnosed by Magnetic Resonance Imaging and Computed Tomography in 26 dogs. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 38, 300-308.
- Alves-Pimenta, S., Ginja, M. M., Fernandes, A. M., Ferreira, A. J., Melo-Pinto, P., & Colaço, B. (2017). Computed tomography and radiographic assessment of congruity between the ulnar trochlear notch and humeral trochlea in large breed dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 30(01), 8-14.
- Amengual-Batle, P., José-López, R., Durand, A., Czopowicz, M., Beltran, E., Guevar, J., ... & Gutierrez-Quintana, R. (2020). Traumatic skull fractures in dogs and cats: A comparative analysis of neurological and computed tomographic features. *Journal of veterinary internal medicine*, 34(5), 1975-1985.

Anastasiou, A., Skyoldebrand, E., Ekman, S., & Hall, L. D. (2003). Ex vivo magnetic resonance imaging of the distal row of equine carpal bones: Assessment of the bone sclerosis and cartilage damage. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 44(5), 501-512.

Anatomía interactiva de las aves. Universidad de Murcia. [En línea]. Disponible en: <https://www.um.es/anatvet-interactivo/interactividad/aaves/indexc.htm> (último acceso 22 de octubre de 2023).

Anderson, C. L., MacKay, C. S., Roberts, G. D., et al. (2015). Comparison of abdominal ultrasound and magnetic resonance imaging for detection of abdominal lymphadenopathy in dogs with metastatic apocrine gland adenocarcinoma of the anal sac. *Veterinary Comparative Oncology*, 13(2), 98–105.

Anderson, D. E. (2006). Periapical tooth root infections in llamas and alpacas. *Small Ruminant Research*, 61(2-3), 235-240.

Andrassy-Baka, G., R. Romvári, and Zs. Petrási (1999). In vivo measurement of breast muscle volume of broiler chicken by CT. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 2, 203–212.

Antinoff, N., Stefanacci, J., Vazquez, D., Orosz, S., Henrys, R., & Janick, L. (1996). The correlation between CT and the anatomy of the psittacine sinus. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians. Tampa, Florida. pp 367-368.

Aref, M., Ismail, A., Emam, H., & Dhama, K. (2019). Identification of normal horse head structures, with special reference to paranasal sinuses, by anatomical cross-section and magnetic resonance imaging (MRI). *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 7(3), 200-204.

Arencibia, A. (1992). Aportaciones a la topografía craneoencefálica de la cabra (*Capra hircus* L.) mediante tomografía axial computarizada. *Tesis doctoral, U.L.P.G.C.*

Arencibia, A., Blanco, D., González, N., & Rivero, M. A. (2012). Computed tomography and magnetic resonance imaging features of the temporomandibular joint in two normal camels. *Anatomy Research International*, 2012.

Arencibia, A., Corbera, J. A., Gil, F., Ramírez, G., Jaber, J. R., Morales, M., & Vázquez, J. M. (2019). Anatomical assessment of intrathoracic cardiovascular structures using fast spin-echo double inversion recovery and steady-state free precession magnetic resonance imaging in a normal cat. *Journal of veterinary cardiology*, 24, 28-35.

Arencibia, A., Corbera, J. A., Ramírez, G., Contreras, S., Morales, M., Jaber, J. R., ... & Vázquez, J. M. (2016). Three-dimensional time of flight magnetic resonance angiography of the heart and associated vessels in a cat. *Journal of Veterinary Cardiology*, 18(4), 413-417.

Arencibia, A., Corbera, J. A., Ramírez, G., Díaz-Bertrana, M. L., Pitti, L., Morales, M., & Jaber, J. R. (2020). Anatomical assessment of the thorax in the neonatal foal using computed tomography angiography, sectional anatomy, and gross dissections. *Animals*, 10(6), 1045.

Arencibia, A., Encinosa, M., Jáber, J. R., Morales, D., Blanco, D., Artiles, A., & Vázquez, J. M. (2015). Magnetic resonance imaging study in a normal Bengal tiger (*Panthera tigris*) stifle joint. *BMC Veterinary Research*. 11(1):1-9.

Arencibia, A., Matos, J., Encinosa, M., Gil, F., Artiles, A., Martínez-Gomariz, F., & Vázquez, J. M. (2019). Computed tomography and magnetic resonance imaging study of a normal tarsal joint in a Bengal tiger (*Panthera tigris*). *BMC Veterinary Research*, 15(1), 1-14.

Arencibia, A., Matos, J., Encinosa, M., Gil, F., Artiles, A., Martínez-Gomariz, F., & Vázquez, J. M. (2019). Computed tomography and magnetic resonance imaging study of a normal tarsal joint in a Bengal tiger (*Panthera tigris*). *BMC veterinary research*. 15(1):1-14.

Arencibia, A., Rivero, M. A., Casal, A. B., González-Romano, N., & Orós, J. (2005). CT and cross-sectional anatomy of the normal head of the Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 34, 3-3.

Arencibia, A., Rivero, M. A., De Miguel, I., Contreras, S., Cabrero, A., & Orós, J. (2006). Computed tomographic anatomy of the head of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Research in Veterinary Science*, 81(2), 165-169.

Arencibia, A., Rivero, M. A., Gil, F., Ramírez, J. A., Corbera, J. A., Ramírez, G., & Vázquez, J. M. (2005). Anatomy of the cranioencephalic structures of the camel (*Camelus dromedarius* L.) by imaging techniques: a magnetic resonance imaging study. *Anat. Histol. Embryol.*, 34(1), 52-55.

Arencibia, A., Rivero, M. A., Ramírez, J. A., Gil, F., Gutiérrez, C., Oros, J., ... & Vázquez, J. M. (2004). Magnetic resonance imaging of the normal brain in a newborn dromedary camel. *Vet. J.*, 168(3), 353-357.

- Arencibia, A., Sandoval, J. A., Vázquez, J. M., Ramírez, J. A., Sosa, C., & Ramírez, G. (1995). Topografía craneoencefálica del perro por resonancia magnética. *O. Medico Veterinario*, 43, 15-25.
- Arencibia, A., Vázquez, J. M., Jaber, J. R., Ramírez, J. A., Rivero, M., González, N., & Wistner, E. R. (2000). Magnetic resonance imaging and cross-sectional anatomy of the normal equine sinuses and nasal passages. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(4), 313-319.
- Arencibia, A., Vázquez, J. M., Ramírez, J. A., Ramírez, G., Vilar, J. M., Rivero, M., ... & Gil, F. (2001). Magnetic resonance imaging of the normal equine brain. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 42(5), 405-408.
- Arencibia, A., Vázquez, J. M., Ramírez, J. A., Sandoval, J. A., Ramírez, G., & Sosa, C. (1997a). Anatomy of the cranioencephalic structures of the goat (*Capra hircus* L.) by imaging techniques: a computerized tomographic study. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 26(3), 161-164.
- Arencibia, A., Vazquez, J. M., Rivero, M., Latorre, R., Sandoval, J. A., Vilar J. M., & Ramirez, J. A. (2000). Computed tomography of normal cranioencephalic structures in two horses. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 29(5), 295–299.
- Ariete, V., Barnert, N., Gómez, M., Mieres, M., Pérez, B., & Gutierrez, J. C. (2021). Morphometrical Study of the Lumbar Segment of the Internal Vertebral Venous Plexus in Dogs: A Contrast CT-Based Study. *Animals*, 11(6), 1502.
- Armbrust, L. J., Ostmeyer, M., & McMurphy, R. (2008). Magnetic resonance imaging of bone marrow in the pelvis and femur of young dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(5), 432-437.
- Armour, M. D., Broome, M., Dell'Anna, G., Blades, N. J., & Esson, D. W. (2011). A review of orbital and intracranial magnetic resonance imaging in 79 canine and 13 feline patients (2004–2010). *Veterinary Ophthalmology*, 14(4), 215-226.
- Arnold, S. A., Platt, S. R., Gendron, K. P., & West, F. D. (2020). Imaging ischemic and hemorrhagic disease of the brain in dogs. *Frontiers in veterinary science*, 7, 534510.
- Arnold, S. A., Platt, S. R., Gendron, K. P., & West, F. D. (2020). Imaging ischemic and hemorrhagic disease of the brain in dogs. *Front Vet Sci.*, 7, 279.
- Artul, S. (2013). Ring artefact in multidetector CT. *BMJ Case Reports*, 2013.

- Aryan, H. E., Jandial, R., Nakaji, P., Greenberg, M. S., Janssen, D. L., Huang, J., & Taylor, W. R. (2006). Lumbar diskectomy in a human-habituated mountain gorilla (*Gorilla beringei beringei*). *Clinical Neurology and Neurosurgery*, *108*(2), 205-210.
- Arzi, B., Cissell, D. D., Verstraete, F. J., Kass, P. H., DuRaine, G. D., & Athanasiou, K. A. (2013). Computed tomographic findings in dogs and cats with temporomandibular joint disorders: 58 cases (2006–2011). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *242*(1), 69-75.
- Ashtari, M. S., Veshkini, A., Masoudifard, M., Gilanpour, H., & Bahonar, A. (2021, December). Measuring morphological parameters of the pelvic diaphragm muscles using computed tomography in healthy dogs. In *Veterinary Research Forum*, *12*(4), 493. Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
- Assheuer, J., & Sager, M. (1997). MRI and CT atlas of the dog. (Magnetic resonance imaging and computed tomography). *Blackwell Science; Berlin and Oxford*.
- Attali-Soussay, K., Jegou, J. P., & Clerc, B. (2001). Retrobulbar tumours in dogs and cats: 25 cases. *Veterinary Ophthalmology*, *4*(1), 19-27.
- Audigié, F., Tapprest, J., George, C., Didierlaurent, D., Foucher, N., Faurie, F., Houssin, M., & Denoix, J. M. (2004). Magnetic resonance imaging of a brain abscess in a 10-month-old filly. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, *45*(3), 210-215.
- Auger, M., Hecht, S., & Springer, C. M. (2021). Magnetic resonance imaging features of extradural spinal neoplasia in 60 dogs and seven cats. *Frontiers in Veterinary Science*, *7*, 610490.
- Avasthi, A., Caro, C., Pozo Torres, E., Leal, M. P., & García Martín, M. L. (2020). Magnetic nanoparticles as MRI contrast agents. *Surface-modified Nanobiomaterials for Electrochemical and Biomedicine Applications*, 49-91.
- Axlund, T. W., & Hudson, J. A. (2003). Computed tomography of the normal lumbosacral intervertebral disc in 22 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *44*(6), 630-634.
- Azhari, H., Weiss, J. L., Rogers, W. J., Siu, C. O., Zerhouni, E. A., & Shapiro, E. P. (1993). Noninvasive quantification of principal strains in normal canine hearts using tagged MRI images in 3-D. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *264*(1), H205-H216.

- Badawy, A. M., Marzok, M. A., & Eshra, E. A. (2016). Computed tomographic arthrography of the normal dromedary camel carpus. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 29(03), 188-194.
- Baden, R. M., Guzman, D. S. M., Speer, B. L., Sokoloff, A. M., & Hawkins, M. G. (2019). Diagnosis and Treatment of a Swainson's Toucan (*Ramphastos ambiguus swainsonii*) With Rhinosinusitis. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 33(2), 155-160.
- Baeumlin, Y., De Rycke, L., Van Caelenberg, A., Van Bree, H., & Gielen, I. (2010). Magnetic resonance imaging of the canine elbow: an anatomic study. *Veterinary surgery*, 39(5), 566-573.
- Bagley, R.S., Tucker, R.L., Moore, M.P., & Harrington, M.L. (1995). Radiographic diagnosis. Intervertebral disk extrusion in a cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 36(5), 380-382.
- Bailey, M. Q. (1986). Use of X-ray – computed tomography as an aid in localization of adrenal masses in the dog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 188(9), 1046-1049.
- Baird, D. K., Hathcock, J. T., Kincaid, S. A., Rumph, P. F., Kammermann, J., Widmer, W. R., Visco, D., & Sweet, D. (1998). Low-field magnetic resonance imaging of early subchondral cyst-like lesions in induced cranial cruciate ligament deficient dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 39(3), 167-173.
- Baird, D. K., Hathcock, J. T., Rumph, P. F., Kincaid, S. A., & Visco, D. M. (1998). Low-field magnetic resonance imaging of the canine stifle joint: normal anatomy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 39(2), 87-97.
- Bali, M.S. (2011). Diagnosis and surgical management of a fractured atlas in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13(4), 280-282.
- Ballegeer, E. A., Adams, W. M., Dubielzig, R. R., Paoloni, M. C., Klauer, J. M., & Keuler, N. S. (2010). Computed tomography characteristics of canine tracheobronchial lymph node metastasis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(4), 397-403.
- Ballegeer, E. A., Adams, W. M., Dubielzig, R. R., Paoloni, M. C., Klauer, J. M., & Keuler, N. S. (2010). Computed tomography characteristics of canine tracheobronchial lymph node metastasis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(4), 397-403.
- Banzato, T., Russo, E., Di Toma, A., Palmisano, G., & Zotti, A. (2011). Evaluation of radiographic, computed tomographic and cadaveric

anatomy of the head of boa constrictors. *American Journal of Veterinary Research*, 72, 1592–1599.

Banzato, T., Russo, E., Di Toma, A., Palmisano, G., & Zotti, A. (2011). Anatomic imaging of the *Boa constrictor* head: A comparison between radiography, computed tomography and cadaver anatomy. *Am. J. Vet. Res.*, 72, 1592–1599.

Banzato, T., Selleri, P., Veladiano, I. A., & Zotti, A. (2013). Comparative evaluation of the cadaveric and computed tomographic features of the coelomic cavity in the green iguana (*Iguana iguana*), black and white tegu (*Tupinambis merianae*) and bearded dragon (*Pogona vitticeps*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*.

Barakzai, S. Z. (2012). The use of computed tomography for diagnosing dental and sinus disease. *Proceedings of The British Equine Veterinary Association Congress, Equine Veterinary Journal, Ltd., Fordham*, p 102.

Barakzai, S. Z., & Barnett, T. P. (2015). Computed tomography and scintigraphy for evaluation of dental disease in the horse. *Equine Veterinary Education*, 27(6), 323-331.

BAR-AM, Y. O. A. V., Pollard, R. E., Kass, P. H., & Verstraete, F. J. (2008). The diagnostic yield of conventional radiographs and computed tomography in dogs and cats with maxillofacial trauma. *Veterinary Surgery*, 37(3), 294-299.

Barret, J., & Keat, N. (2004). Artifacts in CT: recognition and avoidance. *Radiographics*, 24, 1679-91.

Barrett, E., Barr, F., Owen, M., & Bradley, K. (2009). A retrospective study of the MRI findings in 18 dogs with stifle injuries. *Journal of Small Animal Practice*, 50(9), 448-455.

Barrett, M. F., & Zubrod, C. J. (2008). Use of magnetic resonance imaging to detect and direct therapy of an osseous cystic lesion at the solar surface of the third phalanx of a horse. *Equine Veterinary Education*, 20(1), 19-23.

Barrington, G.M. and R.L. Tucker (1996). Use of computed tomography to diagnose sinusitis in a goat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 37 (2), 118-120.

Barrs VR, Beatty JA, Dhand NK, et al. (2014). Computed tomographic features of feline sino-nasal and sino-orbital aspergillosis. *Vet J*, 201, 215–222.

Bartels T., Brinkmeier J., Portmann S., Baulain U., Zinke A., Krautwaldjunghanns M.E., Boos A., Wolf P. and Kummerfeld N. (2001). Magnetic resonance imaging of intracranial tissue accumulations in domestic ducks with feather crests. *Vet. Radiol. & Ultrasound*. 42(3): 254-258.

Bartels, J., Hecht, S., Conklin, G. A., & Xiaocun, S. (2018). Gadolinium contrast medium administration does not adversely affect T2*-weighted gradient recalled echo magnetic resonance imaging of the canine brain at 1.5 Tesla. *Veterinary Radiology & Ultrasound*.

Bartels, T., Krautwald-Junghanns, M. E., Portmann, S., Brinkmeier, J., Kummerfeld, N., Sohn, H. G., & Dörsch, B. (2000). The use of conventional radiography and computer-assisted tomography as instruments for demonstration of gross pathological lesions in the cranium and cerebrum in the crested breed of the domestic duck (*Anas platyrhynchos f. dom*). *Avian Pathol*, 29, 101–108.

Barthez, P. Y., Begon, D., & Delisle, F. (1998). Effect of contrast medium dose and image acquisition timing on ureteral opacification in the normal dog as assessed by computed tomography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 39(6), 524-527.

Barthez, P. Y., Koblik, P. D., Hornof, W. J., Wisner, E. R., & Seibert, J. A. (1996). Apparent wall thickening in fluid-filled versus air-filled tympanic bulla in computed tomography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 37(2), 95-98.

Baudin Tréhiou, C., Gibert, S., Sériot, P., Dunié-Mérigot, A., & Blond, L. (2020). CT is helpful for the detection and presurgical planning of lung perforation in dogs with spontaneous pneumothorax induced by grass awn migration: 22 cases. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 61(2), 157-166.

Baumel, J.J. (1975a). Aves heart and blood vessels. In Sisson and Grossman's "The anatomy of the domestic animals." *W.B. Saunders Ce., Philadelphia*.

Baumel, J.J. (1975b). Aves nervous system. In Sisson and Grossman's "The anatomy of the domestic animals." *W.B. Saunders Ce., Philadelphia*.

Beam, R. C., Kunz, D. A., Cook, C. R., Carson, R. L., Briscoe, P., & Cook, J. L. (2007). Use of three-dimensional computed tomography for diagnosis and treatment planning for open-mouth jaw locking in a cat. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 230(1), 59-63.

Beaufrère, H., Nevarez, J., Gaschen, L., Ryan, K., Schnellbacher, R., & Tully, T. (2011). Diagnosis of presumed acute ischemic stroke and associated seizure management in a Congo African grey parrot. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 239(1), 122-128.

Beaufrère, H., Pariaut, R., Rodriguez, D., & Tully, T. N. (2010). Avian vascular imaging: a review. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 24(3), 174-184.

Beaufrère, H., Rodriguez, D., Pariaut, R., Gaschen, L., Schnellbacher, R., Nevarez, J. G., & Tully, T. N. (2011). Estimation of intrathoracic arterial diameter by means of computed tomographic angiography in Hispaniolan Amazon parrots. *American Journal of Veterinary Research*, 72(2), 210–218.

Beckmann, E. C. (2006). CT scanning the early days. *The British journal of radiology*, 79(937), 5-8.

Bell, C. M., Schwarz, T., & Dubielzig, R. R. (2011). Diagnostic features of feline restrictive orbital myofibroblastic sarcoma. *Veterinary Pathology*, 48(3), 742-750.

Bell, L. C., Johnson, K. M., Fain, S. B., Wentland, A., Drees, R., Johnson, R. A., ... & Nagle, S. K. (2015). Simultaneous MRI of lung structure and perfusion in a single breathhold. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 41(1), 52-59.

Belmudes, A., Couturier, J., Gory, G., Cauvin-Coulson, G., Condamin, G., Rabillard, M., & Rault, D. (2018). Computed tomographic characteristics of pneumolabyrinth in a French bulldog with otitis media and externa. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 60(5).

Belotta, A. F., Sukut, S., Lowe, C., Waldner, C., Randall, E. K., MacDonald, V. S., ... & Mayer, M. N. (2022). Computed tomography features of presumed normal mandibular and medial retropharyngeal lymph nodes in dogs. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 86(1), 27-34.

Ben Khalifa, A., Ben Braiek, A., Belhaj Hmida, L., Chandoul, W., & Mattoussi, A. (2021). Macroscopic anatomy, radiography and computed tomography of normal paranasal sinuses of the adult one-humped dromedary (*Camelus dromedarius*). *Veterinary Medicine and Science*, 7(5), 1460-1468.

Ben, K., Belkhiria, J., Hamdi, H., Chandoul, W., & Mattoussi, A. (2019). Computed tomography and magnetic resonance imaging of the brain and

associated structures of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*): a comparative study. *Journal of New Sciences*, 68, 4221-4231.

Bentley, R. T. (2015). Magnetic resonance imaging diagnosis of brain tumors in dogs. *The veterinary journal*, 205(2), 204-216.

Bergman, R., Jones, J., Lanz, O., Inzana, K., Shell, L., Moon, M., and E. Wright. (2000). Post-operative computed tomography en two dogs with cerebral meningioma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(5), 425-432.

Berlanda, M., Zotti, A., Brandazza, G., Poser, H., Calò, P., & Bernardini, M. (2011). Magnetic resonance and computed tomographic features of 4 cases of canine congenital thoracic vertebral anomalies. *The Canadian Veterinary Journal*, 52(12), 1334.

Bertolini, G. (2010). Acquired portal collateral circulation in the dog and cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(1), 25-33.

Bertolini, G., & Zotti, A. (2006). Imaging diagnosis: absence of the left external and both internal jugular veins in a cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(5), 468-469.

Bertolini, G., Drigo, M., Angeloni, L., & Caldin, M. (2017). Incidental and nonincidental canine thyroid tumors assessed by multidetector row computed tomography: a single-centre cross sectional study in 4520 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 58(3), 304-314.

Bertoy, E. H., Feldman, E. C., Nelson, R. W., Duesberg, C. A., Kass, P. H., Reid, M. H., & Dublin, A. B. (1995). Magnetic resonance imaging of the brain in dogs with recently diagnosed but untreated pituitary-dependent hyperadrenocorticism. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 206(5), 651-656.

Besalti, O., Pekcan, Z., Sirin, Y. S., & Erbas, G. (2006). Magnetic resonance imaging findings in dogs with thoracolumbar intervertebral disk disease: 69 cases (1997–2005). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 228(6), 902-908.

Besuden, K. T., Meyer-Lindenberg, A., & Brühshwein, A. (2022). Computed tomography venography description of the normal anatomy of the canine hindlimb venous system. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 51(4), 459-467.

Beukers, M., Grosso, F. V., & Voorhout, G. (2013). Computed tomographic characteristics of presumed normal canine abdominal lymph nodes. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(6), 610-617.

- Biggi, M., & Dyson, S. J. (2018). Use of high-field and low-field magnetic resonance imaging to describe the anatomy of the proximal portion of the tarsal region of nonlame horses. *American Journal of Veterinary Research*, 79(3), 299-310.
- Bilderback, A.L., & Faissler, D. (2009). Surgical management of a canine intracranial abscess due to a bite wound. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 19(5), 507- 512.
- Bischofberger, A. S., Konar, M., Ohlerth, S., Geyer, H., Lang, J., Ueltschi, G., & Lischer, C. J. (2006). Magnetic resonance imaging, ultrasonography and histology of the suspensory ligament origin: a comparative study of normal anatomy of Warmblood horses. *Equine Veterinary Journal*, 38(6), 508-516.
- Bischofberger, A. S., Konar, M., Posthaus, H., Pekarkova, M., Grzybowski, M., & Brehm, W. (2008). Ocular angiosarcoma in a pony-MRI and histopathological appearance. *Equine Veterinary Education*, 20(7), 340-347.
- Bischoff, M. G., & Kneller, S. K. (2004). Diagnostic imaging of the canine and feline ear. *The Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice*, 34(2), 437-458.
- Bitar, R., Leung, G., Perng, R., Tadros, S., Moody, A. R., Sarrazin, J., ... & Roberts, T. P. (2006). MR pulse sequences: what every radiologist wants to know but is afraid to ask. *Radiographics*, 26(2), 513-537.
- Blackwood, L. (2013). Cats with cancer: where to start. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15(5), 366-377.
- Blaik, M. A., Hanson, R. R., Kincaid, S. A., Hathcock, J. T., Hudson, J. A., & Baird, D. K. (2000). Low-field magnetic resonance imaging of the equine tarsus: normal anatomy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(2), 131-141.
- Blanke, A., Ohlerth, S., Hollerrieder, J., & Schusser, G. F. (2016). Computed tomographic features of the osseous external ear canal, tympanic membrane, and tympanic bulla in clinically normal horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 45, 17-21.
- Blogg, S. L., Loveman, G. A., Seddon, F. M., Woodger, N., Koch, A., Reuter, M., ... & White, M. G. (2004). Magnetic resonance imaging and neuropathology findings in the goat nervous system following hyperbaric exposures. *European Neurology*, 52(1), 18-28.

Blunden, A., Murray, R., & Dyson, S. (2009). Lesions of the deep digital flexor tendon in the digit: A correlative MRI and post-mortem study in control and lame horses. *Equine Veterinary Journal*, 41(1), 25-33.

Boas, F.E., & Fleischmann, D. (2012). CT artifacts: causes and reduction techniques. *Imaging Medicine*, 4, 229-40.

Boileau, C., Martel-Pelletier, J., Abram, F., Raynauld, J. P., Troncy, É., D'Anjou, M. A., ... & Pelletier, J. P. (2008). Magnetic resonance imaging can accurately assess the long-term progression of knee structural changes in experimental dog osteoarthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 67(7), 926-932.

Bone SN, Johnson GA, Thompson MB (1986). Three-dimensional magnetic resonance microscopy of the developing chick embryo. *Investig Radiol* 21, 782–787.

Boroffka, S. A., & Voorhout, G. (1999). Direct and reconstructed multiplanar computed tomography of the orbits of healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 60(12), 1500-1507.

Boroffka, S. A., Görig, C., Auriemma, E., PASSON-VASTENBURG, M. H., Voorhout, G., & Barthez, P. Y. (2008). Magnetic resonance imaging of the canine optic nerve. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(6), 540-544.

Bosch, E. (2004). *Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada, su contribución a la medicina moderna. Revista chilena de radiología*, 10(4), 183-185.

Boswood, A., Lamb, C. R., Brockman, D. J., Mantis, P., & Witt, A. L. (2003). Balloon dilatation of nasopharyngeal stenosis in a cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(1), 49-53.

Böttcher, P., Brühshwein, A., Winkels, P., Werner, H., Ludewig, E., Grevel, V., & Oechtering, G. (2010). Value of low-field magnetic resonance imaging in diagnosing meniscal tears in the canine stifle: a prospective study evaluating sensitivity and specificity in naturally occurring cranial cruciate ligament deficiency with arthroscopy as the gold standard. *Veterinary Surgery*, 39(3), 296-305.

Bouma, J. L., Aronson, L. R., Keith, D. G., & Saunders, H. M. (2003). Use of computed tomography renal angiography for screening feline renal transplant donors. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(6), 636-641.

- Bouyssou, S., Hammond, G. J., & Eivers, C. (2021). Comparison of CT features of 79 cats with intranasal mass lesions. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 23(10), 987-995.
- Bowlus, R. A., Armbrust, L. J., Biller, D. S., Hoskinson, J. J., Kuroki, K., & Mosier, D. A. (2008). Magnetic resonance imaging of the femoral head of normal dogs and dogs with avascular necrosis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(1), 7-12.
- Bowyer, J., Heapy, C. G., Flannelly, J. K., Waterton, J. C., & Maciewicz, R. A. (2009). Evaluation of a magnetic resonance biomarker of osteoarthritis disease progression: doxycycline slows tibial cartilage loss in the Dunkin Hartley guinea pig. *International Journal of Experimental Pathology*, 90(2), 174-181.
- Braden, T. D., Stickle, R. L., Dejardin, L. M., & Mostosky, U. V. (1994). The use of computed tomography in fragmented coronoid disease: a case report. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 7(1), 40-44.
- Bradley, O.C., & Grahame, T. (1960). *The structure of the fowl*. 4th ed. Edinburgh, Oliver and Boyd, Ltd.
- Braun, U., Irmer, M., Augsburg, H., & Ohlerth, S. (2011). Computed tomography of the abdomen in Saanen goats: III. Kidneys, ureters and urinary bladder. *Schweizer Archiv fur Tierheilkunde*, 153(7), 321.
- Brennan, K.M., Roos, M.S., Budinger, T.F., Higgins, R.J., Wong, S.T. & Bristol, K.S. (1993). A study of Radiation necrosis and edema in the canine brain using positron emission tomography and magnetic resonance imaging. *Radiol. Res.*, 134(1), 43-53.
- Bribiesca-Contreras, F., & Sellers, W. I. (2017). Three-dimensional visualization of the internal anatomy of the sparrowhawk (*Accipiter nisus*) forelimb using contrast-enhanced micro-computed tomography. *PeerJ*, 5, e3039.
- Briola, C., Zoia, A., Rocchi, P., Caldin, M., & Bertolini, G. (2019). Computed tomography attenuation value for the characterization of pleural effusions in dogs: A cross-sectional study in 58 dogs. *Research in Veterinary Science*, 124, 357-365.
- Britt, L.G., Middleton, J.R., Warhover, T.T., Kreeger, J.M. and K.R. Branson. (2005). Acanthomatous ameloblastoma of the maxilla of an adult alpaca. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46 (1), 65-68.

Brosed Serreta, A., Ruiz Manzano, P., et al. (2012). *Fundamentos de Física Médica Volumen 2. Radiodiagnóstico: bases físicas, equipos y control de calidad*. Sociedad Española de Física Médica.

Brounts, S. H., Lund, J. R., Whitton, R. C., Ergun, D. L., & Muir, P. (2022). Use of a novel helical fan beam imaging system for computed tomography of the distal limb in sedated standing horses: 167 cases (2019–2020). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260(11), 1351-1360.

Brown, M. A., & Semelka, R. C. (1999). MR imaging abbreviations, definitions, and descriptions: a review. *Radiology*, 213(3), 647-662.

Bruehschwein, A., Foltin, I., Flatz, K., et al. (2010). Contrast-enhanced magnetic resonance angiography for diagnosis of portosystemic shunts in 10 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(2), 116–121.

Brünisholz, H. P., Hagen, R., Fürst, A. E., & Kuemmerle, J. M. (2015). Radiographic and computed tomographic configuration of incomplete proximal fractures of the proximal phalanx in horses not used for racing. *Veterinary Surgery*, 44(7), 809-815.

Budgeon, C., Mans, C., Chamberlin, T., Stein, J., Drees, R., Robot, C., Pinkerton, M., Imai, D., & McAnulty, J. (2014). Diagnosis and surgical treatment of a malignant trichoepithelioma of the ear canal in a pet rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 245(2), 227-231.

Bühler, M., Fürst, A. F. I., Lewis, F. I., Kummer, M., & Ohlerth, S. (2014). Computed tomographic features of apical infection of equine maxillary cheek teeth: a retrospective study of 49 horses. *Equine Vet. J.*, 46, 468-473.

Buonanno, F. S., Pykett, I. L., Kistler, J. P., Vielma, J., Brady, T. J., Hinshaw, W. S., ... & Pohost, M. G. (1982). Cranial anatomy and detection of ischemic stroke in the cat by nuclear magnetic resonance imaging. *Radiology*, 143(1), 187-193.

Burk RL. (1992). Computed tomographic imaging of nasal disease in 100 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 33, 177–180.

Burk, R. L. (1991). Computed tomography of thoracic diseases in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 199(5), 617-621.

Burk, R. L. (1992). Computed tomographic anatomy of the canine nasal passages. *Vet Radiol Ultrasound*, 33, 170–176.

Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., Boone, J. M., & Frank, L. R. (1994). *The essential physics of medical imaging*. *AJR-American Journal of Roentgenology*, 163(6), 1338-1338.

Bushong, S. (1998). *Manual de radiología para técnicos. Física, Biología y Protección Radiológica* (6ª ed.). Harcourt & Brace, Madrid.

Bushong, S. C. (1995). *Manual de radiología para técnicos* (5ª Ed). Mosby/Doyma Libros. Madrid.

Busoni, V., Snaps, F., Trenteseaux, J., & Dondelinger, R. F. (2004). Magnetic resonance imaging of the palmar aspect of the equine podotrochlear apparatus: normal appearance. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(3), 198-204.

Buttin, P., Millet, M., Cousin, S., Carozo, C., Cachon, T., Fau, D., Chuzelt, T., & Viguier, E. (2013). Computed tomographic measurements with and without myelography to characterise thoracolumbar extruded disc herniation. *Journal of Small Animal Practice*, 54(10), 521-530.

Byers, S. R., Parish, S. M., Holmes, S. P., Donahoe, S. L., & Barrington, G. M. (2007). A fungal granuloma of the frontal sinus in a llama. *The Canadian Veterinary Journal*, 48(9), 939-941.

Cabrera, L., Arencibia, A., Rizkallal, C., Blanco, D., Farray, D., Díaz-Bertrana, M. L., ... & Jaber, J. R. (2015). Computed tomographic imaging of the brain of normal neonatal foals. *Archives of Medical Veterinary*, 47, 209-214.

Caceres A, Zwingenberger A, Aronson L, Mai W (2008). Characterization of Normal Feline Renal Vascular Anatomy with Dual-Phase CT Angiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(4), 350–356.

Càceres, A. V., Zwingenberger, A. L., Hardam, E., Lucena, J. M., & Schwarz, T. (2006). Helical computed tomographic angiography of the normal canine pancreas. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(3), 270-278.

Caivano, D., Biretoni, F., Bufalari, A., De Monte, V., Angeli, G., Giorgi, M. E., ... & Porciello, F. (2016). Contrast-enhanced ultrasonographic findings in three dogs with lung lobe torsion. *Journal of Veterinary Medical Science*, 78(3), 427-430.

Caliani Carrera, A., Ferraro Moreno, I., Gomes Celoto, M., Gomes Sprada, A., Requena, R., Bortolon Jassniker, J., & Gomes Paula, C. (2022). Retrospective study on the incidence of cats and dogs' spinal

injuries by computed tomographic scan. Part I: Cervical and Cervicothoracic. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 29(1).

Calzado, A., & Geleijns, J. (2010). *Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. Revista de Física Médica*, 11(3).

Campbell, R. D., Peralta, S., Fiani, N., & Scrivani, P. V. (2016). Comparing intraoral radiography and computed tomography for detecting radiographic signs of periodontitis and endodontic disease in dogs: an agreement study. *Frontiers in veterinary science*, 3, 68.

Canet, E., Roger, T., Chambon, C., Delabre, C., Baldy, C., & Revel, D. (1996). Imagerie par résonance magnétique (IRM) fonctionnelle de l'ischémie hépatique chez le lapin. Contribution d'un agent de contraste particulaire (AMI-25). *Anatomie, Histologie, Embryologie*, 25(1), 23-29.

Capasso, M., Dell'Era, E., Carloni, A., Balducci, F., Specchi, S., & Bernardini, M. (2023). MRI and CT features of a disc herniation through a fractured lumbar vertebra causing lumbar spinal cord compression in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*.

Capello, V., & Cauduro, A. (2008). Clinical technique: application of computed tomography for diagnosis of dental disease in the rabbit, guinea pig, and chinchilla. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 17(2), 93-101.

Carabús A, Gispert M, Brun A, Rodríguez P, Font-i-Furnols M. (2015). In vivo computed tomography evaluation of the composition of the carcass and various cuts of growing pigs of three commercial cross breeds. *Livestock Production Science*, 170, 181-192.

Carabús, A., Gispert, M., Rodríguez, P., Brun, A., Francàs, C., Soler, J., & Font i Furnols, M. (2011). Differences in body composition between pigs crossbreds of 30 kg measured in vivo by computed tomography. In *62nd EAAP Annual Meeting (Vol. 29)*.

Cardoso, L., Gil, F., Ramírez, G., Teixeira, M. A., Agut, A., Rivero, M. A., ... & Vazquez, J. M. (2007). Computed tomography (CT) of the lungs of the dog using a helical CT scanner, intravenous iodine contrast medium and different CT windows. *Anatomia, histologia, embryologia*, 36(5), 328-331.

Caron-Poitreau, C., Mainchain, H. N., Rieux, D., Vialle, M., & Caron, J. (1980). Computer tomography examination of the diaphragmatic pillars. *Journal of Radiology*, 61(1), 1-11.

- Carozzi, G., Zotti, A., Alberti, M., & Rossi, F. (2015). Computed tomographic features of pharyngeal neoplasia in 25 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56(6), 628-637.
- Carpenter, L. G., Schwarz, P. D., Lowry, J. E., Park, R. D., & Steyn, P. F. (1993). Comparison of radiologic imaging techniques for the diagnosis of fragmented medial coronoid process of the cubital joint in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 203(1), 78-83.
- Carr, D. H., Brown, J., Bydder, G. M., Weinmann, H. J., Speck, U., Thomas, D. J., & Young, I. R. (1984). Intravenous chelated gadolinium as a contrast agent in NMR imaging of cerebral tumors. *The Lancet*, 1(8374), 484-486.
- Carrera, A.L.C., Moreno, I.F., Celoto, M.G., Sprada, A.G., Requena, R., Jassniker, J.B., & Paula, C.G. (2022). Retrospective study on the incidence of spinal injuries by computed tomographic scan. Part II: Thoracolumbar and lumbosacral. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 29(1).
- Carrera, I., Sullivan, M., McConnell, F., & Goncalves, R. (2011). Magnetic resonance imaging features of discospondylitis in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(2), 125-131.
- Carwardine, D., & Granger, N. (2013). Non-infectious inflammatory diseases of the central nervous system in dogs. *Companion Animal*, 18(10), 490-494.
- Cavalleri, J. M., Metzger, J., Hellige, M., Lampe, V., Stuckenschneider, K., Tipold, A., ... & Feige, K. (2013). Morphometric magnetic resonance imaging and genetic testing in cerebellar abiotrophy in Arabian horses. *BMC Veterinary Research*, 9, 1-9.
- Cecker, T.L., Karino, K., Kador, P.F., & Balaben, R.S. (1991). Magnetic resonance imaging of the rabbit eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 32:3109-3113.
- Chaffin, M. K., Walker, M. A., McArthur, N. H., Perris, E. E., & Matthews, N. S. (1997). Magnetic resonance imaging of the brain of normal neonatal foals. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 38(2), 102-111.
- Chai, O., Peery, D., Bdolah-Abram, T., Moscovich, E., Kelmer, E., Klainbart, S., ... & Shamir, M. H. (2017). Computed tomographic findings in dogs with head trauma and development of a novel prognostic computed tomography-based scoring system. *American Journal of Veterinary Research*, 78(9), 1085-1090.

Chamberlain, F.W. (1943). *Atlas of avian anatomy*. East Lansing, Michigan, Michigan State College, Agricultural Experiment Station.

Chambers, J.N., Selcer, B.A., Butler, T.W., Oliver, J.E., & Brown, J. (1994). A comparison of computed tomography to epidurography for the diagnosis of suspected compressive lesions at the lumbosacral junction in dogs. *Progress in Veterinary Neurology*, 5(1), 30-34.

Chandrakumar, S. S., Zur Linden, A., Owen, M., Pemberton, S., Pinard, C. L., Matsuyama, A., & Poirier, V. J. (2019). Computed tomography measurements of intraocular structures of the feline eye. *Veterinary Record*, 184(21), 651-651.

Chang, D., Kim, B., Yun, Y., Hur, Y., Lee, Y., Choi, M., ... & Seong, J. (2002). Superparamagnetic iron oxide-enhanced magnetic resonance imaging of the liver in beagle dogs. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 43(1), 31-37.

Chawla, S., Husain, N., Kumar, S., Pal, L., Tripathi, M., & Gupta, R. K. (2004). Correlative MR imaging and histopathology in porcine neurocysticercosis. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 20(2), 208-215.

Chen, K. C., Arad, A., Song, Z. M., & Croaker, D. (2018). High-definition neural visualization of rodent brain using micro-CT scanning and non-local-means processing. *BMC Medical Imaging*, 18(1), 1-13.

Chen, M. Y. M., Pope, T. L., Ott, D. J. (2006). *Radiología Básica*. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.

Chen, Q., Klein, J. S., Gamsu, G., & Webb, W. R. (1992). High-resolution computed tomography of the mammalian lung. *American Journal of Veterinary Research*, 53(7), 1218-1224.

Chen, Q., Klein, J. S., Gamsu, G., & Webb, W. R. (1992). High-resolution computed tomography of the mammalian lung. *American Journal of Veterinary Research*, 53(7), 1218-1224.

Cheon, B., Park, S., Lee, S. K., Park, J. G., Cho, K. O., & Choi, J. (2018). Variation of canine vertebral bone architecture in computed tomography. *Journal of Veterinary Science*, 19(1), 145-150.

Cherubini, G.B., Platt, S.R., Anderson, T.J., Rusbridge, C., Lorenzo, V., Mantis, P., & Cappello R. (2006). Characteristics of magnetic resonance images of granulomatous meningoencephalomyelitis in 11 dogs. *Vet. Rec.*, 159(4), 110-115.

- Chesney, C.J. (1998). CT scanning in chinchillas. *Journal of Small Animal Practice*, 39(11), 550.
- Cheung, T. K., & Thompson, K. N. (1993). Development of a three-dimensional electronic solids model of the lower forelimbs of the horse. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 34(5), 331–333.
- Chiang, C., Chen, K. S., Chiu, H. C., Chung, C. S., & Lin, L. S. (2022). Computed tomography lymphangiography via intrametatarsal pad injection is feasible in cats with chylothorax. *American Journal of Veterinary Research*, 83(2), 133-139.
- Chien, Y. C., Lien, C. Y., Guo, J. C., Chin, S. C., Chang, Y. P., & Liu, C. H. (2013). Meningothelial meningioma in a Malayan sun bear (*Helarctos malayanus*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 25(5), 636-640.
- Chiwitt, C. L., Baines, S. J., Mahoney, P., Tanner, A., Heinrich, C. L., Rhodes, M., & Featherstone, H. J. (2017). Ocular biometry by computed tomography in different dog breeds. *Veterinary Ophthalmology*, 20(5), 411-419.
- Choquet, P., Sick, A., & Constantinesco, A. (2000). MRI of the equine digit with a dedicated low-field magnet. *Veterinary Record*, 146(21), 616-617.
- Chung, C. S., Tu, Y. J., & Lin, L. S. (2023). Comparison of Digital Radiography, Computed Tomography, and Magnetic Resonance Imaging Features in Canine Spontaneous Degenerative Stifle Joint Osteoarthritis. *Animals*, 13(5), 849.
- Cissell, D. D., Wisner, E. R., Textor, J., Mohr, F. C., Scrivani, P. V., & Théon, A. P. (2012). Computed tomographic appearance of equine sinonasal neoplasia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(3), 245-251.
- Claerhoudt, S., Bergman, E. H. J., & Saunders, J. H. (2014). Computed tomographic anatomy of the equine foot. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 43(5), 395-402.
- Clark, W. A., Winter, R. L., Aarnes, T. K., Green, E. M., Mikrut, K., Ruz, P., Addison, D., Rhinehart, J. D., Schober, K. E., & Friel, H. T. (2022). Utility of cardiac MRI to diagnose myocardial ischemia and fibrosis in dogs with cardiomegaly secondary to myxomatous mitral valve disease. *American Journal of Veterinary Research*, 83(10).
- Clifford, C. A., Pretorius, E. S., Weisse, C., Siegelman, E. S., Sorenmo, K. U., Skorupski, K., ... & Solomon, J. R. (2005). Magnetic resonance

imaging characterization of canine splenic lesions. *Veterinary and Comparative Oncology*, 3(1), 37-38.

Clifford, C. A., Pretorius, E. S., Weisse, C., Sorenmo, K. U., Drobatz, K. J., Siegelman, E. S., & Solomon, J. A. (2004). Magnetic resonance imaging of focal splenic and hepatic lesions in the dog. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 18(3), 330-338.

Cline, J. L., Czarnecki-Maulden, G. L., Losonsky, J. M., Sipe, C. R., & Easter, R. A. (1997). Effect of increasing dietary vitamin A on bone density in adult dogs. *Journal of Animal Science*, 75(11), 2980-2985.

Coady, M. R., Atilla, A., & Stillion, J. (2020). Bilateral lung lobe torsions in a cat. *The Canadian Veterinary Journal*, 61(2), 161.

Coggeshall, J. D., Reese, D. J., Kim, S. E., & Pozzi, A. (2014). Arthroscopic-guided ulnar distraction for the correction of elbow incongruity in four dogs. *The Journal of Small Animal Practice*, 55(1), 46-51.

Cole, L. K., & Samii, V. F. (2007). Contrast-enhanced computed tomographic imaging of the auditory tube in mesaticephalic dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 48(2), 125-128.

Coleman, M. C., Chaffin, M. K., Arnold, C. E., & Young, B. D. (2011). The use of computed tomography in the diagnosis of an ectopic ureter in a Quarter Horse filly. *Equine Veterinary Education*, 23(12), 597-602.

Consejo de seguridad nuclear. (2013). *Curso de supervisores de instalaciones radiactivas (IR). TEMA 2: Interacción de la radiación con la materia.*

Constant, C., Hecht, S., Craig, L. E., Lux, C. N., Cannon, C. M., & Conklin, G. A. (2016). GADOXETATE disodium (GD-EOB-DTPA) contrast-enhanced magnetic resonance imaging characteristics of hepatocellular carcinoma in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(6), 594-600.

Contreras Falcón, S. (2005). Estudio tomográfico de la cabeza de la tortuga boba (*Caretta caretta*) mediante resonancia magnética. *Tesis de Licenciatura*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Contreras, S., Vázquez, j. M., De Miguel, A., Morales, M., Gil, F., Lopez, O., & Arencibia, A. (2008). Magnetic resonance angiography of the normal canine heart and associated blood vessels. *The Veterinary Journal*, 178(1), 130-132.

- Contreras, S., Vazquez, J. M., Morales, M., Rivero, M. A., Gil, F., Latorre, R., & Arencibia, A. (2011). Three-dimensional MRA study of the normal canine thorax: MIP sections and volume rendering. *Anatomia, histologia, embryologia*, 40(1), 40-46.
- Cook, L. B., Bergman, R. L., Bahr, A., & Boothe, H. W. (2003). Inflammatory polyp in the middle ear with secondary suppurative meningoencephalitis in a cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(6), 648-651.
- Cooper, J.J., Young, B.D., Griffin, J.F.I.V., Fosgate, G.T., Levine, J.M. (2014). Comparison between noncontrast computed tomography and magnetic resonance imaging for detection and characterization of thoracolumbar myelopathy caused by intervertebral disk herniation in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*.
- Corfield, J. R., Wild, J. M., Cowan, B. R., Parsons, S., & Kubke, M. F. (2008). MRI of postmortem specimens of endangered species for comparative brain anatomy. *Nature Protocols*, 3(4), 597-605.
- Corgozinho, K.B., Belchior C., De e, R.C., e, J.D., & Ferreira, A.M.R. (2010). Pituitary adenoma in a cat with hyperadrenocorticism. *Acta Scientiae Veterinariae*, 38(2), 205-208.
- Cormack, A. M. (1963). Representation of a function by its line integrals, with some radiological applications. *Journal of applied physics*, 34(9), 2722-2727.
- Costa, L. A., de Oliveira, D. C., Gianotti, J. G., Cardoso, M. L., & Costa, F. S. (2010). Trabecular and cortical bone demineralization degree by quantitative computed tomography in dogs treated with prednisone. *Ciencia Rural*, 40(12), 2515-2520.
- Couturier, L., Degueurce, C., Ruer, Y., Dennis, R., & Began, D. (2005). Anatomical study of cranial nerve emergence and skull foramina in the dog using magnetic resonance imaging and computed tomography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(5), 375-383.
- Crass, J. R., Genovese, R. L., Render, J. A., & Bellon, E. M. (1992). Magnetic resonance, ultrasound and histopathologic correlation of acute and healing equine tendon injuries. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 33, 206-216.
- Cridge, H., Twedt, D. C., Marolf, A. J., Sharkey, L. C., & Steiner, J. M. (2021). Advances in the diagnosis of acute pancreatitis in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35(6), 2572-2587.

- Crijns, C. P., Gielen, I. M. V. L., Van Bree, H. J. J., & Bergman, E. H. J. (2010). The use of CT and CT arthrography in diagnosing equine stifle injury in a Rheinlander gelding. *Equine veterinary journal*, 42(4), 367-371.
- Crijns, C. P., Martens, A., Bergman, H. J., van der Veen, H., Duchateau, L., van Bree, H. J. J., & Gielen, I. M. V. L. (2014). Intramodality and intermodality agreement in radiography and computed tomography of equine distal limb fractures. *Equine veterinary journal*, 46(1), 92-96.
- Croft, L. A., Graham, J. P., Schaf, S. A., & Jacobson, E. R. (2004). Evaluation of magnetic resonance imaging for detection of internal tumors in green turtles with cutaneous fibropapillomatosis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 225(9), 1428-1435.
- Crossley, D. A., Jackson, A., Yates, J., & Boydell, I. P. (1998). Use of computed tomography to investigate cheek tooth abnormalities in chinchillas (*Chinchilla lanigera*). *Journal of Small Animal Practice*, 39(8), 385-389.
- Curtiss, A. L., Ortved, K. F., Dallap-Schaer, B., Gouzeev, S., Stefanovski, D., Richardson, D. W., & Wulster, K. B. (2021). Validation of standing cone beam computed tomography for diagnosing subchondral fetlock pathology in the Thoroughbred racehorse. *Equine Veterinary Journal*, 53(3), 510-523.
- Cytryn, A. S., Putterman, A. M., Schneck, G. L., Beckman, E., & Valvassori, G. E. (1997). Predictability of magnetic resonance imaging in differentiation of orbital lymphoma from orbital inflammatory syndrome. *Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery*, 13(2), 129-134.
- Czeibert, K., Baksa, G., Grimm, A., Nagy, S. A., Kubinyi, E., & Petneházy, Ö. (2019). MRI, CT and high resolution macro-anatomical images with cryosectioning of a Beagle brain: Creating the base of a multimodal imaging atlas. *PLoS One*, 14(3), e0213458.
- Da Costa, R. C., De Decker, S., Lewis, M. J., Volk, H., & Canine Spinal Cord Injury Consortium (CANSORT-SCI). (2020). Diagnostic imaging in intervertebral disc disease. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 588338.
- Da Costa, R. C., Poma, R., Parent, J. M., Partlow, G., & Monteith, G. (2006). Correlation of motor evoked potentials with magnetic resonance imaging and neurologic findings in Doberman Pinschers with and without signs of cervical spondylomyelopathy. *Am. J. Vet. Res.*, 67(9), 1613-1620.

- Da Costa, R.C., Echandi, R.L., & Beauchamp, D. (2012). Computed tomography myelographic findings in dogs with cervical spondylomyelopathy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(1), 64-70.
- da Silva, J. P., Rahal, S. C., Castiglioni, M. C. R., Baldissera Goncalves, R. A., Doiche, D. P., Moresco, A., Mamprim, M. J., & Vulcano, L. C. (2020). Radiography and computed tomography of the heart and lower respiratory tract in Toco toucans (*Ramphastos toco*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 49(4), 541–549.
- da Silveira, J. S., Scansen, B. A., Wassenaar, P. A., Raterman, B., Eleswarpu, C., Jin, N., ... & Kolipaka, A. (2016). Quantification of myocardial stiffness using magnetic resonance elastography in right ventricular hypertrophy: initial feasibility in dogs. *Magnetic Resonance Imaging*, 34(1), 26-34.
- Dabanoglu, I., Kara, M. E., Turan, E., & Ocal, M. K. (2004). Morphometry of the thoracic spine in German shepherd dog: A computed tomographic study. *Anatomical Histology and Embryology*, 33(1), 53–58.
- Daglish, J., Frisbie, D. D., Selberg, K. T., & Barrett, M. F. (2018). High field magnetic resonance imaging is comparable with gross anatomy for description of the normal appearance of soft tissues in the equine stifle. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 59(6), 721-736.
- Dance, D. R., Christofides, S., Maidment, A. D. A., McLean, I. D., & Ng, K. H. (2014). *Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Endorsed by: American Association of Physicists in Medicine, Asia-Oceania Federation of Organizations for Medical Physics, European Federation of Organisations for Medical Physics.
- Daniel, G. B., & Mitchell, S. K. (1999). The eye and orbit. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 14(3), 160-169.
- D'Août, C., Nisolle, J. F., Navez, M., Perrin, R., Launois, T., Brogniez, L., ... & Vandeweerd, J. M. (2015). Computed tomography and magnetic resonance anatomy of the normal orbit and eye of the horse. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 44(5), 370-377.
- Daraban, C., Vulpe, V., Bocaneti, F., Mennonna, G., Saccone, M., Fatone, G., & Meomartino, L. (2012). CT findings of thoracolumbar spine lesions in dogs. In *Lucrări științifice medicină veterinară Timișoara Scientific Papers Veterinary Medicine Volumul XL (Vol. 45, No. 4, pp. 64-71)*. Imprimeria Mirton, Timisoara, Romania ISSN:-1221-5295.

- Darawiroj, D., & Choisunirachon, N. (2019). Morphological assessment of cat kidneys using computed tomography. *Anatomia, histologia, embryologia*, 48(4), 358-365.
- Datta, R., Lee, J., Duda, J., Avants, B. B., Vite, C. H., Tseng, B., ... & Aguirre, G. K. (2012). A digital atlas of the dog brain. *PLoS One*, 7(12), e52140.
- Davidson, H. J., & Kraft, S. L. (1994). Imaging diagnosis (magnetic resonance imaging for multicentric lymphosarcoma in a dog). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 35, 282-284.
- de Bakker, E., Gielen, I., Kromhout, K., van Bree, H., & Van Ryssen, B. (2014). Magnetic resonance imaging of primary and concomitant flexor enthesopathy in the canine elbow. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55(1), 56-62.
- De Bakker, E., Gielen, I., Van Caelenberg, A., Van Bree, H., & Van Ryssen, B. (2014). Computed tomography of canine elbow joints affected by primary and concomitant flexor enthesopathy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55(1), 45-55.
- De Decker, S., Gielen, I. M., Duchateau, L., Van Soens, I., Bavegems, V., Bosmans, T., ... & Van Ham, L. M. (2010). Low-field magnetic resonance imaging findings of the caudal portion of the cervical region in clinically normal Doberman Pinschers and Foxhounds. *American journal of veterinary research*, 71(4), 428-434.
- de Francisco, O. N., Feeney, D., Armién, A. G., Wuenschmann, A., & Redig, P. T. (2016). Correlation of brain magnetic resonance imaging of spontaneously lead poisoned bald eagles (*Haliaeetus leucocephalus*) with histological lesions: A pilot study. *Research in veterinary science*, 105, 236-242.
- de Freitas, M. I., Vettorato, E., Scarpante, E., Cherubini, G. B., & Caine, A. (2022). Retrospective preliminary assessment of routine follow-up low-field magnetic resonance imaging in dogs presumptively diagnosed with discospondylitis. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 880038.
- De Groof, G., George, I., Touj, S., Stacho, M., Jonckers, E., Cousillas, H., ... & Van der Linden, A. (2016). A three-dimensional digital atlas of the starling brain. *Brain Structure and Function*, 221, 1899-1909.
- De Haan, C. E., Kraft, S. L., Gavin, P. R., Wendling, L. R., & Griebenow, M. L. (1994). Normal variation in size of the lateral ventricles of the Labrador Retriever dog as assessed by magnetic resonance imaging. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 35(2), 83-86.

- De Lasalle, J., Alexander, K., Olive, J., & Laverty, S. (2016). Comparisons among radiography, ultrasonography, and computed tomography for ex vivo characterization of stifle osteoarthritis in the horse. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(5), 489-501.
- De Magistris, A. V., Rossi, F., Valenti, P., Anson, A., Penninck, D. G., Agut, A., & Specchi, S. (2023). CT features of gastrointestinal spindle cell, epithelial, and round cell tumors in 41 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 64(2), 271-282.
- De Matos, R., Ruby, J., Van Hatten, R. A., & Thompson, M. (2015). Computed tomographic features of clinical and subclinical middle ear disease in domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*): 88 cases (2007–2014). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 246(3), 336-343.
- De Rycke, L. M., Gielen, I. M., van Bree, H., & Simoens, P. J. (2002). Computed tomography of the elbow joint in clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 63(10), 1400-1407.
- De Rycke, L. M., Kromhout, K. J., van Bree, H. J., Bosmans, T., & Gielen, I. M. (2014). Computed tomography atlas of the normal cranial canine abdominal vasculature enhanced by dual-phase angiography. *Anatomia, histologia, embryologia*, 43(6), 413-422.
- De Rycke, L. M., Saunders, J. H., Gielen, I. M., et al. (2003). Magnetic resonance imaging, computed tomography, and cross-sectional views of the anatomy of normal nasal cavities and paranasal sinuses in mesaticephalic dogs. *Am J Vet Res*, 64, 1093–1098.
- De Souza, J. C., Fernandes, T. H., De Albuquerque, B. M., & Costa, F. S. (2018). Quantitative computed tomography of healthy adult boas (*Boa constrictor*). *J. Zoo. Wildl. Med.*, 49(4), 1012–1015.
- De Zani, D., Borgonovo, S., Biggi, M., Vignati, S., Scandella, M., Lazzaretti, Modina, S., & Zani, D. (2010). Topographic comparative study of paranasal sinuses in adult horses by computed tomography, sinuscopy, and sectional anatomy. *Veterinary Research Communications*, 34(1), 13–16.
- DeFalque, V. E., Rosenstein, D., & Rosser, E. J. (JR). (2005). Measurement of normal middle ear cavity volume in mesaticephalic dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(6), 490-493.
- Delk, K. W., Mejia-Fava, J., Jiménez, D. A., Kent, M., Myrna, K., Mayer, J., & Divers, S. (2014). Diagnostic imaging of peripheral vestibular

disease in a Chinese goose (*Anser cygnoides*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 31-37.

Dennis, R. (1995). Magnetic resonance imaging: an overview of its current use in veterinary medicine. *Veterinary International*, 7, 50-58.

Dennis, R. (2000). Use of magnetic resonance imaging for the investigation of orbital disease in small animals. *Journal of Small Animal Practice*, 41(4), 145-155.

Dennison, S. E., & Schwarz, T. (2008). Computed tomographic imaging of the normal immature California sea lion head (*Zalophus californianus*). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(6), 557-563.

Dennison, S.E., Drees, R., Rylander, H., Yandell, B.S., Milovancev, M., Pettigrew, R., *et al.* (2010). Evaluation of different computed tomography techniques and myelography for the diagnosis of acute canine myelopathy. *Vet Radiol Ultrasound*.

Dennler, M., Bass, D. A., Gutierrez-Crespo, B., Schnyder, M., Guscetti, F., Di Cesare, A., ... & Glaus, T. M. (2013). Thoracic computed tomography, angiographic computed tomography, and pathology findings in six cats experimentally infected with *Aelurostrongylus abstrusus*. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(5), 459-469.

Dennler, M., Carrera, I., Beckmann, K., Ritz, J., Rütten, M., & Kircher, P. R. (2014). Imaging diagnosis—Conventional and functional magnetic resonance imaging of a brain abscess in a goat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55(1), 68-73.

DenOtter, T. D., & Schubert, J. (2023). *Hounsfield Unit*. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan—. PMID: 31613501.

Desprez, I., Donnelly, T. M., Mayousse, V., Thibaud, J. L., Parker, D. L., & Pignon, C. (2019). A case of otitis interna in a ferret (*Mustela putorius furo*). *Journal of Exotic Pet Medicine*, 31, 104-107.

Detweiler DA, Johnson LR, Kass PH, et al. (2006). Computed tomographic evidence of bulla effusion in cats with sinonasal disease: 2001–2004. *J Vet Intern Med*, 20, 1080–1084.

Detweiler DA, Johnson LR, Kass PH, et al. (2006). Computed tomographic evidence of bulla effusion in cats with sinonasal disease: 2001–2004. *J Vet Intern Med*, 20(1080–1084).

Dewey, C. W., Rishniw, M., Johnson, P. J., Platt, S., Robinson, K., Sackman, J., & O'Donnell, M. (2020). Canine cognitive dysfunction

patients have reduced total hippocampal volume compared with aging control dogs: A comparative magnetic resonance imaging study. *Open Veterinary Journal*, 10(4), 438-442.

Dik, K. J. (1995). Computed tomography of the head of horses. *Magyar Allatorvosok Lapja*, 50(5), 309–311.

Dillesenger, J., & Moerschel, E. (2012) *Manual para técnicos radiólogos*. Cuando la teoría enriquece la práctica. Buenos Aires: Journal; 2.

Dillon, A. R., Tillson, D. M., Hathcock, J., Brawner, B., Wooldridge, A., Cattley, R., ... & Garbarino, R. (2013). Lung histopathology, radiography, high-resolution computed tomography, and bronchio-alveolar lavage cytology are altered by *Toxocara cati* infection in cats and is independent of development of adult intestinal parasites. *Veterinary Parasitology*, 193(4), 413-426.

Dillon, A. R., Tillson, D. M., Wooldridge, A., Cattley, R., Hathcock, J., Brawner, W. R., ... & Schachner, E. R. (2014). Effect of pre-cardiac and adult stages of *Dirofilaria immitis* in pulmonary disease of cats: CBC, bronchial lavage cytology, serology, radiographs, CT images, bronchial reactivity, and histopathology. *Veterinary Parasitology*, 206(1-2), 24-37.

Dimitrov, R. (2021). MRI anatomical investigation of rabbit prostate gland. *Bulg. J. Vet. Med.* 1311-1447.

Dixon, P. M., Barnett, T. P., Morgan, R. E., & Reardon, R. J. (2020). Computed tomographic assessment of individual paranasal sinus compartment and nasal conchal bulla involvement in 300 cases of equine sinonasal disease. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 580356.

Dobak, T. P., Voorhout, G., Vernooij, J. C., & Boroffka, S. A. (2018). Computed tomographic pelvimetry in English bulldogs. *Theriogenology*, 118, 144-149.

Dolera, M., Malfassi, L., Pavesi, S., Finesso, S., Mazza, G., Marcarini, S., ... & Gambino, J.M. (2017). Computed tomography, magnetic resonance imaging and a novel surgical approach of atlanto-axial instability with incongruence in dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*, 16-0077.

Dos Santos, G. J., da Silva, J. P., Hippólito, A. G., Ferro, B. S., Oliveira, E. L. R., Okamoto, P. T. C., ... & Melchert, A. (2020). Computed tomographic and radiographic morphometric study of cardiac and coelomic dimensions in captive blue-fronted Amazon parrots (*Amazona aestiva*, Linnaeus, 1758) with varying body condition scores. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 49(2), 299-306.

Doss, G. A., Mans, C., Hoey, S., Di Girolamo, N., Stepien, R. L., & Waller III, K. R. (2017). Vertebral heart size in chinchillas (*Chinchilla lanigera*) using radiography and CT. *Journal of Small Animal Practice*, 58(12), 714-719.

Draffan, D., Clements, D., Farrell, M., Heller, J., Bennett, D., & Carmichael, S. (2009). The role of computed tomography in the classification and management of pelvic fractures. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 22(03), 190-197.

Dragicevich, C. J., Jones, J. C., Bridges, W., & Dunn, H. (2020). Computed tomographic measures of funnel-shaped lumbar vertebral canal and articular process dysplasia malformations differ between German Shepherd and Belgian Malinois military working dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 275.

Drees, R., Dennison, S. E., Keuler, N. S., & Schwarz, T. (2009). Computed tomographic imaging protocol for the canine cervical and lumbar spine. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 50(1), 74-79.

Drees, R., Forrest, L. J., & Chappell, R. (2009). Comparison of computed tomography and magnetic resonance imaging for the evaluation of canine intranasal neoplasia. *Journal of Small Animal Practice*, 50(7), 334-340.

Drees, R., Forrest, L. J., & Chappell, R. (2009). Comparison of computed tomography and magnetic resonance imaging for the evaluation of canine intranasal neoplasia. *Journal of Small Animal Practice*, 50(7), 334-340.

Drees, R., Frydrychowicz, A., Reeder, S. B., Pinkerton, M. E., & Johnson, R. (2011). 64-multidetector computed tomographic angiography of the canine coronary arteries. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(5), 507-515.

Driver, C. J., Rose, J., Tauro, A., Fernandes, R., & Rusbridge, C. (2019). Magnetic resonance image findings in pug dogs with thoracolumbar myelopathy and concurrent caudal articular process dysplasia. *BMC veterinary research*, 15(1), 1-10.

Drost, W.T., Love, N.E., & Berry, C.R. (1996). Comparison of radiography, myelography and computed tomography for the evaluation of canine vertebral and spinal cord tumors in sixteen dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 37(1), 28-33.

- Duconseille, A. C., Louvet, A., Lazard, P., et al. (2010). Imaging diagnosis – left retrocaval ureter and transposition of the caudal vena cava in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(1), 52–56.
- Dudley, R. M., Kowaleski, M. P., Drost, W. M. T., & Dyce, J. (2006). Radiographic and computed tomographic determination of femoral varus and torsion in the dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(6), 546-552.
- Duesberg, C. A., Feldman, E. C., Nelson, R. W., Bertoy, E. H., Dublin, A. B., & Reid, M. H. (1995). Magnetic resonance imaging for diagnosis of pituitary macrotumors in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 206(5), 657-662.
- Duffy, E. C., Griffin, S., O'Connell, E. M., & Mortier, J. R. (2020). Clinical, computed tomographic and histopathological findings in two cats with pulmonary fibrosis of unknown aetiology. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, 6(2), 2055116920968723.
- Duperrier, C., Fusellier, M., Lenaerts, H., Drut, A., & Hernandez, J. (2020). A case of central diabetes insipidus associated with a congenital cyst of the sella turcica in a young cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, 6(2), 2055116920935017.
- Düring, D. N., Ziegler, A., Thompson, C. K., Ziegler, A., Faber, C., Müller, J., ... & Elemans, C. P. (2013). The songbird syrinx morphome: a three-dimensional, high-resolution, interactive morphological map of the zebra finch vocal organ. *BMC biology*, 11(1), 1-27.
- Dutil, G. F., Guevar, J., Schweizer, D., Roosje, P., Kajin, F., Volk, H. A., ... & Maiolini, A. (2022). Otitis media and interna with or without polyps in cats: association between meningeal enhancement on postcontrast MRI, cerebrospinal fluid abnormalities, and clinician treatment choice and outcome. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 24(12), e481-e489.
- Dutton, C. J., Duncan, M., & Price, H. I. (2002). Hydromyelia in a Reeves' muntjac (*Muntiacus reevesi*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 33(3), 256-262.
- Düver, P., Precht, C., Fosgate, G., Forterre, F., & Hettlich, B. (2018). Cervical intervertebral disk to vertebral body ratios of different dog breeds based on sagittal magnetic resonance imaging. *Frontiers in veterinary science*, 5, 248.
- Dvir, E., Kirberger, R. M., & Terblanche, A. G. (2000). Magnetic resonance imaging of otitis media in a dog. *Vet. Radiol. Ultrasound.*, 41(1), 46-49.

Dyce, K. M., Sack, W. O., & Wensing, C. J. G. (2012). *Anatomía veterinaria*. El manual moderno.

Dyson, P. K., Dunn, K. A., Whitwell, K., & Dennis, R. (2007). Ataxia and cranial nerve signs in a pony suffering a brainstem meningioma; clinical, MRI, gross and histopathological findings. *Equine Veterinary Education*, 19(4), 173-178.

Dyson, S. J., Murray, R., & Schramme, M. C. (2005). Lameness associated with foot pain: Results of magnetic resonance imaging in 199 horses (January 2001-December 2003) and response to treatment. *Equine veterinary journal*, 37(2), 113-121.

Dyson, S., Blunden, A., & Murray, R. (2017). Magnetic resonance imaging, gross postmortem, and histological findings for soft tissues of the plantar aspect of the tarsus and proximal metatarsal region in non-lame horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 58(2), 216-227.

Dyson, S., Blunden, T., & Murray, R. (2008). The collateral ligaments of the distal interphalangeal joint: Magnetic resonance imaging and post mortem observations in 25 lame and 12 control horses. *Equine veterinary journal*, 40(6), 538-544.

Eberle, N., Fork, M., Von Babo, V., Nolte, I., & Simon, D. (2011). Comparison of examination of thoracic radiographs and thoracic computed tomography in dogs with appendicular osteosarcoma. *Veterinary and Comparative Oncology*, 9(2), 131-140.

Echandi, R. L., Morandi, F., Daniel, W. T., Paquette, J. L., & Daniel, G. B. (2007). Comparison of transplenic multidetector CT-portography to multidetector CT-angiography in normal dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 48(1), 38-44.

Edelman, R. R., Hesselink, J. R., & Zlatkin, M. B. (2005). *Clinical Magnetic Resonance Imaging*. New York, NY: Saunders.

Ehlert, A., Ferguson, J., & Gerlach, K. (2011). Magnetic resonance imaging and cross-sectional anatomy of the normal bovine tarsus. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 40(3), 234-240.

El-Gendy, S. A., Kamal, B. M., & Alsafy, M. A. (2022). 3D render volume CT reconstruction of the bones and arteries of the hind digit of the dromedary camel (*Camelus dromedarius*). *BMC Zoology*, 7(1), 49.

El-gendy, S., Alsafy, M., Hanafy, B., Karkoura, A., & Enany, E. S. (2021). Morphology, ultrasonographic and computed tomography configuration

of the dog pelvis and perineum. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 50(1), 114-127.

Elmer, S., Kornberg, M., Schanen, H., Von Klopmann, T., Dumke, U., & Weber, N. (2011). Astrocytoma affecting a cervical nerve root in a Labrador retriever. *Kleintierpraxis*, 56(4), 195-200.

Emam, H., Aref, M., Abdelbaset-Ismail, A., Abdelaal, A., Gouda, S., & Gomaa, M. (2020). Description of normal head structures of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*) by magnetic resonance imaging, computed tomography, and cross-sectional anatomy. *Veterinary World*, 13(8), 1581.

Emery, L., Hecht, S., Sun, X. (2018). Investigation of parameters predicting the need for diagnostic imaging beyond computed tomography in the evaluation of dogs with thoracolumbar myelopathy: retrospective evaluation of 555 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*.

Emms, S.G., Wortman, J.A., Johnston, D.E., & Goldschmidt, M.H. (1986). Evaluation of canine hyperadrenocorticism, using computed tomography. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 189(4), 432-439.

Encinosa, M., Oros, J., Ramírez, G., Jaber, J. R., Artiles, A., & Arencibia, A. (2019). Anatomic study of the elbow joint in a Bengal Tiger (*Panthera tigris tigris*) using magnetic resonance imaging and gross dissections. *Animals*. 9(12):1058.

Engelhorn, T., Eyupoglu, I. Y., Schwarz, M. A., Karolczak, M., Bruenner, H., Struffert, T., ... & Doerfler, A. (2009). In vivo micro-CT imaging of rat brain glioma: A comparison with 3 T MRI and histology. *Neuroscience Letters*, 458(1), 28-31.

Eom, K., Kwak, H., Kang, H., Park, S., Lee, H., Kang, H., ... & Lee, K. (2008). Virtual CT otoscopy of the middle ear and ossicles in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(6), 545-550.

Ertelt, K., Oevermann, A., Precht, C., Lauper, J., Henke, D., & Gorgas, D. (2016). Magnetic resonance imaging findings in small ruminants with brain disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(2), 162-169.

Espitia Mendoza, Ó. J., Mejía Melgarejo, Y. H., & Arguello, H. (2016). Tomografía computarizada: proceso de adquisición, tecnología y estado actual. *Tecnura*, 20(47), 119-135.

- Essman, S. C., Hoover, J. P., Bahr, R. J., Ritchey, J. W., & Watson, C. (2002). An intrathoracic malignant peripheral nerve sheath tumor in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(3), 255-259.
- Everest, S., Monteith, G., Gaitero, L., & Samarani, F. (2023). Suppression of inner ear signal intensity on fluid-attenuated inversion recovery magnetic resonance imaging in cats with vestibular disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 25(4), 1098612X231168001.
- Faillace, A. C. L., Vieira, K. R. A., & Santana, M. I. S. (2021). Computed tomographic and gross anatomy of the head of the blue-fronted Amazon parrot (*Amazona aestiva*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 50(1), 192-205.
- Fajardo, R. J., Hernandez, E., & O'Connor, P. M. (2007). Postcranial skeletal pneumaticity: a case study in the use of quantitative microCT to assess vertebral structure in birds. *Journal of Anatomy*, 211(1), 138-147.
- Falen SW, Szeverenyi NM, Packard DS Jr, Ruocco MJ (1991): Magnetic resonance imaging study of the structure of the yolk in the developing avian egg. *J Morphol*, 209, 331-342.
- Farha, A. H., da Silva, J. P., Bete, S. B. D. S., Mamprim, M. J., & Schimming, B. C. (2021). Computed tomography and cross-sectional anatomy of the head in the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 50(3), 614-624.
- Fatone, G., Brunetti, A., Lamagna, F., & Potena, A. (1995). Dermoid sinus and spinal malformations in a Yorkshire terrier: diagnosis and follow-up. *The Journal of Small Animal Practice*, 36(4), 178-180.
- Fazarinc, G., & Loriger, J. (1989). Pictorial representation of canine anatomy using computerized tomography (CT). *Zbornik Biotehniške Fakultete Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani, Veterinarstvo*, 26(1), 47-56.
- Feduccia, A. (1975). Aves osteology. In Sisson and Grossman's "The anatomy of the domestic animals." *W.B. Saunders Co., Philadelphia*.
- Feeney, D. A., Evers, P., Fletcher, T. F., Hardy, R. M., & Wallace, L. J. (1996). Computed tomography of the normal canine lumbosacral spine: a morphological perspective. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 37(6), 399-411.
- Feeney, D. A., Sharkey, L. C., Steward, S. M., et al. (2013). Parenchymal signal intensity in 3-T body MRI of dogs with hematopoietic neoplasia. *Comparative Medicine*, 63(2), 174–182.

- Fernanda de Assis, B. A., Torres, L. N., Pinto, A. C. B., Unruh, S. M., Matera, J. M., & Stopiglia, A. J. (2015). Tomography, radiography, and rhinoscopy in diagnosis of benign and malignant lesions affecting the nasal cavity and paranasal sinuses in dogs: Comparative study. *Topics in Companion Animal Medicine*, 30(2), 39-42.
- Fernandez, M., Boudreaux, B. B., Wilson, L., Moore, P. F., Rademacher, N., & Pucheu-Haston, C. (2020). Invasive histiocytoma in the ear canal of a dog. *Veterinary dermatology*, 31(4), 317-e80.
- Ferreira, A. J., Peleteiro, M. C., Correia, J. H., Jesus, S. O., & Goulao, A. (2005). Small-cell carcinoma of the lung resembling a brachial plexus tumor. *Journal of Small Animal Practice*, 46(6), 286-290.
- Ferrell, E. A., Gavin, P. R., Tucker, R. L., Sellon, D. C., & Hikes, M. (2002). Magnetic resonance for evaluation of neurologic disease in 12 horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(6), 510-516.
- Fields, E. L., Robertson, I. D., Osborne, J. A., & Brown Jr, J. C. (2012). Comparison of abdominal computed tomography and abdominal ultrasound in sedated dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(5), 513-517.
- Fife, W. D., Samii, V. F., Drost, W. T., Mattoon, J. S., & Hoshaw-Woodard, S. (2004). Comparison between malignant and nonmalignant splenic masses in dogs using contrast-enhanced computed tomography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(4), 289-297.
- Fife, W., Mattoon, J., Tod Drost, W., Groppe, D., & Wellman, M. (2003). Imaging features of a presumed carotid body tumor in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(3), 322-325.
- Fike, J. R., Lecouteur, R. A., & Cann, C. E. (1981a). Anatomy of the canine brain using high resolution computed tomography. *Veterinary Radiology*, 22(6), 236-243.
- Fike, J. R., Lecouteur, R. A., & Cann, C. E. (1984a). Anatomy of the canine orbital region multiplanar imaging by CT (computer tomography). *Veterinary Radiology*, 25(1), 32-42.
- Fil, J. E., Joung, S., Zimmerman, B. J., Sutton, B. P., & Dilger, R. N. (2021). High-resolution magnetic resonance imaging-based atlases for the young and adolescent domesticated pig (*Sus scrofa*). *Journal of Neuroscience Methods*, 354, 109107.

Finck, M., Ponce, F., Guilbaud, L., Chervier, C., Floch, F., Cadoré, J. L., ... & Hugonnard, M. (2015). Computed tomography or rhinoscopy as the first-line procedure for suspected nasal tumor: a pilot study. *The Canadian Veterinary Journal*, 56(2), 185.

Finkgraf, K. (1964). Ein Beitrag zur röntgenologischen Darstellung des Hundeschädels unter Berücksichtigung der Schichtuntersuchung. *Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Veterinärmedizinischen Fakultät der Karl-Marx Universität, Leipzig*.

Fischetti, A. J., & Kovak, J. (2008). Imaging diagnosis: azygous continuation of the caudal vena cava with and without portocaval shunting. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(6), 573-576.

Fitzpatrick, N., Caron, A., & Solano, M. A. (2013). Bi-oblique dynamic proximal ulnar osteotomy in dogs: reconstructed computed tomographic assessment of radioulnar congruence over 12 weeks. *Veterinary Surgery*, 42(6), 727-738.

Fitzpatrick, N., Garcia, T. C., Daryani, A., Bertran, J., Watari, S., & Hayashi, K. (2016). Micro-CT structural analysis of the Canine medial coronoid disease. *Veterinary Surgery*, 45(3), 336-346.

Fujita, M., Takaishi, Y., Nagae, H., Watanabe, N., Hasegawa, D., Taniguchi, A., & Orima, H. (2007). Osteopetrosis-like disease in a cat with respiratory distress. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 69(6), 687-690.

Fleming, G. J., Lester, N. V., Stevenson, R., & Silver, X. S. (2003). High field strength (4.7T) magnetic resonance imaging of hydrocephalus in an African Grey parrot (*Psittacus erithacus*). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(5), 542-545.

Fonseca-Matheus, J. M., Perez-Garcia, C. C., Ginja, M. M., et al. (2011). Contrast-enhanced dynamic magnetic resonance nephrography in healthy dogs. *Vet J*, 189(3), 341-5.

Font-i-Furnols M, Carabús A, Pomar C, Gispert M. (2015). Estimation of carcass and cuts composition from computed tomography images of growing live pigs of different genotypes. *Animal*, 9, 166-178.

Forterre, F., Kaiser, S., Garner, M., Stadie, B., Matiasek, K., Schmahl, W., & Brunnberg, L. (2006). Synovial cysts associated with cauda equina syndrome in two dogs. *Vet. Surg.*, 35(1), 30-33.

Fowler, P. A., Knight, C. H., & Foster, M. A. (1991). In-vivo magnetic resonance imaging studies of mammary gland development in non-pregnant goats treated with exogenous steroids. *J. Dairy Res.*, 58(2), 151-157.

Fowler, P. A., Knight, C. H., Cameron, G. G., & Foster, M. A. (1990). Use of magnetic resonance imaging in the study of goat mammary glands in vivo. *J. Reprod. Fertil.*, 89(1), 359-366.

Frame, E.M., Gufler, H., Henninger, W. and J. Gasteiner (2000). Diagnosis of atrophic rhinitis in a Simmental heifer by computed tomography. *The Veterinary Record*, 146 (19), 558-560.

Francis, K. A., Goggin, J. M., & Hoskinson, J. J. (2008). Imaging diagnosis-laryngeal collapse due to cricoid cartilage fracture. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(4), 360.

Frank, P., Mahaffey, M., Egger, C., & Cornell, K. K. (2003). Helical computed tomographic portography in ten normal dogs and ten dogs with a portosystemic shunt. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(4), 392-400.

French, J. M., Twedt, D. C., Rao, S., & Marolf, A. J. (2019). Computed tomographic angiography and ultrasonography in the diagnosis and evaluation of acute pancreatitis in dogs. *Journal of veterinary internal medicine*, 33(1), 79-88.

French, J. M., Twedt, D. C., Rao, S., & Marolf, A. J. (2020). CT angiographic changes in dogs with acute pancreatitis: A prospective longitudinal study. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 61(1), 33-39.

FUCHS, C., MEYER-LINDENBERG, A., TIPOLD, A., WOHLSEIN, P., ZANDER, S. and I. NOLTE, (2001). Primary intracranial neoplasms in dogs and one cat: clinical signs, computed tomography and pathomorphologic findings of eight cases. *Tierärztliche Praxis Ausgabe Kleintiere Heimtiere*, 29(2), 74-86.

Fuchs, C., Meyer-Ly, A., WyP. and I. Nolte, (2003). Computer tomographic characteristics of primary brain tumours in dogs and cats. *Berliner und Munchener Tierärztliche Wochenschrift*, 116(9-10), 436-442.

Fugazzotto, D., Devoti, C. C., Cassano, I. A., Teani, C., Berti, E., Brusati, M., & Zeira, O. (2022). Clinical and diagnostic imaging findings in a bengal tiger (*Panthera tigris tigris*) with cervical spondylomyelopathy: A case report. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 44.

Fukushima, K., Kanemoto, H., Ohno, K., Takahashi, M., Fujiwara, R., Nishimura, R., & Tsujimoto, H. (2014). Computed tomographic

morphology and clinical features of extrahepatic portosystemic shunts in 172 dogs in Japan. *The Veterinary Journal*, 199(3), 379-381.

Fukushima, K., Kanemoto, H., Ohno, K., Takahashi, M., Nakashima, K., Fujino, Y., ... & Tsujimoto, H. (2012). CT characteristics of primary hepatic mass lesions in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(3), 252-257.

Fumero-Hernández, M., Encinoso Quintana, M., Ramírez, A. S., Morales Fariña, I., Calabuig, P., & Jaber, J. R. (2023). Morphometric Study of the Eyeball of the Loggerhead Turtle (*Caretta caretta*) Using Computed Tomography (CT). *Animals*, 13(6), 1016.

Furtado, A. R. R., Caine, A., & Herrtage, M. E. (2014). Diagnostic value of MRI in dogs with inflammatory nasal disease. *Journal of Small Animal Practice*, 55(7), 359-363.

Galateanu, G., Aizenberg, I., Hildebrandt, T. B., & Apelt, D. (2011). Computed tomographic demonstration of central tarsal bone plantar process occult fracture in a dog. *The Veterinary Record*, 169(17), 442.

Gallastegui, A., Davies, E., Zwingenberger, A.L., Nykamp, S., Rishniw, M., & Johnson, P.J. (2019). MRI has limited agreement with CT in the evaluation of vertebral fractures of the canine trauma patient. *Vet Radiol Ultrasound*, 60(5), 533-542.

Gamble, K. C. (2007). Internal anatomy of the hornbill casque described by radiography, contrast radiography, and computed tomography. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 21(1), 38-49.

Garamvolgyi, R., Petrási, Z., Hevesi, A., et al. (2006). Magnetic resonance imaging technique for the examination of canine mammary tumors. *Acta Veterinaria Hungarica*, 54(2), 143-159.

García-Real, M. I. (2000). Estudio por resonancia magnética del abdomen y la pelvis en el gato: imagen normal y correlación anatómica. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid.

Gardner, N. M., Holliday, C. M., & O'Keefe, F. R. (2010). The braincase of *Youngina capensis* (Reptilia, Diapsida): New insights from high-resolution CT scanning of the holotype.

Garosi, L. S., Dennis, R., & Schwarz, T. (2003). Review of diagnostic imaging of ear diseases in dog and cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(2), 137-146.

- Garosi, L. S., Dennis, R., & Schwarz, T. (2003). Review of diagnostic imaging of ear diseases in the dog and cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(2), 137-146.
- Garosi, L., McConnell, J. F., Platt, S. R., Barone, G., Baron, J. C., De Lahunta, A., & Schatzberg, S. J. (2006). Clinical and topographic magnetic resonance characteristics of suspected brain infarction in 40 dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20(2), 311-321.
- Gascho, D., Hetzel, U., Schmid, N., Martinez, R. M., Thali, M. J., & Richter, H. (2020). Virtopsy of a gravid *Boa constrictor* using computed tomography and magnetic resonance imaging. *Veterinary and Animal Science*, 10, 100150.
- Gavrilas, E., Miro, F., Blanco, B., Lucena, R., Ginel, P. J., & Novales, M. (2016). Helical computed tomography-anatomy of the cat abdomen. *Bulletin UASVM Veterinary Medicine*, 73, 1.
- Gendler, A., Lewis, J. R., Reetz, J. A., & Schwarz, T. (2010). Computed tomographic features of oral squamous cell carcinoma in cats: 18 cases (2002–2008). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 236(3), 319-325.
- Genton, M., Vila, T., Olive, J., & Rossignol, F. (2019). Standing MRI for surgical planning of equine fracture repair. *Veterinary Surgery*, 48(8), 1372-1381.
- George, F., & Smallwood, J. (1992). Anatomic atlas for computed tomography in the mesaticephalic dog: head and neck. *Vet Radiol Ultrasound*, 33, 217–240.
- Gerlach, K., Cronau, M., McMullen, R., & Gerhards, H. (2007). Magnetic resonance imaging of melanomas in the head region of 3 horses. *Pferdeheilkunde*, 23(3), 259-262.
- Gerros, T.C., Mattoon, J.S. and S.P. Snyder (1998). Use of the computed tomography in the diagnosis of a cerebral abscess in a goat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 39 (4), 322-324.
- Ghaderi, S., & Goodarzi, N. (2023). Gross anatomy, computed tomography, magnetic resonance imaging and bone mineral densitometry of the ovine metacarpo/metatarsophalangeal joint. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 52(2), 241-253.
- Gielen, I. M., De Rycke, L. M., van Bree, H. J., & Simoens, P. J. (2001). Computed tomography of the tarsal joint in clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 62(12), 1911-1915.

Giles LR, Eamens GJ, Arthur PF, Barchia IM, James KJ, Taylor RD. (2008). Differential growth and development of pigs as assessed by X-ray computed tomography. *Journal of Animal Science*, 87, 1648-1658.

Gili, J. (1993). *Introducción Biofísica a la Resonancia Magnética*. Centre Diagnòstic Pedralbes, 5. Barcelona, España.

Giroux, A., Jones, J.C., Bohn, J.H., Duncan, R.B., Waldron, R.B., & Inzana, K.R. (2002). A new device for stereotactic CT-guided biopsy of the canine brain: design, construction, and needle placement accuracy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(3), 229-236.

Gjerlaug-Enger E, Kongsro J, Ødega J, Aass L, Vangen O. (2012). Genetic parameters between slaughter pig efficiency and growth rate of different body tissues estimated by computed tomography in live boars of Landrace and Duroc. *Animal*, 6, 9-18.

Glass, E. N., & Kent, M. (2002). The clinical examination for neuromuscular disease. *The Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice*, 32(1), 1-29.

Gnirs, K., Ruel, Y., Blot, S., Begon, D., Rault, D., Delisle, F., ... & Moissonnier, P. (2003). Spinal subarachnoid cysts in 13 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(4), 402-408.

Gnirs, K., Ruel, Y., Blot, S., Begon, D., Rault, D., Delisle, F., Boulouha, L., Colle, M. A., Carozzo, C., & Moissonnier, P. (2003). Spinal subarachnoid cysts in 13 dogs. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 44(4), 402-408.

Gold, S. J., Werpy, N. M., & Gutierrez-Nibeyro, S. D. (2017). Injuries of the sagittal groove of the proximal phalanx in warmblood horses detected with low-field magnetic resonance imaging: 19 cases (2007–2016). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 58(3), 344-353.

Goldman, L. W. (2007). *Principles of CT and CT technology*. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 35(3), 115-128.

Goldman, L. W. (2007). Principles of CT and CT technology. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 35(3), 115-128.

Goldman, L. W. (2008). Principles of CT: multislice CT. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 36(2), 57-68.

Gomes, E., Degueurce, C., Ruel, Y., et al. (2009). Anatomic study of cranial nerve emergence and associated skull foramina in cats using CT and MRI. *Vet Radiol Ultrasound*, 50, 398–403.

- Gomes, S. A., Targett, M., & Lowrie, M. (2020). Congenital external hydrocephalus in a dog. *Journal of Small Animal Practice*, 61(11), 710-713.
- Gomes, S. A., Targett, M., & Lowrie, M. (2022). Computed tomography features of discospondylitis in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 36(6), 2123-2131.
- Gomez, M., Freeman, L., Jones, J., Lanz, O., & Arnold, P. (2004). Computed tomographic anatomy of the canine cervical vertebral venous system. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(1), 29–37.
- Gómez, M., Freeman, L., Jones, J., Lanz, O., & Arnold, P. (2004). Computed tomographic anatomy of the canine cervical vertebral venous system. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(1), 29-37.
- Gómez, M., Jones, J., Broadstone, R., Inzana, K., & Freeman, L. (2005). Evaluation of the internal vertebral venous plexus, vertebral canal, dural sac, and vertebral body via nonselective computed tomographic venography in the cervical vertebral column in healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 66, 2039-2045.
- Gómez, M., Mieres, M., Gutiérrez, J. C., & Jones, J. C. (2012). CT myelography characteristics of spinal dysraphism in a young mixed breed dog. *Archivos de medicina veterinaria*, 44(2), 191-194.
- Gómez, M., Tadich, N., Mieres, M., Bustamante, H., Galecio, J., & Herve, M. (2007). Hallazgos de tomografía computarizada en coenurosis cerebral crónica con hidrocefalo secundario en una oveja joven. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 39(3), 281-285.
- Gonçalves, R., Hammond, G., & Penderis, J. (2008). Imaging diagnosis: erroneous localization of spinal arachnoid cyst. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(5), 460-463.
- Gonçalves, R., Malalana, F., McConnell, J. F., & Maddox, T. (2015). Anatomical study of cranial nerve emergence and skull foramina in the horse using magnetic resonance imaging and computed tomography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56(4), 391-397.
- Gonçalves, R., Platt, S. R., Llabrés-Díaz, F. J., Rogers, K. H., de Stefani, A., Matiasek, L. A., & Adams, V. J. (2009). Clinical and magnetic resonance imaging findings in 92 cats with clinical signs of spinal cord disease.
- González Rico, J., Delabat, R., & Muñoz, C. (1996). *Tecnología radiológica*. Paraninfo, Madrid.

González Rodríguez, E., Encinosa Quintana, M., Morales Bordon, D., Garcés, J. G., Artilés Nuez, H., & Jaber, J. R. (2023). Anatomical description of Rhinoceros Iguana (*Cyclura cornuta cornuta*) head by computed tomography, magnetic resonance imaging and gross-sections. *Animals*, 13(6), 955.

González-Romano, N., Arencibia, A., Espinosa de los Monteros, A., Rodríguez, E., Rivero, M. A., Vázquez, J. M., Capote, J., & Jaber, J. R. (1999). Anatomical evaluation of the caprine mammary gland by computed tomography, radiology and histology. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 29(8), 25-30.

Gonzalo-Orden, J. M., Altónaga, J. R., Diez, A., Gonzalo, J. M., & Orden, M. A. (2000b). Correlation between MRI, computed tomographic findings, and clinical signs in a case of ovine coenurosis. *The Veterinary Record*, 146(12), 352.

Gonzalo-Orden, J.M., Altonaga, J.R., Asuncion Orden, M., Gonzalo, J.M. (2000a). Magnetic resonance, computed tomographic and radiologic findings in a dog with discospondylitis. *Vet Radiol Ultrasound*. 41(2): 142-144.

Gonzalo-Orden, J.M., Diez, A., Altonaga, J.R., Gonzalo, J.M. and M.A. Orden (1999). Computed tomographic findings in ovine coenurosis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 40 (5), 441-444.

Goodchild, W.M. (1956). Biological aspects of the urinary system of *Gallus domesticus* with particular reference to the anatomy of the ureter. M. Sc. *Thesis*. England, University of Bristol.

Gordon, P. J., & Dennis, R. (1995). Magnetic resonance imaging for the antemortem diagnosis of cerebellar hypoplasia in a Holstein calf. *Veterinary Record*, 137(26), 671-672.

Gorra, M., Burk, R. L., Greenlee, P., & Weeren, F. R. (2002). Osteoid osteoma in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(1), 28-30.

Gotthelf, L. N. (2004). Diagnosis and treatment of otitis media in dogs and cats. *The Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice*, 34(2), 469-487.

Gough, S. L., Anderson, J. D., & Dixon, J. J. (2020). Computed tomographic cervical myelography in horses: Technique and findings in 51 clinical cases. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(5), 2142-2151.

- Graham JE, Werner JA, Lowestine LJ, Wallack, ST, Tell LA (2003): Periorbital liposarcoma in an African grey parrot (*Psittacus erithacus*). *J Avian Med Surg*, 17, 147-153.
- Graham, J. P., Roberts, G. D., & Newell, S. M. (2000). Dynamic magnetic resonance imaging of the normal canine pituitary gland. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 41(1), 35-40.
- Grahn BH, Stewart WA, Towner RA, Noseworthy MD. (1993). Magnetic resonance imaging of the canine and feline eye, orbit, and optic nerves and its application. *Can Vet J*. 34: 418–24.
- Granger, L. A., Armbrust, L. J., Rankin, D. C., Ghering, R., Bello, N. M., & Alexander, K. (2012). Estimation of glomerular filtration rate in healthy cats using single-slice dynamic CT and patlak plot analysis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(2), 181-188.
- Granger, N., Hidalgo, A., Leperlier, D., Gnirs, K., Thibaud, J.L., Delisle, F., & Blot, S. (2007). Successful treatment of cervical spinal epidural empyema secondary to grass awn migration in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 9(4), 340-345.
- Gray-Edwards, H. L., Salibi, N., Josephson, E. M., Hudson, J. A., Cox, N. R., Randle, A. N., ... & Martin, D. R. (2014). High resolution MRI anatomy of the cat brain at 3 Tesla. *Journal of neuroscience methods*, 227, 10-17.
- Green, T. L., & Gignac, P. M. (2021). Osteological description of casque ontogeny in the southern cassowary (*Casuarius casuarius*) using micro-CT imaging. *The Anatomical Record*, 304, 461–479.
- Grosset, C., Guzman, D. S. M., Keating, M. K., Gaffney, P. M., Lowenstine, L., Zwingenberger, A., ... & Hawkins, M. G. (2014). Central vestibular disease in a blue and gold macaw (*Ara ararauna*) with cerebral infarction and hemorrhage. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 28(2), 132-142.
- Gross-Tsubery, R. U. T. H., Chai, O., Shilo, Y., Miara, L., Horowitz, I. H., Shmueli, A., ... & Shamir, M. H. (2010). Computed tomographic analysis of calvarial hyperostosis in captive lions. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(1), 34-38.
- Groth, A. M., Benigni, L., Moores, A. P., & Lamb, C. R. (2009). Spectrum of computed tomographic findings in 58 canine elbows with fragmentation of the medial coronoid process. *Journal of Small Animal Practice*, 50(1), 15-22.

Grover, V. P., Tognarelli, J. M., Crossey, M. M., Cox, I. J., Taylor-Robinson, S. D., & McPhail, M. J. (2015). Magnetic resonance imaging: principles and techniques: lessons for clinicians. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*, 5(3), 246-255.

Gruber, A., Leschnik, M., Kneissl, S., & Schmidt, P. (2006). Gliomatosis cerebri in a dog. *Journal of Veterinary Medicine A: Physiology, Pathology, Clinical Medicine*, 53(8), 435-438.

Grunkemeyer VL, Jones MP, Greenacre CB, et al. (2010). Humeral air sac cystadenocarcinoma in a Moluccan cockatoo (*Cacatua moluccensis*) monitored via serial 18F-fluorodeoxy glucose integrated positron emission tomography-computed tomography scans. *Proc Annu Conf Assoc Avian Vet*, 343.

Guglielmini, C., De Simone, A., Valbonetti, L., & Diana, A. (2007). Intermittent cranial lung herniation in two dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 48(3), 227-229.

Gumpenberger M, Henninger W. (2001). The use of computed tomography in avian and reptile medicine. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 10, 174–180.

Gumpenberger M, Kolm G. (2006). Ultrasonographic and computed tomographic examinations of the avian eye: physiologic appearance, pathologic findings, and comparative biometric measurement. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(5), 492–502.

Gumpenberger M, Scope A. (2014). CT diagnoses in avians suffering from upper respiratory tract disease. *Proceedings of EVDI Annual Conference, Utrecht, The Netherlands, 27–30, p58*.

Gumpenberger M. (2011). Chapter 49: Avian. In: Schwarz T, Saunders J (eds). *Veterinary Computed Tomography*. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, 517–532.

Gumpenberger, M., Hochwartner, O., & Loupal, G. (2004). Diagnostic imaging of a renal adenoma in a red oscar (*Astronotus ocellatus* Cuvier, 1829). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(2), 139-142.

Gunst, S., Del Chicca, F., Fürst, A. E., et al. (2016). Central tarsal bone fractures in horses not used for racing: computed tomographic configuration and long-term outcome of lag screw fixation. *Equine Veterinary Journal*, 48(5), 585–589.

Günther, C., Beckmann, K. M., & Steffen, F. (2020). Formation of a meningoencephalocele after removal of a frontal lobe meningioma in a

cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, 6(2), 2055116920957195.

Gunther-Harrington, C. T., Phillips, K. L., Visser, L. C., Fousse, S. L., & Stern, J. A. (2019). Non-electrocardiographic-gated computed tomographic angiography can be used to diagnose coronary artery anomalies in bulldogs with pulmonary valve stenosis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 60(1), 38-46.

Gunturkun O., Verhoye M., De Groof G., Van der Linden A. (2012). A 3-Dimensional Digital Atlas of the Ascending Sensory and the Descending Motor Systems in the Pigeon Brain. *Brain Struct Funct.*, 218(1), 269-81. doi: 10.1007/s00429-012-0400-y. Epub 2012 Feb 25.

Gygi, M., Kathmann, I., Konar, M., Rottenberg, S., & Meylan, M. (2004). Paraparesis in a dwarf goat: clarification by means of magnetic resonance imaging. *Schweiz Arch. Tierheilkd.*, 146(11), 523-528.

Haacke, E. M., Brown, R. W., Thompson, M. R., & Venkatesen, R. (1999). *Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design*. New York, NY: Wiley-Blackwell.

Habib, C. A., Utriainen, D., Peduzzi-Nelson, J., Dawe, E., Mattei, J., Latif, Z., ... & Haacke, E. M. (2013). MR imaging of the yucatan pig head and neck vasculature. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 38(3), 641-649.

Hadden, P. W., Gerneke, D. A., McGhee, C. N. J., & Zhang, J. (2020). Micro-computed tomography orbital anatomy of the little blue or fairy penguin, *Eudyptula minor*. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 48, 130–131.

Hadden, P. W., Ober, W. C., Gerneke, D. A., Thomas, D., Scadeng, M., McGhee, C. N., & Zhang, J. (2022). Micro-CT guided illustration of the head anatomy of penguins (Aves: Sphenisciformes: Spheniscidae). *Journal of Morphology*, 283(6), 827-851.

Hagag, U., & Tawfik, M. G. (2018). Ultrasonography, computed tomography and magnetic resonance imaging of the bovine metacarpo/metatarsophalangeal joint. *The Veterinary Journal*, 233, 66-75.

Hagag, U., Nahas, A. E., Almohamad, Z. A., Brehm, W., & Gerlach, K. (2022). 3T Magnetic resonance imaging and computed tomography of the bovine carpus. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 236.

- Hagag, U., Nahas, A. E., Almohamad, Z. A., Brehm, W., & Gerlach, K. (2022). 3T Magnetic resonance imaging and computed tomography of the bovine carpus. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 236.
- Hahn, H., Specchi, S., Masseur, I., Reiner, C., Bencheikroun, G., Rechy, J., ... & Pey, P. (2018). The computed tomographic “tree-in-bud” pattern: Characterization and comparison with radiographic and clinical findings in 36 cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 59(1), 32-42.
- Hall, E. H. (1927). *Photo-Electric Emission, Thermionic Emission and Peltier Effect: (From the Point of View of Dual Electric Conduction)*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 13(2), 43-46.
- Hammer, A. S., Couto, C. G., Getzy, D., & Hunter, W. (1990). Magnetic resonance imaging in a dog with a choroid plexus carcinoma. *Journal of Small Animal Practice*, 31, 341-344.
- Hammond, E., Newell Jr, J. D., Dilger, S. K., Stoyles, N., Morgan, J., Sieren, J. P., ... & Sieren, J. C. (2016). Computed tomography and magnetic resonance imaging for longitudinal characterization of lung structure changes in a Yucatan miniature pig silicosis model. *Toxicologic Pathology*, 44(3), 373-381.
- Hammond, T. N., & Regan, J. (2008). Imaging diagnosis-intra-abdominal necrotic lipoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(4), 365-367.
- Hamond, M. A. (1977). Atlas de la tête du chien: Coupes serieés, radio-anatomie et tomographies. *Th. Doct. Méd. Vét., Toulouse*.
- Han, S., Cheon, H., Cho, H., Kim, J., Kang, J. H., Yang, M. P., ... & Chang, D. (2008). Evaluation of partial cranial cruciate ligament rupture with positive contrast computed tomographic arthrography in dogs. *Journal of Veterinary Science*, 9(4), 395-400.
- Hanel, R. M., Graham, J. P., Levy, J. K., Buergelt, C. D., & Creamer, J. (2004). Generalized osteosclerosis in a cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(4), 318-324.
- Hanot, E. M., Cherubini, G. B., Marçal, V. C., & Caine, A. (2021). MRI features of solitary vertebral masses in dogs: 20 cases (2010–2019). *Journal of the American Animal Hospital Association*, 57(4), 189-198.
- Hansen, G., Crooks, L.E., Davis, P., De Groot, J., Herfkens, R., Margulis, A.R., Gooding, C., Kaufman, L., & Hoenninger, J. (1980) In vivo imaging of the rat anatomy with nuclear magnetic resonance. *Radiology*. 136(3):695-700.

- Hansen, S.C., Bacek, L.M., Kuo, K.W., & Taylor, A.R. (2019). Traumatic atlantoaxial subluxation in dogs: 8 cases (2009–2016). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 29(3), 301-308.
- Hara, Y., Tagawa, M., Ejima, H., Orima, H., & Fujita, M. (1994). Usefulness of computer tomography after myelography for surgery on dogs with cervical intervertebral disc protrusion. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 56(4), 791-794.
- Harran, N. X., Bradley, K. J., Hetzel, N., Bowlt, K. L., Day, M. J., & Barr, F. (2012). MRI findings of a middle ear cholesteatoma in a dog. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 48(5), 339-343.
- Harris, J. M., Chen, A. V., Tucker, R. L., & Mattoon, J. S. (2013). Clinical features and magnetic resonance imaging characteristics of diskospondylitis in dogs: 23 cases (1997–2010). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 242(3), 359-365.
- Hartl, B., Egerbacher, M., & Kneissl, S. M. (2021). Correlated Imaging of the Equine Hyoid Apparatus Using CT, Micro-CT, and Histology. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 652563.
- Hartley, M. P., Kirberger, R. M., Haagenson, M., & Sweers, L. (2005). Diagnosis of suspected hypovitaminosis A using magnetic resonance imaging in African lions (*Panthera leo*). *Journal of the South African Veterinary Association*, 76(3), 132-137.
- Hartmann, K., Düver, P., Kaiser, S., Fischer, C., & Forterre, F. (2020). CT-scan based evaluation of dorsal-to-ventral ratios of paraspinal musculature in chondrodystrophic and non-chondrodystrophic dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 577394.
- Hathcock, J. T. (1996). Low-field magnetic resonance imaging characteristics of cranial vault meningiomas in 13 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 37, 257-263.
- Hathcock, J. T., & Newton, J. C. (2000). Computed tomographic characteristics of multilobular tumor of bone involving the cranium in 7 dogs and zygomatic arch in 2 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(3), 214-217.
- Hattersley, R. D., Trevail, T., & Comerford, E. J. (2011). Computed tomographic findings and treatment of an unusual fracture of the proximal ulna in a mature dog. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 24(2), 161-164.

- Häußler, T. C., von Pückler, K. H., Thiel, C., Enderlein, S., Failing, K., Ondreka, N., ... & Schmidt, M. J. (2018). Measurement of the normal feline pituitary gland in brachycephalic and mesocephalic cats. *Journal of feline medicine and surgery*, 20(6), 578-586.
- Hayasaka, N., Nagai, N., Kawao, N., Niwa, A., Yoshioka, Y., Mori, Y., ... & Murakami, T. (2012). In vivo diagnostic imaging using micro-CT: sequential and comparative evaluation of rodent models for hepatic/brain ischemia and stroke. *PloS One*, 7(2), e32342.
- Hayashi, N., Watanabe, Y., Masumoto, T., Mori, H., Aoki, S., Ohtomo, K., ... & Takahashi, T. (2004). Utilization of low-field MR scanners. *Magnetic resonance in medical sciences*, 3(1), 27-38.
- Head LL, Daniel GB, Becker TJ, et al: Use of computed tomography and radiolabeled leukocytes in a cat with pancreatitis, *Vet Radiol Ultrasound*, 46(4), 263–266, 2005.
- Head, L. L., Daniel, G. B., Tobias, K., Morandi, F., Denovo, R. C., & Donnell, R. (2003). Evaluation of the feline pancreas using computed tomography and radiolabeled leukocytes. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(4), 420-428.
- Hebel, M., Panek, W. K., Ruszkowski, J. J., Nabzdyk, M., Niedzielski, D., Pituch, K. C., ... & Pomorska-Mól, M. (2021). Computed tomography findings in a cohort of 169 dogs with elbow dysplasia-a retrospective study. *BMC Veterinary Research*, 17(1), 1-12.
- Hecht, S., & Adams, W. H. (2010). MRI of brain disease in veterinary patients part 2: acquired brain disorders. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 40(1), 39-63.
- Hecht, S., Huerta, M. M., & Reed, R. B. (2014). Magnetic resonance imaging (MRI) spinal cord and canal measurements in normal dogs. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 43(1), 36-41.
- Hecht, S., Thomas, W.B., Marioni-Henry, K., Echandi, R.L., Matthews A.R., Adams, W.H. (2009). Myelography vs. computed tomography in the evaluation of acute thoracolumbar intervertebral disk extrusion in chondrodystrophic dogs. *Vet Radiol Ultrasound*.
- Heilmann, M., Neudecker, S., Wolf, I., Gubhaju, L., Sticht, C., Schock-Kusch, D., ... & Gretz, N. (2012). Quantification of glomerular number and size distribution in normal rat kidneys using magnetic resonance imaging. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 27(1):100-107.

Hendrick, R. E. (2008). *Breast MRI: Fundamentals and Technical Aspects* (Vol. 2). New York: Springer.

Heng, H.G., Lim, C.K., Gutierrez-Crespo, B., & Guptill, L.F. (2018). Radiographic and computed tomographic appearance of tracheal collapse with axial rotation in four dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 59(1), 53-58.

Henjes, C. R., Nolte, I., & Wefstaedt, P. (2011). Multidetector-row computed tomography of thoracic aortic anomalies in dogs and cats: patent ductus arteriosus and vascular rings. *BMC Veterinary Research*, 7(1), 1-9.

Henninger, W. (2003). Use of computed tomography in the diseased feline thorax. *Journal of Small Animal Practice*, 44(2), 56-64.

Henninger, W., & Hittmair, K. (1994). CT and ultrasonographic diagnosis of canine hydrocephalus. *Veterinary Quarterly*, 16(sup1), 59-59.

Heo, J., Constable, P., & Naughton, J. (2012). Dynamic secretin-enhanced magnetic resonance cholangiopancreatography and pancreatic ultrasonography in normal dogs. *Proceedings of the American College of Veterinary Radiology, Annual Scientific Meeting*, 105.

Hermena, S., & Young, M. (2021). *CT-scan Image Production Procedures*.

Hernández, L. C., López-Muñiz, A., & Fernández-Hidalgo, J. M. (1997). *Anatomía humana en el diagnóstico por la imagen*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.

Hernández, R., Rodríguez, A., Salgado, P., & Barrios, F. A. (2003). Concentric dual-loop RF coil for magnetic resonance imaging. *Revista Mexicana de Física*, 49(2), 107-114.

Hernández-Guerra, A.M., López-Murcia, M.M., Planells, A., Corpa, J.M. and F. Liste, (2007). Computed tomographic diagnosis of unilateral cavernous sinus syndrome caused by a chondrosarcoma in a dog: a case report. *The Veterinary Journal*, 174(1), 206-208.

Herzig, R., Wang-Leandro, A., Steffen, F., Matiasek, K., & Beckmann, K. M. (2021). Imaging and histopathologic features of reversible nerve root and peripheral nerve edema secondary to disc herniation in a cat. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35(3), 1566-1572.

Hevesi, A., Stanek, C. H., Garamvolgyi, R., Petrasi, Z., Bogner, P., & Repa, L. (2004). Comparison of the navicular region of newborn foals

and adult horses by magnetic resonance imaging. *Journal of Veterinary Medicine. A, Physiology, Pathology, Clinical Medicine*, 51(3), 143-149.

Hilton, H., Puchalski, S. M., & Aleman, M. (2009). The computed tomographic appearance of equine temporohyoid osteoarthropathy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(2), 151-156.

Ho, J. C., Chen, H. W., Lin, C. H., & Hu, K. C. (2019). Fluid colour sign on chest ultrasonography in a cat with exudate pleural effusion and pleuropneumonia. *The Journal of Small Animal Practice*, 60(8), 518.

Hobbs, K. J., Porter, E., Wait, C., Dark, M., & MacKay, R. J. (2022). Magnetic resonance imaging of the normal equine pituitary gland. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 63(4), 450-455.

Hoey, S. E., Heder, B. L., Hetzel, S. J., & Waller, K. R. (2016). Use of computed tomography for measurement of kidneys in dogs without renal disease. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 248(3), 282-287.

Hofer, M. (2001). *Manual práctico de TC. Introducción a la TC* (3ª ed.). Médica Panamericana, Madrid.

Hofer, M. Aplicación de medios de contraste. En: *Hofer M, editor. Manual práctico de TC: introducción a la TC*. Madrid: Panamericana; 2008. p. 19-21.

Hoffman, E. A., Tajik, J. K., & Kugelmass, S. D. (1995). Matching pulmonary structure and perfusion via combined dynamic multislice CT and thin-slice high-resolution CT. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 19(1), 101-112.

Hogers, B., van der Weerd, L., Olofsen, H., van der Graaf, L. M., DeRuiter, M. C., Groot, A. C. G. D., & Poelmann, R. E. (2009). Non-invasive tracking of avian development in vivo by MRI. *NMR in Biomedicine: An International Journal Devoted to the Development and Application of Magnetic Resonance In vivo*, 22(4), 365-373.

Höim, S. E., Fitzgerald, E., Mapletoft, E., & Purzycka, K. (2023). Computed tomographic findings in dogs with multiple myeloma. *Veterinary Medicine and Science*, 9(2), 660-669.

Holle, H. M., Ghilagaber, G., & Drees, R. (2023). Evaluation of the normal gastrointestinal tract in cats using dual-phase computed tomography. *Journal of Small Animal Practice*.

Holliday CM, Ridgely RC, Balanoff AM, Witmer LM. (2006). Cephalic vascular anatomy in flamingos (*Phoenicopterus ruber*) based on novel

vascular injection and computed tomographic imaging analyses. *Anatomical Record A*, 288, 1031-1041.

Hollis, A. R., Dixon, J. J., Berlato, D., Murray, R., & Weller, R. (2019). Computed tomographic dimensions of the normal adult equine eye. *Veterinary Ophthalmology*, 22(5), 651-659.

Holloway, A., Dennis, R., McCONNELL, F. R. A. S. E. R., & Herrtage, M. (2009). Magnetic resonance imaging features of paraspinal infection in the dog and cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(3), 285-291.

Hontoir, F., Nisolle, J. F., Meurisse, H., Simon, V., Tallier, M., Vanderstricht, R., ... & Vandeweerd, J. M. (2014). A comparison of 3-T magnetic resonance imaging and computed tomography arthrography to identify structural cartilage defects of the fetlock joint in the horse. *The Veterinary Journal*, 199(1), 115-122.

Hori, A., Suzuki, K., Koiwa, M., Miyoshi, K., & Nakade, T. (2019). Low-field magnetic resonance imaging and computed tomography of a calf with aqueductal stenosis caused by web: comparison with normal calves. *Journal of Veterinary Medical Science*, 81, 42–47. doi: 10.1292/jvms.18-0020.

Hoskinson, J. J. (1993). Imaging techniques in the diagnosis of middle ear disease. *Seminars in Veterinary Medicine and Surgery Small Animal*, 8(1), 10-16.

Hounsfield, G. N. (1973). Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. *The British journal of radiology*, 46(552), 1016-1022.

Hounsfield, G. N. (1979). Computed medical imaging. Nobel lecture, December 8, 1979. *J Comput Assist Tomogr*, 4(5), 665-674.

Hounsfield, G. N. (1980). Computed medical imaging. *Science*, 210(4465), 22-28.

Hsieh, J. (2003). *Computed tomography: principles, design, artifacts, and recent advances*. (2nd Ed). Wiley Interscience. Washington.

Hua, N., Minaeva, O., Lupoli, N., Franz, E. S., Liu, X., Moncaster, J. A., ... & Goldstein, L. E. (2023). Gadolinium Deposition in the Rat Brain Measured with Quantitative MRI versus Elemental Mass Spectrometry. *Radiology*. 306(1):244-251.

Hughes, J. R., Szladovits, B., & Drees, R. (2019). Abdominal CT evaluation of the liver and spleen for staging mast cell tumors in dogs

yields nonspecific results. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 60(3), 306-315.

Huizing, X., Sparkes, A., & Dennis, R. (2017). Shape of the feline cerebellum and occipital bone related to breed on MRI of 200 cats. *Journal of feline medicine and surgery*, 19(10), 1065-1072.

Hunter, B. G., Huber, M. J., & Nemanic, S. (2016). The use of computed tomography to diagnose bilateral forelimb tendon pathology in a horse with unilateral lameness. *Equine Veterinary Education*, 28(8), 439-443.

Hwang, J., Kang, S., Seok, S., Ahmed, S., Jeong, D. H., & Yeon, S. (2021). Imaging characteristics of the eyes of cinereous vulture (*Aegypius monachus*): morphology and comparative biometric measurement. *Journal of Veterinary Medical Science*, 83(8), 1330-1337.

Im, C. G., Kim, A. R., Han, C., Hwang, G., Kim, R., An, S., ... & Lee, H. C. (2020). Characteristics of Magnetic Resonance Imaging Findings in 32 Dogs Diagnosed with Meningoencephalitis of Unknown Etiology. *Journal of veterinary clinics*, 37(5), 255-260.

Ioannidis, M., Tanaka, M., Yasui, S., Kezuka, C., Oyamada, M., Hasegawa, T., ... & Kuwamura, M. (2019). Late onset of cerebellar cortical degeneration in a Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*). *Journal of Veterinary Medical Science*, 81(5), 750-752.

Iseri T, Yamada K, Chijiwa K, et al: Dynamic computed tomography of the pancreas in normal dogs and in a dog with pancreatic insulinoma, *Vet Radiol Ultrasound*, 48(4), 328–331, 2007.

Isolabella, D., & Polito, P. (2008). *Farmacología para Licenciados en Producción de Bioimágenes*. Buenos Aires: Journal; 280.

Israel, S. K., Levine, J. M., Kerwin, S. C., Levine, G. J., & Fosgate, G. T. (2009). The relative sensitivity of computed tomography and myelography for identification of thoracolumbar intervertebral disk herniations in dogs. *Veterinary radiology & ultrasound*, 50(3), 247-252.

Ito, D., Matsunaga, S., Jeffery, N. D., Sasaki, N., Nishimura, R., Mochizuki, M., Kasahara, M., Fujiwara, R., & Ogawa, H. (2005). Prognostic value of magnetic resonance imaging in dogs with paraplegia caused by thoracolumbar intervertebral disk extrusion: 77 cases (2000-2003). *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 227(9), 1454-1460.

Ivan D, Ohlerth S, Richter H, Verdino D, Rampazzoz A, Pot S. (2022). 3T high-resolution magnetic resonance imaging, conventional

ultrasonography and ultrasound biomicroscopy of the normal canine eye. *BMC Vet Res.* (2022) 18:67–13.

Ivančić, M., Solano, M., & Smith, C. R. (2014). Computed Tomography and Cross-Sectional Anatomy of the Thorax of the Live Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*). *The Anatomical Record*, 297(5), 901-915.

Iwamoto, K. S., Norman, A., Freshwater, D. B., Ingram, M., & Skillen, R. G. (1993). Diagnosis and treatment of spontaneous canine brain tumors with a CT scanner. *Radiotherapy and Oncology*, 26(1), 76-78.

Iwasaki, R., Mori, T., Ito, Y., Kawabe, M., Murakami, M., & Maruo, K. (2016). Computed tomographic evaluation of presumptively normal canine sternal lymph nodes. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 52(6), 371-377.

Iwasaki, R., Murakami, M., Kawabe, M., Heishima, K., Sakai, H., & Mori, T. (2018). Metastatic diagnosis of canine sternal lymph nodes using computed tomography characteristics: A retrospective cross-sectional study. *Veterinary and Comparative Oncology*, 16(1), 140-147.

Jaeger JQ, Mattoon JS, Bateman SW, et al: Combined use of ultrasonography and contrast-enhanced computed tomography to evaluate acute necrotizing pancreatitis in two dogs, *Vet Radiol Ultrasound*, 44(1), 72–79, 2003.

Jakesova, V., Konar, M., Gerber, V., Brachelente, C., Howard, J., & Tessier, C. (2008). Magnetic resonance imaging features of an extranodal T cell rich B cell lymphoma in the pharyngeal mucosa in a horse. *Equine veterinary education*, 20(6), 289-293.

James, D. R., Collins, D., Johnson, P. J., & Marchevsky, A. M. (2015). Chronic urinary bladder torsion causing urinary incontinence in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, 1(2), 2055116915603384.

Janach, K.J., Breit, S.M., & Kunzel, W.W. (2006). Assessment of the geometry of the cubital (elbow) joint of dogs by use of magnetic resonance imaging. *Am. J. Vet. Res.* 67(2): 211-218.

Jang, J., Choi, H., Lee, Y., Lee, K., Choi, Y., Park, I., & Choi, S. (2022). Pancreatic adenocarcinoma with atypical imaging features mimicking chronic pancreatitis in a dog. *Veterinární medicína*, 67(9), 487-491.

Jang, S., Lee, S., & Choi, J. (2022). CT imaging features of fat stranding in cats and dogs with abdominal disorder. *Journal of Veterinary Science*, 23(6).

- Jang, Y., Lee, E., Lee, S. K., Je, H., Jung, J. W., Jang, S., ... & Choi, J. (2021). Radiographic assessment of splenic size and correlation with splenic measurements estimated by use of computed tomography in healthy cats. *American Journal of Veterinary Research*, 82(7), 546-553.
- Jani, J., Breyssem, L., Maes, F., Boulvain, M., Roubliova, X., Lewi, L., ... & Deprest, J. (2005). Accuracy of magnetic resonance imaging for measuring fetal sheep lungs and other organs. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology: The Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 25(3), 270-276.
- Jania, R. A., Kinney, M. E., & Granger, L. A. (2021). Contrast-enhanced computed tomographic findings of apparently clinically normal cheetah (*Acinonyx jubatus*) livers. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 52(1), 320-326.
- Jaschke, W., Lipton, M. J., Boyd, D. P., Cann, C., Strauss, L., & Sievers, R. S. (1985). Attenuation changes of the normal and ischemic canine kidney. Dynamic CT scanning after intravenous contrast medium bolus. *Acta Radiologica: Diagnosis (Stockh)*, 26(3), 321-330.
- Jenkins, J. R. (1991). Use of computed tomography (CT) in pet bird practice. In *Proc Annu Conf Assoc Avian Vet* (pp. 276-279).
- Ji, Y., Cho, H., Seon, S., Lee, K., & Yoon, H. (2022). A deep learning model for CT-based kidney volume determination in dogs and normal reference definition. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1011804.
- Jirak, D., Janacek, J., & Kear, B. P. (2015). A combined MR and CT study for precise quantitative analysis of the avian brain. *Scientific Reports*, 5(1), 16002.
- Johnson, G. A., Thompson, M. B., & Drayer, B. P. (1987). Three-dimensional MRI microscopy of the normal rat brain. *Magnetic resonance in medicine*. 4(4):351-365.
- Johnson, P. J., Elders, R., Pey, P., & Dennis, R. (2016). Clinical and magnetic resonance imaging features of inflammatory versus neoplastic medial retropharyngeal lymph node mass lesions in dogs and cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(1), 24-32.
- Johnson, P., Beltran, E., Dennis, R., & Taeymans, O. (2012). Magnetic resonance imaging characteristics of suspected vertebral instability associated with fracture or subluxation in eleven dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(5), 552-559.

Johnson, R. P., Neer, T. M., Partington, B. P., Cho, D. Y., & Partington, C. R. (2001). Familial cerebellar ataxia with hydrocephalus in bull mastiffs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 42(3), 246-249.

Jones, A. R., Ragle, C. A., Mattoon, J. S., & Sanz, M. G. (2019). Use of non-contrast-enhanced computed tomography to identify deep digital flexor tendinopathy in horses with lameness: 28 cases (2014–2016). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 254(7), 852-858.

Jones, J. C., Cartee, R. E., & Bartels, J. E. (1995a). Computed tomographic anatomy of the canine lumbosacral spine. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 36(2), 91-99.

Jones, J. C., Wilson, M. E., & Bartels, J. E. (1994). A review of high resolution computed tomography and a proposed technique for regional examination of the canine lumbosacral spine. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 35(5), 339-346.

Jones, J. C., Wright, J. C., & Bartels, J. E. (1995b). Computed tomographic morphometry of the lumbosacral spine of the dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 56(9), 1125-1132.

Jones, J.C., Banfield, C.M., Ward, D.L. (2000). Association between postoperative outcome and results of magnetic resonance imaging and computed tomography in working dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *J Am Vet Med Assoc*, 216, 1769–1774.

Jones, J.C., Sorjonen, D.C., Simpson, S.T., Coates, J.R., Lenz, S.D., Hathcock, J.T., et al. (1996). Comparison between computed tomographic and surgical findings in nine large-breed dogs with lumbosacral stenosis. *Vet Radiol Ultrasound*, 37, 247–256.

Jones, M. E., Button, D. J., Barrett, P. M., & Porro, L. B. (2019). Digital dissection of the head of the rock dove (*Columba livia*) using contrast-enhanced computed tomography. *Zoological Letters*, 5, 17.

Joslyn, S.K., Witte, P.G., & Scott, H.W. (2010). Delayed spinal cord injury following microchip placement in a dog. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 23(3), 214-217.

Jung, Y., Jeong, E., Park, S., Jeong, J., Choi, U. S., Kim, M. S., ... & Lee, K. (2016). Diagnostic imaging features of normal anal sacs in dogs and cats. *Journal of Veterinary Science*, 17(3), 331-335.

Junker C., Hoppe T., Horstmann W., Gerhards H., & Matiasek K. (2002). Studies on head and collum of the horse by means of magnetic

resonance imaging with case reports. *Pferdeheilkunde*, 18(4), 351-352, 354-358.

Kafka UC, Carstens A, Steenkamp G, et al. (2004). Diagnostic value of magnetic resonance imaging and computed tomography for oral masses in dogs. *J S Afr Vet Assoc*, 75, 163–168.

Kaiser, S. M., Harms, O., Konar, M., Staudacher, A., Langer, A., Thiel, C., ... & von Pückler, K. H. (2016). Clinical, radiographic, and magnetic resonance imaging findings of gastrocnemius musculotendinopathy in various dog breeds. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 29(06), 515-521.

Kaiser, S., Cornely, D., Golder, W., Garner, M., Waibl, H., & Brunberg, L. (2001). Magnetic resonance measurements of the deviation of the angle of force generated by contraction of the quadriceps muscle in dogs with congenital patellar luxation. *Veterinary Surgery*, 30(6), 552-558.

Kalender, W. A. (2006). X-ray computed tomography. *Physics in Medicine & Biology*, 51(13), R29.

Kalender, W. A., Seissler, W., Klotz, E., & Vock, P. (1990). Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. *Radiology*, 176(1), 181-183.

Kaminsky, J., Bienert-Zeit, A., Hellige, M., Rohn, K., & Ohnesorge, B. (2016). Comparison of image quality and in vivo appearance of the normal equine nasal cavities and paranasal sinuses in computed tomography and high field (3.0 T) magnetic resonance imaging. *BMC Veterinary Research*, 12(1), 1-11.

Kaneps, A. J., Kobilj, P. D., Freeman, D. M., Pool, R. R., & O'Brien, T. R. (1995). A comparison of Radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for the diagnosis of palmar process fractures in foals. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 36, 467-477.

Kang, B. T., Ko, K. J., Jang, D. P., Han, J. Y., Lim, C. Y., Park, C., ... & Park, H. M. (2009). Magnetic resonance imaging of the canine brain at 7 T. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(6), 615-621.

Kang, H., Lee, H., Kwak, H., Kim, N., & Lee, K. (2008). Imaging diagnosis-congenital structural hyoid bone abnormalities in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(4), 357.

Kangarlu, A., & Gahunia, H. K. (2006). Magnetic resonance imaging characterization of osteochondral defect repair in a goat model at 8 Tesla. *Osteoarthritis and Cartilage*, 14(1), 52-62.

Karis, J. (2000). Artefactos en la imagen de resonancia magnética: Un enfoque práctico. En *Neurorradiología Volumen 1*. Editado por: Orrison W. Editorial Elsevier. España. pp. 507-516.

Kärkkäinen, M., Mero, M., Nummi, P., & Punto, L. (1991). Low-field magnetic resonance imaging of the canine central nervous system. *Vet. Radiol*, 32, 71-74.

Karli, P., Gorgas, D., Oevermann, A., & Forterre, F. (2013). Extracranial expansion of a feline meningioma. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15(8), 749-753.

Karnik K, Reichle JK, Fischetti AJ, et al. (2009). Computed tomographic findings of fungal rhinitis and sinusitis in cats. *Vet Radiol Ultrasound*, 50, 65–68.

Karnik, K. S., Samii, V. F., Weisbrode, S. E., London, C. A., & Green, E. M. (2012). Accuracy of computed tomography in determining lesion size in canine appendicular osteosarcoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(3), 273-279.

Kasashima, Y., Kuwano, A., Katayama, Y., Taura, Y., & Yoshihara, T. (2002). Magnetic resonance imaging application to live horse for diagnosis of tendinitis. *J. Vet. Med. Sci*, 64(7), 577-582.

Kaser-Hotz, B., Sartoretti-Schefer, S., & Weiss, R. (1994). Computed tomography and magnetic resonance imaging of the normal equine carpus. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 35(6), 457-461.

Kaser-Hotz, B., Sartoretti-Sr, S., & Weiss, R. (1994). Computed tomography and magnetic resonance imaging of the normal equine carpus. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 35(6), 457–461.

Kashimina, H., Miyabayashi, T., Clemmons, R.M., Farese, J.P., Uhl, E.W., & Silver, X. (2006). High field (4,7 T) magnetic resonance imaging of feline hip joints. *J. Vet. Med. Sci*. 68(3): 285-288.

Kassab, A. (2011). Magnetic Resonance Image and Cross-Sectional Anatomy of the Normal Brain of Goat (*Capra hircus*). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 375-380.

Kassab, A., and H. Bahgat. (2007). Magnetic resonance imaging and cross-sectional anatomy of the brain of the red fox (*Vulpes vulpes*). *Vet. Med. J. Giza*. 55:779–786.

Kathmann, I., Bottcher, I. C., Von Klopmann, T., Gerdwilker, A., & Tipold, A. (2006). Chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy

with hypertrophy of cervico-thoracic nerve roots in a dog. *Schweiz Arch. Tierheilkd.*, 148(6), 297-302.

Kato, K., Nishimura, R., Sasaki, N., Matsunaga, S., Mochizuki, M., Nakayama, H., & Ogawa, H. (2005). Magnetic resonance imaging of a canine eye with melanoma. *J. Vet. Med. Sci.*, 67(2), 179-182.

Kaufman, H. H., Cohen, G., Glass, T. F., et al. (1981). CT atlas of the dog brain. *J Comput Assist Tomogr*, 5(4), 529-537.

Kay, N.D., Holliday, T.A., Hornof, W.J., & Gomez, J. (1986). Diagnosis and management of an atypical case of canine hydrocephalus, using computed tomography, ventriculoperitoneal shunting and nuclear scintigraphy. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 188(4), 423-426.

Keenihan, E. K., Lynch, S., Priestnall, S. L., Harrington, N. T., Benigni, L., & Lamb, C. R. (2013). Unusual rib metastasis in two cats with pulmonary carcinoma. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15(12), 1145-1148.

Kent, M., Holmes, S., Cohen, E., Sakals, S., Roach, W., Platt, S., Schatzberg, S., & Howarth, E. (2011). Imaging diagnosis-CT myelography in a dog with intramedullary intervertebral disc herniation. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(2), 185-187.

Kii, S., Uzuka, Y., Taura, Y., Nakaichi, M., Takeuchi, A., Inokuma, H., & Onishi, T. (1997). Magnetic resonance imaging of the lateral ventricles in beagle-type dogs. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 38(6), 430-433.

Kim, A. R., Han, C., Hwang, G., Kim, R., Go, W., Lee, J. Y., ... & Lee, H. C. (2021). External Auditory Canal Atresia with Otitis Media in a Dog. *Journal of Veterinary Clinics*, 38(3), 159-162.

Kim, H. J., Chang, H. S., Choi, C. B., Song, Y. S., Kim, S. M., Lee, J. S., & Kim, H. Y. (2005). Infiltrative lipoma in cervical bones in a dog. *J. Vet. Med. Sci.*, 67(10), 1043-1046.

Kim, J., Kim, D. H., Jee, H., Hwang, J., & Yoon, J. (2021). Type B valvular and supra-valvular pulmonic stenosis with aberrant pre-pulmonic right coronary artery diagnosed by non-electrocardiography-gated, multislice computed tomography in a Boston terrier. *Journal of Veterinary Cardiology*, 38, 12-17.

Kim, J., Kwon, D., Kim, S. S., Lee, K., & Yoon, H. (2023). Measurement of Brainstem Diameter in Small Breed Dogs using Magnetic Resonance Imaging. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1183412.

- Kim, J., Lee, S., Hwang, J., & Yoon, J. (2023). Clinical utility of a new protocol of cardiac computed tomography in dogs. *Veterinary Medicine and Science*, 9(2), 645-652.
- Kim, R., An, S., Hwang, G., Ryu, J., Kim, M., Yoon, J., ... & Hwang, T. S. (2022). Computed tomographic diagnosis of broncholithiasis in a cat. *Korean Journal of Veterinary Research*, 62(3).
- Kim, Y., Kim, S. S., Kwon, D., Im, D., Lee, K., & Yoon, H. (2023). Computed tomographic quantitative evaluation of common bile duct size in normal dogs: A reference range study considering body weight. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1137400.
- King, A. M., Weinrauch, S. A., Doust, R., Hammond, G., Yam, P. S., & Sullivan, M. (2007). Comparison of ultrasonography, radiography and a single computed tomography slice for fluid identification within the feline tympanic bulla. *The Veterinary Journal*, 173(3), 638-644.
- King, A.S. (1975). Aves respiratory system. In Sisson and Grossman's "The anatomy of the domestic animals." W.B. Saunders Co., Philadelphia.
- Kinns, J., Mai, W., Seiler, G., Zwingenberger, A., Johnson, V., Cáceres, A., Valdés-Martínez, A., & Schwarz, T. (2006). Radiographic sensitivity and negative predictive value for acute canine spinal trauma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(6), 563-570.
- Kippenes, H., Gavin, P. R., Kraft, S. L., Sande, R. D., & Tucker, R. L. (2001). Mensuration of the normal pituitary gland from magnetic resonance images in 96 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 42(2), 130-133.
- Kippenes, H., Gavin, P.R., Bagley, R.S., Silver, G.M., Tucker, R.L., & Sande, R.D. (1999). Magnetic resonance imaging features of tumors of the spine and spinal cord in dogs. *Vet. Radiol. & Ultrasound*. 40(6): 627-633.
- Kitagawa, M., Okada, M., Kanayama, K., & Sakai, T. (2005). Traumatic intracerebral hematoma in a dog: MR images and clinical findings. *Journal of Veterinary Medical Science*, 67(8), 843-846.
- Kitagawa, M., Okada, M., Toshihiro, W., Sato, T., Kanayama, K., Sakai, T. (2009). Ocular granulomatous meningoencephalomyelitis in a dog: magnetic resonance images and clinical findings. *Veterinary Medicine Science*, 71, 233-237. doi: 10.1292/jvms.71.233

- Kiviranta, A.M., Lappalainen, A.K., Hagner, K., & Jokinen, T. (2011). Dermoid sinus and spina bifida in three dogs and a cat. *The Journal of Small Animal Practice*, 52(6), 319-324.
- Kleiter, M., Henninger, W., Hirt, R., & Lorinson, D. (1999). Portosystemic shunt in a dog – computed tomography as a successful imaging method. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 86(2), 64-70.
- Kleiter, M., Kneissl, S., Stanek, C. H., Mayrhofer, E., Baulain, U., & Deegen, E. (1999). Evaluation of magnetic resonance imaging techniques in the equine digit. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 40(1), 15-22.
- Kloc II, P.A., Scrivani, P.V., Barr, S.C., Reese, C.A., Trotter, E.J., Forest, T.W., & Pool, R. (2001). Vertebral angiomas in a cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 42(1), 42-45.
- Kloer, T. B., Rao, S., Twedt, D. C., & Marolf, A. J. (2020). Computed tomographic evaluation of pancreatic perfusion in healthy dogs. *American journal of veterinary research*, 81(2), 131-138.
- Klumpp, S., Karpenstein, H., Ondreka, N., Michalik, J., Gesierich, K., Kramer, M., & Schmidt, M. (2010). Accuracy of computed tomography in comparison to surgical exploration for the diagnosis of disc extrusion in the dog. *Kleintierpraxis*, 55(12), 665-669.
- Kneissl, S., & Probst, A. (2006). Magnetic resonance imaging features of presumed normal head and neck lymph nodes in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(6), 538-541.
- Kneissl, S., & Probst, A. (2007). Comparison of computed tomographic images of normal cranial and upper cervical lymph nodes with corresponding E12 plastinated-embedded sections in the dog. *The Veterinary Journal*, 174(2), 435-438.
- Kneissl, S., & Schedlbauer, B. (1997). Sagittal computed tomography of the feline spine. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 38(4), 282-283.
- Kneissl, S., Probst, A., & Konar, M. (2004). Low-field magnetic resonance imaging of the canine middle and inner ear. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(6), 520-522.
- Kneissl, S., Probst, A., Henninger, W., & Kunzel, W. (1997). Computed tomographic differentiation of the canine liver lobes. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 84(6), 162-170.

- Knight, R., & Meeson, R. L. (2019). Feline head trauma: a CT analysis of skull fractures and their management in 75 cats. *Journal of feline medicine and surgery*, 21(12), 1120-1126.
- Köenig, H.E., Korbel, R., Liebich, H.G., & Klupiec, C. (2016). *Avian anatomy: Textbook and colour atlas*. 5m Books Ltd.
- Kolstad K. (2001). Fat deposition and distribution measured by computer tomography in three genetic groups of pigs. *Livestock Production Science*, 67, 281-292.
- Komsta, R., Łojarczyk, A., Dębiak, P., Twardowski, P., & Lisiak, B. (2022). Computed tomographic evaluation of pectus excavatum in 14 cats. *Plos One*, 17(1), e0262866.
- Kooistra, H.S., Voorhout, G., Mol, J.A., & Rijnberk, A. (1997). Correlation between impairment of glucocorticoid feedback and the size of the pituitary gland in dogs with pituitary-dependent hyperadrenocorticism. *Journal of Endocrinology*, 152(3), 387-394.
- Kook, P. H., Hagen, R., Willi, B., Ruetten, M., & Venzin, C. (2010). Rectal duplication cyst in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 12(12), 978-981.
- Kraft, S. L., Gavin, P. R., Wendling, L. R., & Reddy, V. K. (1989). Canine brain anatomy on magnetic resonance images. *Veterinary Radiology*, 30(4), 147-158.
- Kranenburg, H. J. C., Grinwis, G. C., Bergknut, N., Gahrman, N., Voorhout, G., Hazewinkel, H. A., & Meij, B. P. (2013). Intervertebral disc disease in dogs—Part 2: Comparison of clinical, magnetic resonance imaging, and histological findings in 74 surgically treated dogs. *The Veterinary Journal*, 195(2), 164-171.
- Krautwald-Junghanns ME, Schumacher F, Telhelm B. (1993). Evaluation of the lower respiratory tract in psittacines using radiology and computed tomography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 34, 382-390.
- Krautwald-Junghanns, M. E. (1992). Radiology of the respiratory tract and the use of computed tomography in psittacines. Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians. pp 366-373.
- Krautwald-Junghanns, M. E., K. P. Valerius, and H. R. Duncker (1998a). CT-assisted versus silicone rubber cast morphometry of the lower respiratory tract in healthy amazons (genus *Amazona*) and grey parrots (genus *Psittacus*). *Research in Veterinary Science*, 65, 17–22.

- Krautwald-Junghanns, M. E., Kostka, V. M., & Dörsch, B. (1998). Comparative studies on the diagnostic value of conventional radiography and computed tomography in evaluating the heads of psittacine and raptorial birds. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 149-157.
- Krautwald-Junghanns, M. E., Schuhmacher, F., & Sohn, H. G. (1998). Examination of the lower respiratory tract of Psittacines and Amazoniae varieties by means of reconstructed computer x-ray tomography. 1: Examination of healthy parrots. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe K, Kleintiere/heimtiere*, 26(1), 61-70.
- Kristoffersen, M., Puchalski, S., Skog, S., & Lindegaard, C. (2014). Cervical computed tomography (CT) and CT myelography in live horses: 16 cases. *Equine Veterinary Journal*, 46, 11-11.
- Kulkarni, S., Rumberger, J. A., & Jha, S. (2021). Electron beam CT: a historical review. *American Journal of Roentgenology*, 216(5), 1222-1228.
- Kuperman, V. (2000). *Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Applications*. San Diego, CA: Academic Press.
- Kutara, K., Seki, M., Ishikawa, C., Sakai, M., Kagawa, Y., Iida, G., ... & Asano, K. (2014). Triple-phase helical computed tomography in dogs with hepatic masses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55(1), 7-15.
- Kwon, M., Kim, S., Lee, K., & Yoon, H. (2022). Case Report: Imaging Features and Successful Management of Ureteral Stenosis in a Kitten With Bilateral Atypical Papillary Transitional Mucosal Hyperplasia. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 796638.
- Kyllar, M., Štembírek, J., Putnová, I., Stehlík, L., Odehnalová, S., & Buchtová, M. (2014). Radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging of craniofacial structures in pig. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 43(6), 435-452.
- Laborda-Vidal, P., Martín, M., Orts-Porcar, M., Vilalta, L., Melendez-Lazo, A., de Carellán, A.G., & Ros, C. (2022). Computed tomography-guided fine needle biopsies of vertebral and paravertebral lesions in small animals. *Animals*, 12(13), 1688.
- Laborda-Vidal, P., Pedro, B., Baker, M., Gelzer, A. R., Dukes-McEwan, J., & Maddox, T. W. (2016). Use of ECG-gated computed tomography, echocardiography and selective angiography in five dogs with pulmonic stenosis and one dog with pulmonic stenosis and aberrant coronary arteries. *Journal of Veterinary Cardiology*, 18(4), 418-426.

Lacitignola, L., Samarelli, R., Zizzo, N., Circella, E., Acquafredda, C., Stabile, M., ... & Camarda, A. (2021). CT Findings and Histological Evaluation of Red Foxes (*Vulpes vulpes*) with Chronic Head Trauma Injury: A Retrospective Study. *Animals*, 11(4), 1010.

Lafuente, J., & Moreno, L. (2006). *Técnica de la imagen por resonancia magnética*. Libro publicado por la sociedad española de radiología SERAN, 9-28.

Lamb, C. R. (1999). Recent developments in diagnostic imaging of the gastrointestinal tract of the dog and cat. *The Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice*, 29(2), 307-342.

Lamb, C. R., & Jones, I. D. (2016). Associations between respiratory signs and abnormalities reported in thoracic CT scans of cats. *Journal of Small Animal Practice*, 57(10), 561-567.

Lamb, C. R., Berg, J., & Schelling, S. H. (1993). Radiographic diagnosis of an expansile bone lesion in a dog osteosarcoma. *Journal of the Small Animal Practice*, 34(4), 239-241.

Lamb, C. R., Croson, P. J., Cappello, R., & Cherubini, G. B. (2005). Magnetic resonance imaging findings in 25 dogs with inflammatory cerebrospinal fluid. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(1), 17-22.

Lamb, C. R., Sibbing, K., & Priestnall, S. L. (2016). Pathologic basis for rim enhancement observed in computed tomographic images of feline nasopharyngeal polyps. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(2), 130-136.

Lampe, R., Levitin, H. A., Hecht, S., Vieson, M. D., Selting, K. A., Hague, D. W., & Foss, K. D. (2021). MRI of CNS lymphoma with choroid plexus involvement in five dogs and one cat. *Journal of Small Animal Practice*, 62(8), 690-699.

Lande, R., Reese, S. L., Cuddy, L. C., Berry, C. R., & Pozzi, A. (2013). Prevalence of computed tomographic subchondral bone lesions in the scapulohumeral joint of 32 immature dogs with thoracic limb lameness. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55(1), 23-28.

Langheinrich, A. C., Yeniguen, M., Ostendorf, A., Marhoffer, S., Kampschulte, M., Bachmann, G., ... & Gerriets, T. (2010b). Evaluation of the middle cerebral artery occlusion techniques in the rat by in-vitro 3-dimensional micro-and nano computed tomography. *BMC Neurology*, 10, 1-10.

Langheinrich, A. C., Yeniguen, M., Ostendorf, A., Marhoffer, S., Dierkes, C., von Gerlach, S., ... & Gerriets, T. (2010a). In vitro evaluation of the sinus sagittalis superior thrombosis model in the rat using 3D micro-and nanocomputed tomography. *Neuroradiology*, 52, 815-821.

Lappalainen, A. K., Mölsä, S., Liman, A., Laitinen-Vapaavuori, O. U. T. I., & Snellman, M. (2009). Radiographic and computed tomography findings in Belgian shepherd dogs with mild elbow dysplasia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(4), 364-369.

Lasonsky, J. H., Abbott, L. C., & Kuriashkin, I. V. (1997). Computed tomography of the normal feline nasal cavity and paranasal sinuses. *Vet Radiol Ultrasound*, 38, 251–258.

Latorre, R., Arencibia, A., Gil, F., Rivero, M., Henry, R. W., Ramírez, G., & Vázquez, J. M. (2006). Correlation of magnetic resonance images with anatomic features of the equine tarsus. *American Journal of Veterinary Research*, 67(5), 756-761.

Lattimer, J. (2020). *Computed tomography in animals, veterinary medicine and surgery, veterinary medical teaching hospital, University of Missouri, MSD manual veterinary manual*. [Available from: <https://www.msdivetmanual.com/clinical-pathology-and-procedures/diagnostic-imaging/computed-tomography-in-animals#v45316557>]. Accessed June 26, 2023.

Launois, M. T., Vandeweerd, J. M. E., Perrin, R. A., Brogniez, L., Desbrosse, F. G., & Clegg, P. D. (2009). Use of computed tomography to diagnose new bone formation associated with desmitis of the proximal aspect of the suspensory ligament in third metacarpal or third metatarsal bones of three horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 234(4), 514-518.

Launois, T., Vandeweerd, J. M., Desbrosse, F., Perrin, R., Clegg, P., & Brogniez, L. (2009). Use of Computerized Tomography (CT) to diagnose exostosis of the third metacarpal/metatarsal bone associated with Proximal Suspensory Desmitis (PSD) in three horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 234(4), 514-518.

Lautenschlager, S., Bright, J. A., & Rayfield, E. J. (2014). Digital dissection– using contrast-enhanced computed tomography scanning to elucidate hard-and soft-tissue anatomy in the common buzzard (*Buteo buteo*). *Journal of Anatomy*, 224, 412–431.

Lavaud, A., Lautenschläger, I. E., Voelter, K., Ivan, D., Dennler, M., & Pot, S. A. (2019). The localization of a conjunctivoscleral foreign body via

high-resolution microscopy coil magnetic resonance imaging in a dog. *Veterinary Ophthalmology*, 22(5), 703-709.

Lawson, A. B., Hedrick, B. P., Echols, S., & Schachner, E. R. (2021). Anatomy, variation, and asymmetry of the bronchial tree in the African grey parrot (*Psittacus erithacus*). *Journal of Morphology*, 282(5), 701-719.

Lecouteur, R. A., Fike, J. R., Scagliotti, R. H., & Cann, C. E. (1982). Computed tomography of orbital tumors in the dog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 180(8), 910-913.

LeCouteur, R., Fike, J., Cann, C., & Pedroia, V. (1981). Computed tomography of brain tumors in the caudal fossa of the dog. *Veterinary radiology*, 22(6), 244-251.

Lee, A. R., Lee, M. S., Jung, I. S., Kim, D. Y., Nham, S. S., Chung, H. W., & Eom, K. (2010). Imaging diagnosis-fdg-pet/ct of a canine splenic plasma cell tumor. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(2), 145-147.

Lee, H. L., Rao, K., & Zimmerman, R. (1999). *Cranial MRI and CT, 4th Edition*. McGraw-Hill. Health Professions Division. New York.

Lee, H., Wu, C. C., Liao, P. W., Michael Chang, K., Wei, L. N., Wu, Y. Y., ... & Lin, C. T. (2022). Features of ophthalmic, magnetic resonance imaging, and histopathology of a feline case of idiopathic sclerosing orbital pseudotumor. *Veterinary Medicine and Science*, 8(4), 1352-1360.

Lee, K., Choi, S., Choi, H., & Lee, Y. (2016). Clinical experience of MRI in two dogs with muscle-invasive transitional cell carcinoma of the urinary bladder. *Journal of Veterinary Medical Science*, 78(8), 1351-1354.

Lee, M., Ko, M., Ahn, J., et al. (2022). Evaluation of the Abdominal Aorta and External Iliac Arteries Using Three-Dimensional Time-of-Flight, Three-Dimensional Electrocardiograph-Gated Fast Spin-Echo, and Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Angiography in Clinically Healthy Cats. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 819627.

Lee, N., Seo, J., & Yoon, J. (2021). Morphometric Magnetic Resonance Imaging Evaluation of Cervical Spinal Canal and Cord in Normal Small-Breed Dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 732953.

Lee, W., Lee, S. D., Park, M. Y., Foley, L., Purcell-Estabrook, E., Kim, H., & Yoo, S. S. (2015). Functional and diffusion tensor magnetic resonance imaging of the sheep brain. *BMC Veterinary Research*, 11, 1-8.

Lee, Y. L., Yu, P. H., Chen, C. L., Wu, Y. L., & Chi, C. H. (2015). Determination of the enhancement effect and diameters of the major

arteries of African grey parrots using a dual-head power injector for computed tomographic angiography. *Taiwan Veterinary Journal*, 41(3), 165-175.

Lefebvre, J., Kuehn, N. F., & Wortinger, A. (2005). Computed tomography as an aid in the diagnosis of chronic nasal disease in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 46(6), 280-285.

Leffler, A. J., Hostnik, E. T., Warry, E. E., Habing, G. G., Auld, D. M., Green, E. M., & Drost, W. T. (2018). Canine urinary bladder transitional cell carcinoma tumor volume is dependent on imaging modality and measurement technique. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 59(6), 767-776.

Legrand, J.J., & Carlier, B. (1986). Computerized tomography as a diagnostic aid in canine hydrocephalus. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 137(11), 765-776.

Lei, Z., Fu, Q., Shi, H., Xu, H., Han, P., & Yu, J. (2015). The diagnostic evaluation of 640 slice computed tomography angiography in the diagnosis of coronary artery stenosis. *Digital Medicine*, 1(2), 67.

Leigh, E. J., Mackillop, E., Robertson, I. D., & Hudson, L. C. (2008). Clinical anatomy of the canine brain using magnetic resonance imaging. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(2), 113-121.

Lempe-Troillet, A., Ludewig, E., Brehm, W., Budras, K. D., Winter, K., & Edinger, J. (2013). Magnetic resonance imaging of plantar soft tissue structures of the tarsus and proximal metatarsus in foals and adult horses. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 26(03), 192-197.

Levine, J. M., Fosgate, G. T., Chen, A. V., Rushing, R., Nghiem, P. P., Platt, S. R., ... & Schatzberg, S. J. (2009). Magnetic resonance imaging in dogs with neurologic impairment due to acute thoracic and lumbar intervertebral disk herniation. *Journal of veterinary internal medicine*, 23(6), 1220-1226.

Lewis, M. J., Shomper, J. L., Williamson, B. G., Vansteenkiste, D. P., Bibi, K. F., Lim, S. H., ... & Coates, J. R. (2021). Brain diffusion tensor imaging in dogs with degenerative myelopathy. *Journal of veterinary internal medicine*, 35(5), 2342-2349.

Lewis, M., Olby, N.J., Sharp, N.J.H., & Early, P. (2013). Long-term effect of cervical distraction and stabilization on neurological status and imaging findings in giant breed dogs with cervical stenotic myelopathy. *Veterinary Surgery*, 42(6), 701-709.

- Li X, Liu J, Davey M, Duce S, Jaber N, Liu G, Davidson G, Tenent S, Mahood R, Brown P, Cunningham C, Bain A, Beattie K, McDonald L, Schmidt K, Towers M, Tickle C, Chudek S (2007): Micro-magnetic resonance imaging of avian embryos, 211, 798-809.
- Li, L. X., Lv, Y. J., Guo, Q. Y., Liao, Y., Guo, Y. W., Su, Z. N., ... & Yang, D. J. (2022). Radiography, CT, and MRI Diagnosis of Enzootic Nasal Tumor in Goats Infected With Enzootic Nasal Tumor Virus. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 810977.
- Lim, S. J., Park, S. J., Jeong, S. M., Lee, J. Y., Cho, S. W., Choi, H. J., & Lee, Y. W. (2008). Ceruminous Gland Adenocarcinoma in a Maltese Dog. In *Proceedings of the Korean Society of Veterinary Clinics Conference* (pp. 108-108). The Korean Society of Veterinary Clinics.
- Lim, S., Jeong, J., Heng, H. G., Sung, S., Choi, Y., Oh, H., ... & Lee, K. (2018). Computed tomographic features of tracheal shapes and dimensions in awake dogs. *Veterinárni medicína*, 63(3), 131-136.
- Lim, S., Sung, S., Min, K., Cho, Y., Jung, Y., & Lee, K. (2018). Diagnostic imaging characteristics of ureteral pseudodiverticulosis in three dogs. *Veterinárni medicína*, 63(8), 373-378.
- Limousin, B., & Recondo, J. A. (2001). Resonancia magnética (RM). Nociones físicas y semiología básica. En *Resonancia magnética en el tobillo-pie* (pp. 7). Editado por: Recondo J.A., Aparisi F., Figueroa M., Limousin B. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España.
- Lin, M., Glass, E. N., & Kent, M. (2020). Utility of MRI for evaluation of a common calcaneal tendon rupture in a dog: Case report. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 602.
- Lindgren, C. M., Wright, L., Kristoffersen, M., & Puchalski, S. M. (2021). Computed tomography and myelography of the equine cervical spine: 180 cases (2013–2018). *Equine Veterinary Education*, 33(9), 475-483.
- Lindsay, N., Kirberger, R., & Williams, M. (2010). Imaging diagnosis - spinal cord chondrosarcoma associated with spirocercosis in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(6), 614-616.
- Lipreri, G., Bladon, B. M., Giorio, M. E., & Singer, E. R. (2018). Conservative versus surgical treatment of 21 sports horses with osseous trauma in the proximal phalangeal sagittal groove diagnosed by low-field MRI. *Veterinary surgery*, 47(7), 908-915.

- Lipsitz, D., Levitski, R. E., & Chauvet, A. E. (1999). Magnetic resonance imaging of a choroid plexus carcinoma and meningeal carcinomatosis in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 40(3), 246-250.
- Lipsitz, D., Levitski, R. E., Chauvet, A. E., & Berry, W. L. (2001). Magnetic resonance imaging features of cervical stenotic myelopathy in 21 dogs. *Veterinary radiology & ultrasound*, 42(1), 20-27.
- Llabres-Diaz, F. J., & Dennis, R. (2003). Magnetic resonance imaging of the presumed normal canine adrenal glands. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(1), 5-19.
- Llabrés-Díaz, F. J., Brissot, H., & Ibarrola, P. (2010). Imaging diagnosis - celiac artery pseudoaneurysm associated with a migrating grass awn. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(5), 508-511.
- Lloyd-Edwards, R. A., Willems, D. S., Beukers, M., van den Brom-Spienburg, A., Vernooij, J. C., & Veraa, S. (2020). Presumed cholesterinic granulomas detected on CT in horses are associated with increased lateral ventricle height and age. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 61(3), 269-278.
- Loaiza, S. C., & Filippon, V. F. C. (2018). Principios básicos de RM: lo que todo radiólogo debe conocer para su práctica diaria. *Seram*.
- Locsmándi, L., R. Romvári, F. Bogenfürst, A. Szabó, M. Molnár, G. Andrassy-Baka, and P. Horn (2005). In vivo studies on goose liver development by means of computer tomography. *Animal Research*, 54, 135–145.
- Lodzinska, J., Munro, E., Shaw, D. J., & Suñol, A. (2021). MRI of the optic nerve sheath and globe in cats with and without presumed intracranial hypertension. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 23(8), 751-758.
- Łojarczyk, A., Łopuszyński, W., Szadkowski, M., Orzelski, M., & Twardowski, P. (2021). Aggressive squamous cell carcinoma of the cranium of a dog. *BMC Veterinary Research*, 17, 1-8.
- López, J. E. (2002). *Manual de resonancia magnética osteoarticular*. Asepeyo. Barcelona.
- Lotti, D., Capucchio, M.T., Gaidolfi, E., & Merlo M. (1999). Necrotizing encephalitis in a Yorkshire terrier: clinical, imaging and pathologic findings. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 40(6), 622-626.

- Louvet A., Duconseille A. C. (2015). Feasibility for detecting liver metastases in dogs using gadobenate dimeglumine-enhanced magnetic resonance imaging. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56(3), 286–295.
- Love, N. E., Kramer, R. W., Spodnick, G. J., & Thrall, D. E. (1995). Radiographic and computed tomographic evaluation of otitis media in the dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 36(5), 375-379.
- Love, N., Flammer, K., Spaulding, K. (1993). The Normal Computed Tomographic (CT) Anatomy of the African Grey Parrot (*Psittacus erithacus*): A Pilot Study. *ACVR Proceedings*.
- Lowrie, C.T., Kumar, K., Moore, J.B., Kelly, K.J., & Kumar, A. (1989). A preliminary study of magnetic resonance imaging (MRI) in experimental canine meningitis. *Comp. Anim. Pract.*, 19(1), 3-6.
- Luk, K. (2016). The Use of Helical Computed Tomography in the Cockatiel Kathy. En *Association of Avian Veterinarians Australasian Committee Ltd. Annual Conference 2016* (pp. 8-13).
- Lye, G., Mathis, K., Hill, S., Cattin, R., & Hartman, A. (2020). Computed Tomographic Diagnosis of Traumatic Atlanto-occipital Rotatory Luxation and Successful Closed Reduction in a Dog. *VCOT Open*, 3(02), e164-e169.
- MacDonald, K. A., Kittleson, M. D., Reed, T., Larson, R., Kass, P., & Wisner, E. R. (2005b). Quantification of left ventricular mass using cardiac magnetic resonance imaging compared with echocardiography in domestic cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(3), 192-199.
- MacDonald, K. A., Wisner, E. R., Larson, R. F., Klose, T., Kass, P. H., & Kittleson, M. D. (2005). Comparison of myocardial contrast enhancement via cardiac magnetic resonance imaging in healthy cats and cats with hypertrophic cardiomyopathy. *American Journal of Veterinary Research*, 66(11), 1891-1894.
- MacDonald, K.A., Kittleson, M.D., Garcia-Nolen, T. *et al.* (2006). Tissue Doppler imaging and gradient echo cardiac magnetic resonance imaging in normal cats and cats with hypertrophic cardiomyopathy. *J Vet Intern Med* 20(3):627–34.
- MacDonald, K.A., Wisner, E.R., Larson, R.F. *et al.* (2005). Comparison of myocardial contrast enhancement via cardiac magnetic resonance imaging in healthy cats and cats with hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Vet Res* 66(11):1891–4.

- Mackey, E. B., Hernandez-Divers, S. J., Holland, M., & Frank, P. (2008). Clinical technique: application of computed tomography in zoological medicine. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 17(3), 198-209.
- Maddox, T. W., May, C., Keeley, B. J., & McConnell, J. F. (2013). Comparison between shoulder computed tomography and clinical findings in 89 dogs presented for thoracic limb lameness. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(4), 358-364.
- Maeta, N., Kanda, T., Sasaki, T., Morita, T., & Furukawa, T. (2010). Spinal epidural empyema in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 12(6), 494-497.
- Mageed, M., Berner, D., Jülke, H., Hohaus, C., Brehm, W., & Gerlach, K. (2013). Morphometrical dimensions of the sheep thoracolumbar vertebrae as seen on digitised CT images. *Laboratory Animal Research*, 29(3), 138–147.
- Mahdy, M. A. (2022). Correlation between computed tomography, magnetic resonance imaging and cross-sectional anatomy of the head of the guinea pig (*Cavia porcellus*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 51(1), 51-61.
- Mahdy, M. A., & Zayed, M. (2020). Computed tomography and cross-sectional anatomy of the head in the red fox (*Vulpes vulpes*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 49(6), 708-717.
- Mai, W. (2009). Multiphase time-resolved contrast-enhanced portal MRA in normal dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 50(1), 52–7.
- Mai, W. (2018). Normal MRI spinal anatomy, degenerative disc disease, and disc herniation. *Diagnostic MRI in Dogs and Cats*, 413-446.
- Mai, W. (Ed.). (2018). *Diagnostic MRI in Dogs and Cats*. CRC Press.
- Mai, W., & Cáceres, A. V. (2008). Dual-phase computed tomographic angiography in three dogs with pancreatic insulinoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(2), 141-148.
- Mai, W., Weisse, C. (2011). Contrast-enhanced portal magnetic resonance angiography in dogs with suspected congenital portal vascular anomalies. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(3), 284–288.
- Mai, W., Weisse, C., & Sleeper, M. M. (2010). Cardiac magnetic resonance imaging in normal dogs and two dogs with heart base tumor. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(4), 428-435.

Major, A., Holmes, A., Warren-Smith, C., Lalor, S., Littler, R., Schwarz, T., & Gunn-Moore, D. (2016). Computed tomographic findings in cats with mycobacterial infection. *Journal of feline medicine and surgery*, 18(6), 510-517.

Makara, M. (2010). *Computed tomography, cross-sectional anatomy and measurements in the head of normal goats*. Dissertation, Universität Zürich.

Maki, J.H., Benveniste, H., Macfall, J.R., Piantadosi, C.A., & Johnson, G.A.(1991). MR imaging of microcirculation in rat brain: correlation with carbon dioxide-induced changes in blood flow. *J. Magn. Reson. Imaging*. 1(6):673-681.

Malewitz, T.D., & Calhoun, M.L. (1958). The gross and microscopic anatomy of the digestive tract, spleen, kidney, lungs, and heart of the turkey. *Poult.Sci.*, 19(1), 23-28.

Mallol, C., Altuzarra, R., Espada, Y., Tobón Restrepo, M., Serrano, E., & Novellas, R. (2020). CT characterisation of feline adrenal glands. *Journal of feline medicine and surgery*, 22(4), 285-291.

Manchip, K. E. L., Sansom, P. G., Donaldson, D., & Warren-Smith, C. (2021). Magnetic resonance imaging of the normal canine eye using a T1-weighted volumetric acquisition. *Veterinary Record*, 189(8).

Manso-Díaz, G., Dyson, S. J., Dennis, R., García-López, J. M., Biggi, M., García-Real, M. I., ... & Taeymans, O. (2015). Magnetic resonance imaging characteristics of equine head disorders: 84 cases (2000–2013). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56(2), 176-187.

Manso-Díaz, G., Taeymans, O., García-López, J. M., & Weller, R. (2021). Application and indications of magnetic resonance imaging and computed tomography of the equine head. *Equine Veterinary Education*, 33(1), 31-46.

Manzano, P. R. (Ed.). (2012). *Radiodiagnóstico, bases físicas, equipos y control de calidad*. ADI.

Mao, R., Qi, H., Pei, L., Hao, J., Dong, J., Jiang, T., ... & Li H. (2017). CT scanning in identification of sheep cystic echinococcosis. *BioMed Research International*, 2017.

Marcilloux, J. C., Felix, B., Rampin, O., Stoffels, C., Ibazizen, T., Cabanis, E. A., ... & Albe-Fessard, D. (1993). Preliminary results of a magnetic resonance imaging (MRI) study of the pig brain placed in stereotaxic conditions. *Neurosci. Lett.*, 156(1-2), 113-116.

- Mariani, C.L., Clemmons, R.M., Graham, J.P., Phillips L.A., & Chrisman C.L. (2001). Magnetic resonance imaging of spongy degeneration of the central nervous system in a Labrador retriever. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 42(4), 285-290.
- Marino, L., Sudheimer, K. D., Murphy, T. L., Davis, K. K., Pabst, D. A., McLellan, W. A., Rilling, J. K., & Johnson, J. I. (2001). Anatomy and three-dimensional reconstructions of the brain of a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from magnetic resonance images. *Anatomical Record*, 264(4), 397-414.
- Marino, L., Sudheimer, K. D., Pabst, D. A., McLellan, W. A., & Johnson, J. I. (2003b). Magnetic resonance images of the brain of a dwarf sperm whale (*Kogia simus*). *Journal of Anatomy*, 203(1), 57-76.
- Marino, L., Sudheimer, K. D., Pabst, D. A., McLellan, W. A., Filsoof, D., & Johnson, J. I. (2002). Neuroanatomy of the common dolphin (*Delphinus delphis*) as revealed by magnetic resonance imaging (MRI). *Anatomical Record*, 268(4), 411-429.
- Marino, L., Sudheimer, K. D., Sarko, D., Sirpenski, G., & Johnson, J. I. (2003a). Neuroanatomy of the harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) from magnetic resonance images. *Journal of Morphology*, 257(3), 308-347.
- Marks, A. L., Hecht, S., Stokes, J. E., et al. (2014). Effects of gadoxetate disodium (Eovist®) contrast on magnetic resonance imaging characteristics of the liver in clinically healthy dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 55(3), 286–91.
- Marolf, A. J. (2016). Computed tomography and MRI of the hepatobiliary system and pancreas. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 46(3), 481-497.
- Marolf, A. J. (2017). Diagnostic imaging of the hepatobiliary system: an update. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 47(3), 555-568.
- Marolf, A. J., Gibbons, D. S., Podell, B. K., & Park, R. D. (2011). Computed tomographic appearance of primary lung tumors in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(2), 168-172.
- Marolf, A. J., Kraft, S. L., Dunphy, T. R., & Twedt, D. C. (2013). Magnetic resonance (MR) imaging and MR cholangiopancreatography findings in cats with cholangitis and pancreatitis. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15(4), 285-294.

Marshall, K., Daniel, G., Patton, C., & Greenacre, C. (2004). Humeral air sac mucinous adenocarcinoma in a salmon-crested cockatoo (*Cacatua moluccensis*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 167-174.

Martinelli, M. J., Baker, G. J., Clarkson, R. B., Eurell, J. C., Pijanowsky, G. J., Kuriashkin, I. V., & Carragher, B. O. (1996). Correlation between anatomic features and low-field magnetic resonance imaging of the equine metacarpophalangeal joint. *American Journal of Veterinary Research*, 57(10), 1421-1426.

Martinelli, M. J., Kuriashkin, I. V., Carragher, B. O., Clarkson, R. B., & Baker, G. J. (1997). Magnetic resonance imaging of the equine metacarpophalangeal joint: three-dimensional reconstruction and anatomical analysis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 38(3), 193-199.

Martín-Vaquero, P. A. U. L. A., Da Costa, R. C., Echandi, R. L., Tosti, C. L., Knopp, M. V., & Sammet, S. (2011). Magnetic resonance imaging of the canine brain at 3 and 7 T. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(1), 25-32.

Martin-Vaquero, P., Moore, S.A., Wolk, K.E., & Oglesbee, M.J. (2011). Cerebral vascular hamartoma in a geriatric cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13(4), 286-290.

Marvá, I. (2001). Estudio tomográfico de los divertículos de las trompas auditivas en el caballo. *Tesis de Licenciatura, Universidad de Murcia*.

Masciarelli, A. E., Griffin IV, J. F., Fosgate, G. T., Hecht, S., Mankin, J. M., Holmes, S. P., ... & Levine, J. M. (2017). Evaluation of magnetic resonance imaging for the differentiation of inflammatory, neoplastic, and vascular intradural spinal cord diseases in the dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 58(4), 444-453.

Masoudifard, M., Zehtabvar, O., Modarres, S. H., Pariz, F., & Tohidifar, M. (2022). CT anatomy of the head in the Ile de France sheep. *Veterinary Medicine and Science*, 8(4), 1694–1708.

Masseau, I., & Reiner, C. R. (2019). Thoracic computed tomographic interpretation for clinicians to aid in the diagnosis of dogs and cats with respiratory disease. *The Veterinary Journal*, 253, 105388.

Mata, J. F., Altes, T. A., Cai, J., Ruppert, K., Mitzner, W., Hagspiel, K. D., ... & Mugler 3rd, J. P. (2007). Evaluation of emphysema severity and progression in a rabbit model: comparison of hyperpolarized ³He and ¹²⁹Xe diffusion MRI with lung morphometry. *Journal of Applied Physiology*, 102(3), 1273-1280.

Matheson JS, Paul-Murphy JR, O'Brien RT, et al. Quantitative ultrasound, magnetic resonance imaging, and histologic image analysis of hepatic iron accumulation in pigeons (*Columbia livia*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 2007;38:222-230.

Matiasek, K., Cronau, M., Schmahl, W., & Gerhards, H. (2007). Imaging features and decision making in retrobulbar neuroendocrine tumours in horses—case report and review of literature. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 54(6), 302-306.

Matiasek, L. A., Platt, S. R., Shaw, S., & Dennis, R. (2007). Clinical and magnetic resonance imaging characteristics of quadrigeminal cysts in dogs. *Journal of veterinary internal medicine*, 21(5), 1021-1026.

Matthews, D. J., Fries, R. C., Jeffery, N. D., Hamer, S. A., & Saunders, A. B. (2023). Cardiac Magnetic Resonance Imaging Detects Myocardial Abnormalities in Naturally Infected Dogs with Chronic Asymptomatic Chagas Disease. *Animals*, 13(8), 1393.

Maurin, M.P., Davies, D., Jahns, H., Shiel, R.E., & Mooney, C.T. (2019). Non-functional thyroid cystadenoma in three boxer dogs. *BMC Veterinary Research*, 15(1), 1-9.

Mayhew, P. D., Kapatkin, A. S., Wortman, J. A., & Vite, C. H. (2002). Association of cauda equina compression on magnetic resonance images and clinical signs in dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 38(6), 555-562.

Mayo, J. R., Müller, N. L., Forster, B. B., Okazawa, M., & Pare, P. D. (1990). Magnetic resonance imaging of hydrostatic pulmonary edema in isolated dog lungs: comparison with computed tomography. *Canadian Association of Radiologists Journal*, 41(5), 281-286.

McCalla, T. L., & Moore, C. P. (1989). Exophthalmos in dogs and cats. Part 1. Anatomic and diagnostic considerations. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 11(7), 784-793.

McCarthy, R.J., Feeney, D.A., & Lipowitz, A.J. (1993). Preoperative diagnosis of tumors of the brachial plexus by use of computed tomography in three dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 202(2), 291-294.

McConnell, F.J., Garosi, L., & Platt S.R. (2005). Magnetic resonance imaging findings of presumed cerebellar cerebrovascular accident in twelve dogs. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 46(1), 1-10.

- McEvoy, F. J., Buelund, L., Strathe, A. B., Willesen, J. L., Koch, J., Webster, P., Horlyck, L., & Svalastoga, E. (2009). Quantitative computed tomography evaluation of pulmonary disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(1), 47-51.
- McJury M., Blug A., Joerger C., et al (1994). Short communication: acoustic noise levels during magnetic resonance imaging scanning at 1.5 T. *British Journal of Radiology*, 67(798), 413–415.
- McKay, R. M., Vapniarsky, N., Hatcher, D., Carr, N., Chen, S., Verstraete, F. J., ... & Arzi, B. (2021). The diagnostic yield of cone-beam computed tomography for degenerative changes of the temporomandibular joint in dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 720641.
- McKlveen, T. L., Jones, J. C., Sponenberg, D. P., Scarratt, K., Ward, D. L., & Aardema, C. H. (2003). Assessment of the accuracy of computed tomography for measurement of normal equine pituitary glands. *American Journal of Veterinary Research*, 64(11), 1387-1394.
- McKnight, A. L., & Posh, J. (2012). Articular cartilage lesions seen with MRI at 0.25 T in the distal equine limb. *Journal of Equine Veterinary Science*, 32(10), 667-671.
- McLelland, J., & King, A.S. (1970). The gross anatomy of the peritoneal coelomic cavities of *Gallus domesticus*. *Anat. Anz.*, 127(6), 480-490.
- Mehl, M. L., Tucker, R. L., Ragle, C. A., & Schneider, R. K. (1998). The use of MRI in the diagnosis of equine limb disorders. *Eq. Pract*, 20(1), 14-17.
- Melero, A., Verdés, J., Espada, Y., Novellas, R., Encinoso, M., & Martorell, J. (2023). Computed tomography of the coelomic cavity in healthy veiled chameleons (*Chamaeleo calyptratus*) and panther chameleons (*Furcifer pardalis*). *Open Veterinary Journal*, 13(9), 1071.
- Méndez, R., & Graña, F. (2010). Fármacos en radiología. En *Radiología Esencial*, ed. Del Cura JL, Pedraza S & Gayete A, pp. 65-77. Editorial Médica Panamericana.
- Mercier, M., Barnes-Heller, H.L., Bischoff, M.G., Looper, J., & Bacmeister, C.X. (2007). Imaging diagnosis-hyperostosis associated with meningioma in a dog. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 48(5), 421-423.

- Mezer, A., Rokem, A., Berman, S., Hastie, T., & Wandell, B. A. (2016). Evaluating quantitative proton-density-mapping methods. *NeuroImage*, 37(10), 3623-3635.
- Michael, R. A., Apelt, K. D., Drost, W. T., & Dyce, J. (2005). Computed tomographic determination of tibial torsion in the dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(39), 187-191.
- Micheau, A. (2022). Anatomy of the canine whole body on CT. Disponible online: <https://www.imaios.com/en/vet-anatomy/dog/dog-whole-body> (último acceso 25 de septiembre, 2023).
- Micheau, A., & Hoa, D. (2023). Computed tomographic anatomy of the canine temporal bone with inner and middle ear. Disponible online: <https://www.imaios.com/en/vet-anatomy/dog/dog-temporal-bone> (último acceso 25 de septiembre, 2023).
- Micheau, A., Hoa, D., & Boroffka, S. (2016). Labeled anatomy of the head and skull of the dog on CT imaging (bones of cranium, brain, face, paranasal sinus, muscles of head). Disponible online: <https://doi.org/10.37019/vet-anatomy/382521.es> (último acceso 20 de septiembre, 2023)
- Micheau, A., Hoa, D., & Boroffka, S. (2023). Anatomía del pie y casco del caballo en RM. Recuperado de <https://www.imaios.com/es/vet-anatomy/caballo/caballo-dedo>
- Micheau, A., Hoa, D., Boroffka, S. (2018). Anatomy of the canine stifle joint on magnetic resonance imaging (MRI). <https://www.imaios.com/en/vet-anatomy/dog/dog-stifle2> (último acceso 12 de agosto, 2023).
- Miki, S., Yamashita, K. A., Okamoto, M. K., Iwanaga, Y., Fukuda, S., & Mashita, T. (2022). Chronic spinal epidural abscess in a cat: a case report with an unusual imaging finding. *Journal of Veterinary Medical Science*, 84(1), 69-73.
- Miles, M. S., Dhaliwal, R. S., Moore, M. P., & Reed, A. L. (2008). Association of magnetic resonance imaging findings and histologic diagnosis in dogs with nasal disease: 78 cases (2001—2004). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 232(12), 1844-1849.
- Millán, L. (2000). *Aplicación de la imagen por resonancia magnética al estudio de las patologías que afectan a la columna vertebral del perro*. Tesis Doctoral. Universidad de León.

- Miller, S. A., Van Der Woerd, A., & Bartick, T. E. (2000). Retrobulbar pseudotumor of the orbit in a cat. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 216(3), 356-358.
- Minitier, B. M., Gonçalves Arruda, A., Zuckerman, J., Caceres, A. V., & Ben-Amotz, R. (2019). Use of computed tomography (CT) for the diagnosis of mechanical gastrointestinal obstruction in canines and felines. *Plos one*, 14(8), e0219748.
- Misra LK, Entrikin RK (1988): Corticosteroid therapy in avian muscular dystrophy: evaluation by magnetic resonance relaxation times. *Exp Neurol*, 102, 217-220.
- Mitchell, A. D., Scholz, A. M., Wange, P. C., & Song, H. (2001). Body composition analysis of the pig by magnetic resonance imaging. *J. Anim. Sci.*, 79(7), 1800-1813.
- Mitchell, C. W., Nykamp, S. G., Foster, R., Cruz, R., & Montieth, G. (2012). The use of magnetic resonance imaging in evaluating horses with spinal ataxia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(6), 613-620.
- Mitchell, D. G. (1996). Liver I: Currently available gadolinium chelates. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*, 4(1), 37-51.
- Moe, L., & Lium, B. (1997). Computed tomography of hereditary multifocal renal cystadenocarcinomas in German shepherd dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 38(5), 335-343.
- Mogicato G, Conchou F, Raharison F, Sautet J (2011) Normal canine brain: comparison between magnetic resonance imaging and cross-sectional anatomy. *Rev Med Vet-Toulouse* 162: 400–405.
- Mogicato, G., Conchou, F., Layssol-Lamour, C., Raharison, F., & Sautet, J. (2012). Normal feline brain: clinical anatomy using magnetic resonance imaging. *Anatomia, histologia, embryologia*, 41(2), 87-95.
- Mohamad, J. R. J., González-Rodríguez, E., Arencibia, A., Déniz, S., Carrascosa, C., & Encinosa, M. (2023). Anatomical description of Loggerhead Turtle (*Caretta caretta*) and Green Iguana (*Iguana iguana*) skull by three-dimensional computed tomography reconstruction and maximum intensity projection images. *Animals*, 13(4), 621.
- Moissonnier, P., Blot, S., Devauchelle, P., Delisle, F., Beuvon, F., Boulha, L., ... & Lefrancois, T. (2002). Stereotactic CT-guided brain biopsy in the dog. *Journal of Small Animal Practice*, 43(3), 115-123.
- Monteiro, S. R. M., Gallucci, A., Rousset, N., Freeman, P. M., Ives, E. J., Gandini, G., ... & Vanhaesebrouck, A. E. (2016). Medical management of

spinal epidural empyema in five dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 249(10), 1180-1186.

Montie, E. W., Pussini, N., Schneider, G. E., Battey, T. W., Dennison, S., Barakos, J., & Gulland, F. (2009). Neuroanatomy and volumes of brain structures of a live California sea lion (*Zalophus californianus*) from magnetic resonance images. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*. 292(10):1523-1547.

Montie, E. W., Wheeler, E., Pussini, N., Battey, T. W., Barakos, J., Dennison, S., ... & Gulland, F. (2010). Magnetic resonance imaging quality and volumes of brain structures from live and postmortem imaging of California sea lions with clinical signs of domoic acid toxicosis. *Diseases of Aquatic Organisms*, 91(3), 243-256.

Moore, B. R., Holbrook, T. C., Stefanacci, J. D., Reed, S. M., Tate, L. P., & Menard, M. C. (1992). Contrast-enhanced computed tomography and myelography in six horses with cervical stenotic myelopathy. *Equine Veterinary Journal*, 24(3), 197-202.

Moore, A. P., Benigni, L., & Lamb, C. R. (2008). Computed tomography versus arthroscopy for detection of canine elbow dysplasia lesions. *Veterinary Surgery*, 37(4), 390-398.

Morabito, S., Auriemma, E., Zagarella, P., Mercuriali, E., Domenech, O., Gandini, G., ... & Specchi, S. (2017). Computed tomographic and angiographic assessment of spinal extradural arteriovenous fistulas in a dog. *The Canadian Veterinary Journal*, 58(3), 275.

Morandi, F., Mays, J. L., Newman, S. J., & Adams, W. H. (2007). Imaging diagnosis - bilateral adrenal adenomas and myelolipomas in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 48(3), 246-249.

Moreno-Aguado, B., Carrera, I., Holdsworth, A., Agthe, P., Maddox, T. W., & Trevail, T. (2020). CT findings in 20 dogs and six cats with confirmed nasal foreign bodies. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 61(4), 417-426.

Morgan, J. W., Santschi, E. M., Zekas, L. J., SCOLLAY-WARD, M. C., Markel, M. D., Radtke, C. L., ... & Muir, P. (2006). Comparison of radiography and computed tomography to evaluate metacarpo/metatarsophalangeal joint pathology of paired limbs of Thoroughbred racehorses with severe condylar fracture. *Veterinary Surgery*, 35(7), 611-617.

- Morgan, R. V., Daniel, G. B., & Donnell, R. L. (1993). Magnetic resonance imaging of the normal eye and orbit of the horse. *Progress in Veterinary and Comparative Ophthalmology*, 3(4), 127-133.
- Morgan, R. V., Daniel, G. B., & Donnell, R. L. (1994). Magnetic resonance imaging of the normal eye and orbit of the dog and cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 35(2), 102-108.
- Morgan, R. V., Donnell, R. L., & Daniel, G. B. (1994). Magnetic resonance imaging of the normal eye and orbit of a screech owl (*Otus asio*). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 35(5), 362-367.
- Morgan, R. V., Ring, R. D., Ward, D. A., & Adams, W. H. (1996). Magnetic resonance imaging of ocular and orbital disease in 5 dogs and a cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 37(3), 185-192.
- Morris, J. (2013). Mammary tumors in the cat: size matters, so early intervention saves lives. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15(5), 391-400.
- Morrow, K. L., Park, R. D., Spurgeon, T. L., Stashak, T. S., & Arceneaux, B. (2000). Computed tomographic imaging of the equine head. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(6), 491-497.
- Morrow, K. L., Park, R. D., Spurgeon, T. L., Stashak, T. S., & Arceneaux, B. (2000). Computed tomographic imaging of the equine head. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(6), 491-497.
- Moshage, W. E., Achenbach, S., Seese, B., Bachmann, K., & Kirchgeorg, M. (1995). Coronary artery stenoses: three-dimensional imaging with electrocardiographically triggered, contrast agent-enhanced, electron-beam CT. *Radiology*, 196(3), 707-714.
- Mukherjee, M., Jones, J.C., Holaskov, I., Raylman, R., Meade, J. (2017). Phenotyping of lumbosacral stenosis in Labrador retrievers using computed tomography. *Vet Radiol Ultrasound*.
- Müllhaupt, D., Wenger, S., Kircher, P., Pfammatter, N., Hatt, J. M., & Ohlerth, S. (2017). Computed tomography of the thorax in rabbits: a prospective study in ten clinically healthy New Zealand White rabbits. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59(1), 1-9.
- Muñiz Moris, L., Cherubini, G. B., & Caine, A. (2021). Low-Field Magnetic Resonance Imaging Findings in 18 Dogs With Presumed Optic Neuritis. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 585828.

- Murray, R. C., Dyson, S. J., Schramme, M. C., Branch, M., & Woods, S. (2003). Magnetic Resonance Imaging of the Equine Digit with Chronic Laminitis. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 44(6), 609-617.
- Nagel, C., Silver, T., & Grahn, B. (2013). Optic chiasm B-cell lymphoma in a 20 month-old Mastiff dog. *Veterinary Ophthalmology*, 16(suppl 1), 164-167.
- Nagel, H., Lang, H., Sole Guitart, A., Lean, N., Allavena, R., Sprohne-Barrera, C., & Young, A. (2022). Multi-modality imaging of aggressive submural neoplasia of the hoof in two horses. *Australian Veterinary Journal*, 100(7), 336-341.
- Nagy, A., & Dyson, S. (2011). Anatomical, magnetic resonance imaging and histological findings in the accessory ligament of the deep digital flexor tendon of forelimbs in nonlame horses. *Equine Veterinary Journal*, 43(3), 309-316.
- Nagy, A., & Dyson, S. (2011). Magnetic resonance anatomy of the carpus of the horse described from images acquired from low-field and high-field magnets. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(3), 273-283.
- Nakamura, M., Chen, H. M., Momoi, Y., & Iwasaki, T. (2005). Clinical application of computed tomography for the diagnosis of feline hepatic lipidosis. *Journal of veterinary medical science*, 67(11), 1163-1165.
- Nam, A., Hong, S.H., Jee, H.C., Lee, W.J., Myung, H., & Kim, D.H. (2022). Surgical management of a metastatic vertebral tumour originating from a mammary adenocarcinoma in a dog. *Veterinární medicína*, 67(12), 644-650.
- Nardini, G., Di Girolamo, N., Leopardi, S., Paganelli, I., Zaghini, A., Origi, F. C., & Vignoli, M. (2014). Evaluation of liver parenchyma and perfusion using dynamic contrast-enhanced computed tomography and contrast-enhanced ultrasonography in captive green iguanas (*Iguana iguana*) under general anesthesia. *Vet. Res.*, 10(1), 112.
- Natsiopoulos, T., Tappin, S., Shing, H., & Mantis, P. (2022). Dimensions of normal feline kidneys using computed tomography. *Hellenic Journal of Companion Animal Medicine*, 11(2-2022).
- Nell, B., Kneissl, S., Henninger, W., & Bago, Z. (1998). Nodular dermatofibrosis and renal cystadenocarcinoma in a German Shepherd crossbred dog. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 85(4), 123-129.

Nelson, N. C., & Nelson, L. L. (2011). Anatomy of extrahepatic portosystemic shunts in dogs as determined by computed tomography angiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(5), 498-506.

Nemanic, S., Hollars, K., Nelson, N. C., & Bobe, G. (2015). Combination of computed tomographic imaging characteristics of medial retropharyngeal lymph nodes and nasal passages aids discrimination between rhinitis and neoplasia in cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56(6), 617-627.

Newcomb, B., Arble, J., Rochat, M., Pechman, R., Payton, M. (2012). Comparison of computed tomography and myelography to a reference standard of computed tomography myelography for evaluation of dogs with intervertebral disc disease. *Vet Surg*.

Newell, S. M., Graham, J. P., Roberts, G. D., Ginn, P. E., Chewing, C. L., Harrison, J. M., & Andrzejewski, C. (2000). Quantitative magnetic resonance imaging of the normal feline cranial abdomen. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(1), 27-34.

Newell, S. M., Roberts, G. D., & Bennett, R. A. (1997, October). Imaging techniques for avian lower respiratory diseases. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 6(4), 180-186. WB Saunders.

Nisolle, J. F., Wang, X. Q., Squéllart, M., Hontoir, F., Kirschvink, N., Clegg, P., & Vandeweerd, J. M. (2014). Magnetic resonance imaging (MRI) anatomy of the ovine lumbar spine. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 43(3), 203-209.

Nitz, W., Balzar, T., Grosu, D., & Allkemper, T. (2010). Principles of magnetic resonance imaging. En *Clinical Imaging: A Practical Approach* (3^a ed., pp. 1-46). Editado por: Reimer, P., Parizel, P., Meaney, J., Stictnoth, F. Ed. Springer. Berlín, Alemania.

Nitzl, D., Ohlert, S., Mueller-Schwandt, F., Angst, A., Roos, M., & Kaser-Hotz, B. (2009). Dynamic computed tomography to measure tissue perfusion in spontaneous canine tumors. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(4), 347-352.

Nordberg, C. C., & Johnson, K. A. (1999). Magnetic resonance imaging of normal canine carpal ligaments. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 40(2), 128-136.

Nordbø, Ø., Sagevik, R., Kongsro, J., Mikkelsen, K., Gjuvsland, A. B., Gaustad, A. H., ... & Grindflek, E. (2022). A high-throughput study of visceral organs in CT-scanned pigs. *Scientific Reports*, 12(1), 9154.

- Novales, M., Lucena, R., Hernández, E. M., Ginel, P. J., Fernández, J. M., & Blanco, B. (2023). Three-Dimensional Volume Rendering in Computed Tomography for Evaluation of the Temporomandibular Joint in Dogs. *Animals*, 13(20), 3231.
- Novo Matos, J., Garcia-Canadilla, P., Simcock, I. C., Hutchinson, J. C., Dobromylskij, M., Guy, A., ... & Luis Fuentes, V. (2020). Micro-computed tomography (micro-CT) for the assessment of myocardial disarray, fibrosis and ventricular mass in a feline model of hypertrophic cardiomyopathy. *Scientific Reports*, 10(1), 20169.
- Noyes, J.A., Thomovsky, S.A., Chen, A.V., Owen, T.J., Fransson, B.A., Carbonneau, K.J., *et al.* (2017). Magnetic resonance imaging versus computed tomography to plan hemilaminectomies in chondrodystrophic dogs with intervertebral disc extrusion. *Vet Surg*.
- Nozue, Y., Yamazaki, M., Nakata, K., Nakano, Y., Yuki, G., Kimata, A., & Kamishina, H. (2020). Case report: surgical treatment for intranasal meningoencephalocele in a cat. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 532.
- Nykamp, S. G., Dykes, N. L., Cook, V. L., Beinlich, C. P., & Woodie, J. B. (2003). Computed tomographic appearance of choanal atresia in an alpaca cria. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(5), 534-536.
- Nykamp, S. G., Steffey, M. A., Scrivani, P. V., & Schatzberg, S. J. (2003a). Computed tomographic appearance of epidural empyema in a dog. *The Canadian Veterinary Journal*, 44(9), 729.
- Nykamp, S.G., Scrivani, P.V. De La H, A., Yu-S, A., & Rus, R. (2001). Chronic subdural hematomas and hydrocephalus in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 42(6), 511-514.
- Ober, C. P., Jones, J. C., Larson, M. M., Lanz, O. I., & Werre, S. R. (2008). Comparison of ultrasound, computed tomography, and magnetic resonance imaging in detection of acute wooden foreign bodies in the canine manus. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(5), 411-418.
- Ober, C., Pestean, C., Bel, L., Taulescu, M., Milgram, J., Todor, A., ... & Oana, L. (2018). Use of clinical and computed tomography findings to assess long-term unsatisfactory outcome after femoral head and neck ostectomy in four large breed dogs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 60(1), 1-5.
- Oh, J., Lee, J. H., Cho, K. O., & Choi, J. (2015). Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis with prominent appendicular bone proliferation in a dog. *Journal of Veterinary Medical Science*, 77(4), 493-497.

Ohlerth, S., Becker-Birck, M., Augsburg, H., Jud, R., Makara, M., & Braun, U. (2012). Computed tomography measurements of thoracic structures in 26 clinically normal goats. *Research in Veterinary Science*, 92(1), 7–12.

Okan, E. K. İ. M., Çağdaş, O. T. O., Algin, O., & Bakici, C. (2013). High resolution 3D magnetic resonance imaging of the visceral organs in chicken (*Gallus domesticus*) by 3 Tesla MR unit and 15-channel transmit coil. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 60(4), 229-233.

Olby, N. J., Müntana, K. R., Sharp, N. J., & Thrall, D. E. (2000). The computed tomographic appearance of acute thoracolumbar intervertebral disc herniations in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(5), 396-402.

Olive, J., Serraud, N., Vila, T., & Germain, J. P. (2017). Metacarpophalangeal joint injury patterns on magnetic resonance imaging: A comparison in racing Standardbreds and Thoroughbreds. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 58(5), 588-597.

Olszewska, A., Farke, D., & Schmidt, M. J. (2020). Spontaneous hemispheric ventricular collapse and subarachnoid haemorrhages in a dog with congenital hydrocephalus internus. *Irish veterinary journal*, 73, 1-6.

Orellana, N. (2010). *Resonancia magnética de la articulación escapulo humeral del canino*. Diploma de Estudios Avanzados. Facultad de Veterinaria. Dpto. Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria. Universidad de León, España.

Orima, H., & Fujita, M. (1997). Computed tomographic findings of experimentally induced neurogenic muscular atrophy in dogs. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 59(8), 729-731.

Orosz, S. E., and R. L. Toal (1992). Tomographic anatomy of the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 23, 39–46.

Ostrowska, J., Lindström, L., Tóth, T., Hansson, K., Uhlhorn, M., & Ley, C. J. (2020). Computed tomography characteristics of equine paranasal sinus cysts. *Equine veterinary journal*, 52(4), 538-546.

Ottesen, N., & Moe, L. (1998). An introduction to computed tomography (CT) in the dog. *European Journal of Companion Animal Practice*, 8(1), 29-36.

- Packer, R.A., Coates, J.R., Cook, C.R., Latimer, J.C., & O'Brien, D.P. (2005). Sublumbar abscess and diskospondylitis in a cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(5), 396-399.
- Palci, A., Caldwell, M. W., Hutchinson, M. N., Konishi, T., & Lee, M. S. (2020). The morphological diversity of the quadrate bone in squamate reptiles as revealed by high-resolution computed tomography and geometric morphometrics. *Journal of Anatomy*, 236(2), 210-227.
- Palladino, S., Keyerleber, M. A., King, R. G., et al. (2016). Utility of computed tomography versus abdominal ultrasound examination to identify iliosacral lymphadenomegaly in dogs with apocrine gland adenocarcinoma of the anal sac. *J Vet Intern Med*, 30(6), 1858–1863.
- Pankowski, F., Bartyzel, B. J., Paško, S., Moroz, A., Mickiewicz, M., Szaluś-Jordanow, O., & Bonecka, J. (2021). CT appearance and measurements of the normal thyroid gland in goats. *BMC Veterinary Research*, 17(1), 1–8.
- Panopoulos, I., Auriemma, E., Specchi, S., Diana, A., Pietra, M., Papastefanou, A., ... & Cipone, M. (2019). 64-multidetector CT anatomical assessment of the feline bronchial and pulmonary vascular structures. *Journal of feline medicine and surgery*, 21(10), 893-901.
- Panopoulos, I., Specchi, S., Soubasis, N., Papastefanou, A., Brellou, G., & Auriemma, E. (2018). Multidetector computed tomographic pulmonary angiography in a cat with fatal heartworm disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 59(6), E71-E75.
- Park, H. A., Kim, J. W., & Park, H. M. (2012). Characteristics of esophageal diverticula using computed tomography and three-dimensional reconstruction in a Maltese dog. *Journal of Veterinary Medical Science*, 74(9), 1233-1236.
- Park, H.A., Kim, J.W., & Park, H.M. (2012). Characteristics of esophageal diverticula using computed tomography and three-dimensional reconstruction in a Maltese dog. *Journal of Veterinary Medical Science*, 74(9), 1233-1236.
- Park, J. Y., Bugbee, A., Sharma, A., & Secrest, S. (2020). Feline pancreatic ducts are consistently identified on CT and more likely to be dilated in the body of the pancreas in cats with elevated feline pancreatic lipase immunoreactivity. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 61(3), 255-260.
- Park, R. D., Beck, E. R., & LeCouteur, R. A. (1992). Comparison of computed tomography and radiography for detecting changes induced by

malignant nasal neoplasia in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 201(11), 1720-1724.

Park, R. D., Nelson, T. R., & Hoopes, P. J. (1987). Magnetic resonance imaging of the normal equine digit and metacarpophalangeal joint. *Veterinary Radiology*, 28, 105-116.

Parker, V.J., Morrison, J.A., & Yaeger, M.J. (2010). Olfactory neuroblastoma in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 12(11), 867-871.

Parkes, J.D., Kline, K.L., Riedesel, E.A., & Haynes, J.S. (2009). A vascular hamartoma arising from the cervical spine of a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11(8), 724-727.

Parry, A.T., Upjohn, M.M., Schlegl, K., Kneissl, S., & Lamb, C.R. (2010). Computed tomography variations in morphology of the canine atlas in dogs with and without atlantoaxial subluxation. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(6), 596-600.

Passino, E. S., Careddu, G. M., Manunta, L., Siotto, P., Sanna, L., & Muzzetto, P. (2003). L'imagerie par résonance magnétique de la tête du cheval: images anatomiques normales. *Pratique Veterinaire Equine*, 35(138), 39-44.

Patsikas, M. N., Papadopoulou, P. L., Charitanti, A., Kazakos, G. M., Soultani, C. B., Tziris, N. E., ... & Stamoulas, K. G. (2010). Computed tomography and radiographic indirect lymphography for visualization of mammary lymphatic vessels and the sentinel lymph node in normal cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(3), 299-304.

Paul, A. E. H., Lenard, Z., & Mansfield, C. S. (2010). Computed tomography diagnosis of eight dogs with brain infarction. *Australian veterinary journal*, 88(10), 374-380.

Pauwels, F., Hartmann, A., Alawneh, J., Wightman, P., & Saunders, J. (2021). Contrast enhanced computed tomography findings in 105 horse distal extremities. *Journal of Equine Veterinary Science*, 104, 103704.

Payne, D.C. (1960). Observations on the functional anatomy and air sacs of *Gallus domesticus*. PhD. Thesis, University of Bristol, England.

Payo-Puente, P., Diez, A., Gonzalo-Orden, J. M., Notomi, M. K., Rodríguez-Altónaga, J. A., Rojo-Vázquez, F. A., & Orden, M. A. (2005). Computed tomography in cats infected by *Aelurostrongylus abstrusus*: 2 clinic cases. *Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 3(4), 339.

- Pease, A. P., Berry, C. R., Mott, J. P., Peck, J. N., Mays, M. B. C., & Hinton, D. (2002). Radiographic, computed tomographic and histopathologic appearance of a presumed spinal chordoma in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(4), 338-342.
- Pees, M., Kiefer, I., Ludewig, E. W., Schumacher, J. P., Krautwald-Junghans, M. E., & Oechtinger, G. (2007). Computed tomography of the lungs of Indian pythons (*Python molurus*). *American Journal of Veterinary Research*, 68, 428–434.
- Pees, M., Kiefer, I., Thielebein, J., Oechtinger, G., & Krautwald-Junghans, M. E. (2008). Computed tomography of the lungs of healthy snakes of the species *Python regius*, *Boa constrictor*, *Python reticulatus*, *Morelia viridis*, *Epicrates cenchria*, and *Morelia spilota*. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50, 487–491.
- Pees, M., Pees, K., & Kiefer, I. (2010). The use of computed tomography for assessment of the swim bladder in koi carp (*Cyprinus carpio*). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(3), 294-298.
- Penderis, J., Cert, V. R., & Dennis, R. (2004). Use of traction during magnetic resonance imaging of caudal cervical spondylomyelopathy (“Wobbler syndrome”) in the dog. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 45(3), 216-219.
- Penderis, J., Schwarz, T., McConnell, J. F., Garosi, L. S., Thomson, C. E., & Dennis, R. (2005). Dysplasia of the caudal vertebral articular facets in four dogs: results of radiographic, myelographic and magnetic resonance imaging investigations. *Veterinary record*, 156(19), 601-605.
- Penninck, D., Daniel, G. B., Brawer, R., & Tidwell, A. S. (2001). Cross-sectional imaging techniques in veterinary ophthalmology. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 16(1), 22-39.
- Pepperberg, I. M., Howell, K. S., Banta, P. A., Patterson, D. K., & Meisser, M. (1998). Measurement of grey parrot (*Psittacus erithacus*) trachea via magnetic resonance imaging, dissection, and electron beam computed tomography. *Journal of Morphology*, 238(1), 81–91.
- Pérez, S., Encinosa, M., Corbera, J. A., Morales, M., Arencibia, A., González-Rodríguez, E., Déniz, S., Melián, C., Suárez-Bonnet, A., & Jaber, J. R. (2021). Cranial structure of *Varanus komodoensis* as revealed by computed-tomographic imaging. *Animals*, 11, 1078.
- Pérez, S., Encinosa, M., Morales, M., Arencibia, A., Suárez-Bonnet, A., González-Rodríguez, E., & Jaber, J. R. (2021). Comparative evaluation of the Komodo dragon (*Varanus komodoensis*) and the Green iguana

(*Iguana iguana*) skull by three-dimensional computed tomographic reconstruction. *Slov. Vet. Res.*, 58, 111–116.

Perfetti, S., Diana, A., Baron Toaldo, M., Cipone, M., Quinci, M., & Pey, P. (2021). CT measures of adrenal gland length and caudal pole diameter are reproducible in large breed dogs: A pilot study. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 62(4), 402-412.

Perlini, M., Bugbee, A., & Secrest, S. (2018). Computed tomographic appearance of abdominal lymph nodes in healthy cats. *Journal of veterinary internal medicine*, 32(3), 1070-1076.

Pernía, A. I., Díez, A., Fueyo, F., Sánchez, J., Gonzalo-Orden, J. M., & Gonzalo, J. M. (1999). Imágenes de tomografía computarizada y resonancia magnética de la cenurosis ovina. *VIII Congreso Internacional SECIVE, 1999, Cáceres*, p. 337.

Perrier, M., Manso-Díaz, G., & Dunkel, B. (2023). Computed tomography findings in horses presented with signs of head-shaking. *Equine Veterinary Journal*, 55(4), 649-655.

Perry, K. L., Lam, R., Rutehrford, L., & Arthurs, G. I. (2012). A case of scapular avulsion with concomitant scapular fracture in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 14(12), 946-951.

Peterson, P. R., & Bowman, K. F. (1988). Computed tomography anatomy of the distal extremity of the horse. *Veterinary Radiology*, 29(4), 147–156.

Petit, C. V., Chen, A. V., Murthy, V. D., Roberts, G. D., & Valerio-López, C. (2023). MRI and CT characteristics of a grade I meningioma with concurrent cribriform plate lysis in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 64(3), E23-E26.

Petnehazy, O., Benczik, J., Takacs, I., Petrasi, Z., Sütő, Z., Horn, P., & Repa, I. (2012). Computed tomographical (CT) anatomy of the thoracoabdominal cavity of the male turkey (*Meleagris gallopavo*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 41(1), 12-20.

Petnehazy, O., Donko, T., Ellis, R., Csoka, A., Czeibert, K., Baksa, G., ... & Moizs, M. (2021). Creating a cross-sectional, CT and MR atlas of the Pannon minipig. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 50(3), 562-571.

Petrási, Z., Romvari, R., Bajzik, G., Fenyves, B., Repa, I., & Horn, P. (2001). ECG-gated dynamic magnetic resonance imaging method for examination of the pig heart. *Acta Vet. Hung.*, 49(3), 275-284.

Pettigrew, R., Rylander, H., & Schwarz, T. (2009). Magnetic resonance imaging contrast enhancement of the trigeminal nerve in dogs without evidence of trigeminal neuropathy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(3), 276-278.

Pey P, Daminet S, Smets PM, et al: Contrast-enhanced ultrasonographic evaluation of adrenal glands in dogs with pituitary-dependent hyperadrenocorticism, *Am J Vet Res*, 74(3), 417–425, 2013.

Pey, P., Marcon, O., Drigo, M., Specchi, S., & Bertolini, G. (2015). Multidetector-row computed tomographic characteristics of presumed preureteral vena cava in cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56(4), 359-366.

Pietsch, H. (1998). Magnetic resonance imaging of the abdomen of the cat. Doctoral Thesis. University of Berlin.

Piola, V., Posch, B., Radke, H., TeLintelo, G., & Herrtage, M. E. (2012). Magnetic resonance imaging features of canine incomplete humeral condyle ossification. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(5), 560-565.

Pirko, I., Thomas, S., Johnson, A., Rodríguez, M., & Macura, S. (2005). Magnetic resonance imaging, microscopy, and spectroscopy of the central nervous system in experimental animals. *NeuroRx*, 2(2), 250-264.

Platt, S. R., Radaelli, S. T., & McDonnell, J. J. (2002). Computed tomography after mild head trauma in dogs. *The Veterinary Record*, 151(8), 243.

Podadera, J., Gavin, P., Saveraid, T., Hall, E., Chau, J., & Makara, M. (2014). Effects of stifle flexion angle and scan plane on visibility of the normal canine cranial cruciate ligament using low-field magnetic resonance imaging. *Veterinary radiology & ultrasound*, 55(4), 407-413.

Poirier, C., Vellema, M., Verhoye, M., Van Meir, V., Wild, J. M., Balthazart, J., & Van Der Linden, A. (2008). A three-dimensional MRI atlas of the zebra finch brain in stereotaxic coordinates. *Neuroimage*, 41(1), 1-6.

Polizopoulou ZS, Koutinas AF, Souftas VD, et al. (2004). Diagnostic correlation of CT-MRI and histopathology in 10 dogs with brain neoplasms. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med*, 51, 226–231.

Pons-Sorolla, M., Dominguez, E., Czopowicz, M., Suñol, A., Maeso Ordás, C., Morales Moliner, C., ... & Montoliu, P. (2022). Clinical and Magnetic Resonance Imaging (MRI) Features, Tumour Localisation, and

Survival of Dogs with Presumptive Brain Gliomas. *Veterinary Sciences*, 9(6), 257.

Pooley, R. A. (2005). *Fundamental Physics of MR Imaging. Radiographics*, 25(4), 1087-1099.

Pósa, R., Magyar, T., Stoev, S. D., Glávits, R., Donkó, T., Repa, I., & Kovács, M. (2013). Use of computed tomography and histopathologic review for lung lesions produced by the interaction between *Mycoplasma hyopneumoniae* and Fumonisin mycotoxins in pigs. *Veterinary Pathology*, 50(6), 971-979.

Poulin Braim, A. E., Bell, R. J. W., Textor, J. A., et al. (2010). Computed tomography of proximal metatarsal and concurrent third tarsal bone fractures in a Thoroughbred racehorse. *Equine Veterinary Education*, 22(6), 290–295.

Poveda, F., Gil, D., Martí, E., Andaluz, A., Ballester, M., & Carreras, F. (2013). Helical structure of the cardiac ventricular anatomy assessed by diffusion tensor magnetic resonance imaging with multiresolution tractography. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 66(10), 782-790.

Powell, S. E. (2012). Low-field standing magnetic resonance imaging findings of the metacarpo/metatarsophalangeal joint of racing Thoroughbreds with lameness localized to the region: a retrospective study of 131 horses. *Equine veterinary journal*, 44(2), 169-177.

Pownder, S. L., Cooley, S., Hayashi, K., Bezuidenhout, A., Koff, M. F., & Potter, H. G. (2016). Non-invasive magnetic resonance imaging diagnosis of presumed intermedioradial carpal bone avascular necrosis in the dog. *The Canadian Veterinary Journal*, 57(8), 879.

Pownder, S. L., Hayashi, K., Caserto, B. G., Norman, M. L., Potter, H. G., & Koff, M. F. (2018). Magnetic resonance imaging T2 values of stifle articular cartilage in normal beagles. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 31(02), 108-113.

Pozzi, L., & Trucchi, G. (1973). Esame tomografico del cranio di canis familiaris. *Istituto di Radiologia Clinica, Clinica-Istituto di Patologia Speciale e Clinica Chirurgica Veterinaria, Torino (Italia)*.

Prather, A. B., Berry, C. R., & Thrall, D. E. (2005). Use of radiography in combination with computed tomography for the assessment of noncardiac thoracic disease in the dog and cat. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(2), 114-121.

- Precht, C., Vermathen, P., Henke, D., Staudacher, A., Lauper, J., Seuberlich, T., ... & Schweizer-Gorgas, D. (2020). Correlative magnetic resonance imaging and histopathology in small ruminant listeria rhombencephalitis. *Frontiers in Neurology*, *11*, 518697.
- Prieto-Rayo, J.C., & Valera, C. (2014). Farmacología clínica y seguridad de los medios de contraste yodados. *Revista de Farmacología de Chile*, *7*, 57-69.
- Probst, A., & Kneissl, S. (2001). Computed tomographic anatomy of the canine pancreas. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *42*(3), 226-230.
- Probst, A., & Kneissl, S. (2001). Computed tomographic anatomy of the canine pancreas. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *42*(3), 226-230.
- Probst, A., Henninger, W., & Willmann, M. (2005). Communications of normal nasal and paranasal cavities in computed tomography of horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *46*(1), 44–48.
- Probst, A., Henninger, W., Willmann, M., Bergmeister, H., & Losert, U. (1998). Computed tomography of the pancreas in experimental pigs used in medical research. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, *85*(10), 352-358.
- Przeworski, a., Adamiak, Z., & Glodek, J. (2016). Comparison of high-field and low-field magnetic resonance imaging of stifle joint disorders in dogs. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, *19*(3).
- Puchalski, S. M., Galuppo, L. D., Drew, C. P., & Wisner, E. R. (2009). Use of contrast-enhanced computed tomography to assess angiogenesis in deep digital flexor tendonopathy in a horse. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *50*(3), 292-297.
- Pujol, E., Van Bree, H., Cauzinille, L., Poncet, C., Gielen, I., & Bouvy, B. (2011). Anatomic study of the canine stifle using low-field magnetic resonance imaging (MRI) and MRI arthrography. *Veterinary Surgery*, *40*(4), 395-401.
- Purdoiu, R. C., Ashur, R., Condor, L., & Lacatus, R. (2018). Computed Tomography Findings in Spinal Compression in 196 Dogs. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine*, *75*(1).
- Pye, G. W., Bennett, R. A., Newell, S. M., Kindred, J., & Johns, R. (2000). Magnetic resonance imaging in psittacine birds with chronic sinusitis. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, *14*(4), 243-256.
- Quayle, M. R., Barnes, D. G., Kaluza, O. L., & McHenry, C. R. (2014). An interactive three-dimensional approach to anatomical description—the

jaw musculature of the Australian laughing kookaburra (*Dacelo novaeguineae*). *PeerJ*, 2, e355.

Raes, E. V., Bergman, E. H. J., Van Der Veen, H., Van Derperren, K., Vaa Der Vekens, E., & Saunders, J. H. (2011). Comparison of cross-sectional anatomy and computed tomography of the tarsus in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 72(9), 1209–1221.

Raji, A. R., Sardari, K., & Mirmahmoob, P. (2009). Magnetic resonance imaging of the normal bovine digit. *Veterinary Research Communications*, 33, 515-520.

Raji, A. R., Sardari, K., & Mohammadi, H. R. (2008). Normal cross-sectional anatomy of the bovine digit: comparison of computed tomography and limb anatomy. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 37(3), 188–191.

Raju, T. N. (1999). *The Nobel chronicles. 1979: Allan MacLeod Cormack (b 1924); and Sir Godfrey Newbold Hounsfield (b 1919)*. *Lancet (London, England)*, 354(9190), 1653.

Ramírez Giraldo, J. C., Arboleda Clavijo, C., & McCollough, C. H. (2008). Tomografía computarizada por rayos X: fundamentos y actualidad. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(4), 54-66.

Ramsey, D. T., Gerding, P. A., Losonsky, J. M., Kuriashkin, I. V., & Clarkson, R. D. (1994). Comparative value of diagnostic imaging techniques in a cat with exophthalmos. *Veterinary and Comparative Ophthalmology*, 4(4), 198-202.

Rapoport, K., Shamir, M. H., Bibring, U., Barnoon, I., Shipov, A., & Chai, O. (2016). Epidural spinal empyema and vertebral osteomyelitis in a cat. *Isr J Vet Med*, 71(4), 41-44.

Razmyar, J., Yousefzadeh, A., Dezfoulian, O., & Peighambari, S. M. (2020). Osteofibrous Dysplasia in a Cockatiel (*Nymphicus hollandicus*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 34(1), 83-88.

Real, I. G. (2000). Estudio por resonancia magnética del abdomen y la pelvis en el gato; imagen normal y correlación anatómica. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid.

Reetz, J. A., Suran, J. N., Zwingenberger, A. L., & Stefanovski, D. (2019). Nodules and masses are associated with malignant pleural effusion in dogs and cats but many other intrathoracic CT features are poor predictors of the effusion type. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 60(3), 289-299.

Reif, U., Lowrie, C.T., & Fitzgerald, S.D. (1998). Extradural spinal angioliopoma associated with bone lysis in a dog. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 34(5), 373-376.

Reis Silva, H., Uosyete, R., Clements, D. N., Bergkvist, G. T., & Schwarz, T. (2013). Computed tomography and positive contrast computed tomographic arthrography of the canine shoulder: normal anatomy and effects of limb position on visibility of soft tissue structures. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(5), 470-477.

Resnik, C. S., Smithson, L. V., Bradshaw, J. A., & Yaghmai, I. (1983). The two-eyed Scotty dog: a normal anatomic variant. *Radiology*, 149(3), 680.

Ricciardi, M. (2016). Usefulness of multidetector computed tomography in the evaluation of spinal neuro-musculoskeletal injuries. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 29(01), 1-13.

Ricciardi, M., Campanella, A., Grieco, G., Zammit, R. (2018). Usefulness of spinal unenhanced computed tomography and CT-myelography in the age of multidetector CT technology and magnetic resonance imaging - preliminary considerations. *Open Vet J*.

Ricciardi, M., Martino, R., & Assad, E. A. (2013). Imaging diagnosis: celiacomesenteric trunk and portal vein hypoplasia in a pit bull terrier. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55(2), 190-194.

Richter, M., Stankeova, S., Hauser, B., Scharf, G., & Spiess, B. M. (2003). Myxosarcoma in the eye and brain in a dog. *Veterinary Ophthalmology*, 6(3), 183-189.

Ridgway, S., Houser, D., Finneran, J., Carder, D., Keogh, M., Van Bonn, W., Smith, C., Scadeng, M., Dubowitz, D., Mattrey, R., & Hoh, C. (2006). Functional imaging of dolphin brain metabolism and blood flow. *Journal of Experimental Biology*, 209(Pt 15), 2902-2910.

Riesco del Pino, A. M. (2009). *Entorno virtual de visualización 3D de la vía óptica y sistema oculomotor, a partir de secciones seriadas de resonancia magnética*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.

Rinck, P. A. (2019). *Magnetic Resonance in Medicine: A Critical Introduction*. BoD—Books on Demand.

Rishniw, M., Knowlen, G.G., & Shields, P. (1992). Contrast-enhanced ultra-fast computed tomography assessment of changes in myocardial perfusion in the dog. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 6(2), 113.

- Risio, L. D., Adams, V., Dennis, R., McConnell, F., & Platt, S. (2007). Magnetic resonance imaging findings and clinical associations in 52 dogs with suspected ischemic myelopathy. *Journal of veterinary internal medicine*, 21(6), 1290-1298.
- Rivas, A. E., Fischetti, A. J., Le Roux, A. B., Hollinger, C., Oehler, D. A., & Paré, J. A. (2019). Standing computed tomography in nonanesthetized little penguins (*Eudyptula minor*) to assess respiratory system anatomy and monitor disease. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 50(2), 396-404.
- Rivera, D. M., Puentes, S., & Caballero, L. (2011). *Resonancia magnética cerebral: secuencias básicas e interpretación*. *Universitas Médica*, 52(3), 292-306.
- Rivero, M. A., Ramirez, J. A., Vazquez, J. M., Gil, F., Ramirez, G., & Arencibia, A. (2005). Normal anatomical imaging of the thorax in three dogs: computed tomography and macroscopic cross sections with vascular injection. *Anatomia, histologia, embryologia*, 34(4), 215-219.
- Robben JH, Pollak YWEA, Kirpensteijn J, et al: Comparison of ultrasonography, computed tomography, and single-photon emission computed tomography for the detection and localization of canine insulinoma, *J Vet Intern Med*, 19(1), 15, 2005.
- Robertson, I., Thrall, D.E. (2011). Imaging dogs with suspected disc herniation: pros and cons of myelography, computed tomography, and magnetic resonance. *Vet Radiol Ultrasound*.
- Roca, M. (1992). *Resonancia magnética del sistema musculoesquelético*. Doyma. Barcelona.
- Rodriguez, K. T., O'Brien, M. A., Hartman, S. K., Mulherin, A. C., McReynolds, C. J., McMichael, M., ... & O'Brien, R. T. (2014). Microdose computed tomographic cardiac angiography in normal cats. *Journal of Veterinary Cardiology*, 16(1), 19-25.
- Roels, J., Hassoun, R., Massenzio, M., Ronel, S., Lafon, Y., Viguier, E., & Cachon, T. (2022). A morphometric analysis of thoracolumbar vertebrae in goat by computed tomography. *Veterinary and Animal Science*, 15, 100233.
- Rohde, U., Wiskott, U., & Konig, H. E. (1980). Computer tomography of the abdomen of man and dog. Comparative study. *Kleintierpraxis*, 25(3), 135-142.

Rohleder, J. J., Jones, J. C., Duncan, R. B., Larson, M. M., Waldron, D. L., & Tromblee, T. (2006). Comparative performance of radiography and computed tomography in the diagnosis of middle ear disease in 31 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(1), 45-52.

Rojo Revenga, E. (2020). *Tomografía computarizada de doble energía: Fundamentos, descripción y análisis de las dosis de radiación a pacientes*. Trabajo de Fin de Grado. Repositorio documental Universidad de Valladolid, Facultad de Ciencias.

Rojo, D., Vázquez, J. M., Sánchez, C., Arencibia, A., García, M. I., Soler, M., ... & Ramírez, G. (2020). Sectional anatomic and tomographic study of the feline abdominal cavity for obtaining a three-dimensional vascular model. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 21(4), 279.

Romagnano A, Shiroma TJ, Heard DS et al. Magnetic resonance imaging of the brain and coelomic cavity of the domestic pigeon (*Columba Livia domestica*). *Vet Rad & Ultrasound* 1996; 37: 431–440.

Romvári, R., Zs. Petrási, Z. Sütő, A. Szabó, G. Andrásy-Baka, R. Garamvölgyi, and P. Horn (2004). Non-invasive characterization of the turkey heart performance and its relationship to skeletal muscle volume. *Poultry Science*, 83, 696–700.

Rose, P. L., Seeherman, H., & O'Callaghan, M. (1997). Computed tomographic evaluation of comminuted middle phalangeal fractures in the horse. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 38(6), 424-429.

Rosenstein, D. S. (2000). Diagnostic imaging in canine pheochromocytoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 41(6), 499-506.

Rosenthal K, Stefanacci J, Quesenberry K, et al. (1995). Computerized tomography in 10 cases of avian intracranial disease. *Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians*, 16, 305.

Rossi, F., Seiler, G., Busato, A., Wacker, C., & Lang, J. (2004). Magnetic resonance imaging of articular process joint geometry and intervertebral disk degeneration in the caudal lumbar spine (L5- S1) of dogs with clinical signs of cauda equina compression. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 45(5), 381-387.

Rovel, T., Audigié, F., Coudry, V., Jacquet-Guibon, S., Bertoni, L., & Denoix, J. M. (2019). Evaluation of standing low-field magnetic resonance imaging for diagnosis of advanced distal interphalangeal primary degenerative joint disease in horses: 12 cases (2010–2014). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 254(2), 257-265.

- Royaux, E., Martle, V., Kromhout, K., van der Vekens, E., Broeckx, B.J.G., van Ham, L., *et al.* (2016). Detection of compressive hydrated nucleus pulposus extrusion in dogs with multislice computed tomography. *Vet J.*
- Roza, M. R., Silva, L. A. F., Januario, A. L., Fioravanti, M. C. S., & Barriviera, M. (2011). Review of diagnostic imaging of ear diseases in dog and cat. *Journal of Feline Medicine & Surgery*, 13(6), 393-398.
- Rozear, L., & Tidwell, A. S. (2003). Evaluation of the ureter and ureterovesicular junction using helical computed tomographic excretory urography in healthy dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(2), 155-164.
- Rubin, J. A., Kim, S. E., & Bacon, N. J. (2013). Traumatic tympanic bulla fracture. *The Journal of Small Animal Practice*, 54(11), 605-609.
- Rudich, S. R., Feeney, D. A., Anderson, K. L., & Walter, P. A. (2004). Computed tomography of masses of the brachial plexus and contributing nerve roots in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(1), 46-50.
- Ruffins SW, Martin M, Keough L, Truong S, Fraser SE, Jacobs RE, Lansford R (2007): Digital ThreeDimensional Atlas of Quail Development Using HighResolution MRI. *ScientificWorldJournal*, 7, 592-604.
- Rumberger, J. A., Schmermund, A., & Erbel, R. (1998). What is the current role of electron beam computed tomography in coronary imaging?. In *What's New in Cardiovascular Imaging?* (pp. 401-409). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Runge, V. M., & Heverhagen, J. T. (2022). Image resolution: pixel and voxel size. In *The Physics of clinical MR Taught Through Images* (pp. 34-35). Cham: Springer International Publishing.
- Russo, M., Covelli, E. M., Meomartino, L., Lamb, C. R., & Arturo Brunetti, V. (2002). Computed tomographic anatomy of the canine inner and middle ear. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(1), 22-26.
- Russo, M., Covelli, E. M., Meomartino, L., Lamb, C. R., & Brunetti, A. (2002). Computed tomographic anatomy of the canine inner and middle ear. *Vet Radiol Ultrasound*, 43(1), 22-26.
- Ryan, T. M., Platt, S. R., Llabres-Diaz, F. J., McConnell, J. F., & Adams, V. J. (2008). Detection of spinal cord compression in dogs with cervical intervertebral disc disease by magnetic resonance imaging. *Veterinary Record*, 163(1), 11-15.

- Rylander, H., Lipsitz, D., Berry, W.L., Sturges, B.K., Vernau, K.M., Dickinson, P.J., Anor, S.A., Higgins, R.J., & Lecouteur, R.A. (2002). Retrospective analysis of spinal arachnoid cysts in 14 dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 16(6), 690-696.
- Sager, M., & Asshauer, J. (1996). MRI examination of the elbow joint in the dog. *Vet. Surg.* 25: 263-264.
- Saito, M., Sharp, N. J., Kortz, G. D., De Lahunta, A., Leventer, R. J., Tokuriki, M., & Thrall, D. E. (2002). Magnetic Resonance Imaging Features of Lissencephaly in 2 Lhasa Apsos. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(4), 326-331.
- Salgüero, R., Johnson, V., Williams, D., Hartley, C., Holmes, M., Dennis, R., & Herrtage, M. (2015). CT dimensions, volumes and densities of normal canine eyes. *Veterinary Record*, 176(15), 386-386.
- Salvatore, M., Lorizio, R., Barile Corona, A., Cuomo, A., & Potena, A. (1988). Study of the thoracic and abdominal organs in the dog with magnetic resonance tomography. *Acta Med. Vet.*, 34, 529-537.
- Salvatore, M., Lorizio, R., Barile, A., Corona, A., Cuona, A., & Potena, A. (1998). Study of the thoracic and abdominal organs in the dog with magnetic resonance tomography. *Acta Med. Vet. (Napoli)*, 34, 529-537.
- Samii, V. F. (2005). Inverted contrast medium-urine layering in the canine urinary bladder on computed tomography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(6), 502-505.
- Samii, V. F., & Dyce, J. (2004). Computed tomographic arthrography of the normal canine stifle. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(5), 402-406.
- Samii, V. F., & Dyce, J. (2004). Computed tomographic arthrography of the normal canine stifle. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(5), 402-406.
- Samii, V. F., Biller, D. S., & Koblik, P. D. (1998). Normal cross-sectional anatomy of the feline thorax and abdomen: comparison of computed tomography and cadaver anatomy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 39(6), 504-511.
- Samii, V. F., Biller, D. S., & Koblik, P. D. (1999). Magnetic resonance imaging of the normal feline abdomen: an anatomic reference. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 40(5), 486-490.
- Samii, V. F., Dyce, J., Pozzi, A., Drost, W. T., Mattoon, J. S., Green, E. M., ... & Lehman, A. M. (2009). Computed tomographic arthrography of

the stifle for detection of cranial and caudal cruciate ligament and meniscal tears in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(2), 144-150.

Samii, V. F., Les, C. M., Schulz, K. S., Keyak, J. H., & Stover, S. M. (2002). Computed tomographic osteoabsorptiometry of the elbow joint in clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 63(8), 1159-1166.

Samoy, Y., Gielen, I., Van Caelenberg, A., van Bree, H., Duchateau, L., & Van Ryssen, B. (2012). Computed tomography findings in 32 joints affected with severe elbow incongruity and fragmented medial coronoid process. *Veterinary Surgery*, 41(4), 486-494.

Sande, R. D. (1992). Radiography, myelography, computed tomography and magnetic resonance imaging of the spine. *Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice*, 22(4), 811-831.

Sande, R. D. (1992). Radiography, myelography, computed tomography and magnetic imaging of the spine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 22(4), 811-831.

Sanders, S. G., Tucker, R. L., Bagley, R. S., & Gavin, P. R. (2001). Magnetic resonance imaging features of equine nigropallidal encephalomalacia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 42(4), 291-296.

Sandmeier, P., Clauss, M., Donati, O. F., Chiers, K., Kienzle, E., & Hatt, J. M. (2012). Use of deferiprone for the treatment of hepatic iron storage disease in three hornbills. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 240(1), 75-81.

Sandoval, J. (2003). *Tratado de anatomía veterinaria. Tomo IV (Tegumento, órganos de los sentidos, sistema nervioso central y anatomía de las aves)*. Sorles León.

Sanz, M. G., Sampson, S. N., Schneider, R. K., Gavin, P. R., & Baszler, T. V. (2006). Detection of an epidermoid cyst in the foot of a horse by use of magnetic resonance imaging. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 228(12), 1918-1921.

Sartori, P., Rozowykniat, M., Siviero, L., Barba, G., Peña, A., Mayol, N., ... & Ortiz, A. (2015). Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética. *Revista Argentina de Radiología*, 79(4), 192-204.

Sary, R., Khalil, K., Sindi, R. A., Mohamed, R. H., Hussein, H. A., Eid, R. A., ... & Ahmed, A. E. (2022). Characteristics of Ultrasound and Magnetic

Resonance Imaging of Normal Testes and Epididymis Besides Angiography of Testicular Artery in Dromedary Camel. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 899570.

Sasaki, M., Hayashi, Y., Koie, H., Yamaya, Y., Kimura, J., Manglai, D., Kawashima, S., Endo, H., & Yamamoto, M. (1999). CT examination of the guttural pouch (auditory tube diverticulum) in Przewalski's Horse (*Equus przewalskii*). *The Journal of Veterinary Medical Science*, 61(9), 1019–1022.

Saunders, J. H., & Van Bree, H. (2003). Comparison of radiography and computed tomography for the diagnosis of canine nasal aspergillosis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(4), 414-419.

Saunders, J. H., Clercx, C., Snaps, F. R., Sullivan, M., Duchateau, L., Van Bree, H. J., & Dondelinger, R. F. (2004). Radiographic, magnetic resonance imaging, computed tomographic, and rhinoscopic features of nasal aspergillosis in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 225(11), 1703-1712.

Saunders, J. H., Clercx, C., Snaps, F. R., Sullivan, M., Duchateau, L., Van Bree, H. J., & Dondelinger, R. E. (2004). Radiographic, magnetic resonance imaging, computed tomographic, and rhinoscopic features of nasal aspergillosis in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 225(11), 1703-1712.

Saunders, J. H., Van Bree, H., Gielen, I., & De Rooster, H. (2003). Diagnostic value of computed tomography in dogs with chronic nasal disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(4), 409-413.

Saunders, J. H., Zonderland, J. L., Clercx, C., Gielen, I., Snaps, F. R., Sullivan, M., ... & Dondelinger, R. F. (2002). Computed tomographic findings in 35 dogs with nasal aspergillosis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(1), 5-9.

Schaefer, S. L., & Forrest, L. J. (2006). Magnetic resonance imaging of the canine shoulder: an anatomic study. *Veterinary Surgery*, 35(8), 721-728.

Schambach, S. J., Bag, S., Groden, C., Schilling, L., & Brockmann, M. A. (2010). Vascular imaging in small rodents using micro-CT. *Methods*, 50(1), 26-35.

Schambach, S. J., Bag, S., Schilling, L., Groden, C., & Brockmann, M. A. (2010). Application of micro-CT in small animal imaging. *Methods*, 50(1), 2-13.

Scharf, G., Deplazes, P., Kaser–Hotz, B., Borer, L., Hasler, A., Haller, M., & Flückiger, M. (2004). Radiographic, ultrasonographic, and computed tomographic appearance of alveolar echinococcosis in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(5), 411-418.

Schenk, H. C., Ganter, M., Seehusen, F., Schroeder, C., Gerdwilker, A., Baumgaertner, W., & Tipold, A. (2007). Magnetic resonance imaging findings in metabolic and toxic disorders of 3 small ruminants. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 21(4), 865-871.

Scherrer, W. E., Kyles, A. E., Samii, V. F., Hardie, E. M., Kass, P. H., & Gregory, C. R. (2008). Computed tomographic assessment of vascular invasion and resectability of mediastinal masses in dogs and a cat. *New Zealand Veterinary Journal*, 56(6), 330-333.

Scherzer, C., Windhagen, H., Nellesen, J., Crostak, H. A., Rohn, K., Witte, F., ... & Hauschild, G. (2009). Comparative structural analysis of the canine femoral head in Legg-Calvé-Perthes disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(4), 404-411.

Schlaaf, S. (1962). Spezielle verfahren in der röntgendiagnostik und ihre verwendungsmöglichkeiten beim hund. 1 Mitteilung: Tomographie. *Monatsheft für Veterinärmedizin*, 18, 473-478.

Schmidt (2015). Comparative anatomy of the pig brain-An integrative magnetic resonance imaging (MRI) study of the porcine brain with special emphasis on the external morphology of the cerebral cortex. *Doctoral-Thesis*, Justus Liebig University Giessen, Germany.

Schmidt, M. J., Knemeyer, C., & Heinsen, H. (2019). Neuroanatomy of the equine brain as revealed by high-field (3 Tesla) magnetic-resonance-imaging. *PLOS ONE*, 14(4), e0213814.

Schmidt, M. J., Langen, N., Klumpp, S., Nasirimanesh, F., Shirvanchi, P., Ondreka, N., & Kramer, M. (2012). A study of the comparative anatomy of the brain of domestic ruminants using magnetic resonance imaging. *The Veterinary Journal*, 191(1), 85-93.

Schmidt, M. J., Pilatus, U., Wigger, A., Kramer, M., & Oelschlager, H. A. (2009). Neuroanatomy of the calf brain as revealed by high-resolution magnetic resonance imaging. *Journal of Morphology*, 270, 745–758.

Schneider, A., Tessier, C., Gorgas, D., Kircher, P., Mamani, J., & Miclard, J. (2010). Magnetic resonance imaging features of a benign peripheral nerve sheath tumor with ‘ancient’ changes in the tongue of a horse. *Equine Veterinary Education*, 22(7), 346-351.

- Schorn, C., Hildebrandt, N., Schneider, M., & Schaub, S. (2021). Anomalies of the aortic arch in dogs: evaluation with the use of multidetector computed tomography angiography and proposal of an extended classification scheme. *BMC Veterinary Research*, 17(1), 387.
- Schroeder, R., Pelsue, D.H., Park, R.D., Gasso, D., & Bruecker, K.A. (2011). Contrast-enhanced CT for localizing compressive thoracolumbar intervertebral disc extrusion. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 47(3), 203-209.
- Schuller, S., Fredericksen, M., Schroder, H., Meyer-Lindenberg, A., & Hewicker-Trautwein, M. (2005). Differentiation of canine intrathoracic neoplasia and inflammation by computed tomography. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 118(1-2), 76-84.
- Schultz, R. M., & Zwingenberger, A. (2008). Radiographic, computed tomographic, and ultrasonographic findings with migrating intrathoracic grass awns in dogs and cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(3), 249-255.
- Schultz, R. M., Peters, J., & Zwingenberger, A. (2009a). Radiography, computed tomography and virtual bronchoscopy in four dogs and two cats with lung lobe torsion. *Journal of Small Animal Practice*, 50(7), 360-363.
- Schulz, J., Hammond, E. E., Haymon, M., Ramis, A., Martorell, J., & Aguilar, R. F. (2003). Magnetic resonance imaging as a method of diagnosing leukoencephalopathy in a cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Verh. ber. Erkr. Zootiere* 41, 1-6.
- Schwarz, L. A., & Tidwell, A. S. (1999). Alternative imaging of the lung. *Clinical Techniques of the Small Animal Practice*, 14(4), 187-206.
- Schwarz, T., & Saunders, J. (Eds.). (2011). *Veterinary Computed Tomography*. John Wiley & Sons.
- Schwarz, T., Kelley, C., Pinkerton, M. E., & Hartup, B. K. (2016). Computed tomographic anatomy and characteristics of respiratory aspergillosis in juvenile whooping cranes. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(1), 16-23.
- Schwarz, T., Shorten, E., Gennace, M., Saunders, J., Longo, M., Costa, F. S., ... & Gunn-Moore, D. (2021). CT features of feline lipiduria and renal cortical lipid deposition. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 23(4), 357-363.

Schweda, M. C., Hassan, J., Böhler, A., Tichy, A., Reiter, A. M., & Künzel, F. (2014). The role of computed tomography in the assessment of dental disease in 66 guinea pigs. *Veterinary Record*, 175(21), 538-538.

Scollan, K. F., Bottorff, B., Stieger-Vanegas, S., Nemanic, S., & Sisson, D. (2015). Use of multidetector computed tomography in the assessment of dogs with pericardial effusion. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29(1), 79-87.

Sebastian-Marcos, P., Fonfara, S., Borgeat, K., Warren-Smith, C., & Casamian-Sorrosal, D. (2019). Anatomical anomalies and variations of main thoracic vessels in dogs: a computed tomography study. *Journal of Veterinary Cardiology*, 21, 57-66.

Secrest, S., Essman, S., Nagy, J., & Schultz, L. (2013). Effects of furosemide on ureteral diameter and attenuation using computed tomographic excretory urography in normal dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(1), 17-24.

Secrest, S., Sharma, A., & Bugbee, A. (2018). Triple phase computed tomography of the pancreas in healthy cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 59(2), 163-168.

Seguin, B., Tobias, K. M., Gavin, P. R., et al. (1999). Use of magnetic resonance angiography for diagnosis of portosystemic shunts in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 40(3), 251–258.

Seibert, J. A. (1997). The AAPM/RSNA physics tutorial for residents. X-ray generators. *Radiographics*, 17(6), 1533-1557.

Seibert, J. A. (2004). X-ray imaging physics for nuclear medicine technologists. Part 1: Basic principles of x-ray production. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 32(3), 139-147.

Seiler, G., Häni, H., Scheidergger, J., Busato, A., & Lang, J. (2003). Staining of lumbar intervertebral disc regeneration in nonchondrodystrophic dogs using low-field magnetic resonance imaging. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 44(2), 179-184.

Seiler, G., Schwarz, T., Vignoli, M., & Rodriguez, D. (2008). Computed tomographic features of lung lobe torsion. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(6), 504-508.

Seki, Y., Mackey, M., & Meyers, M.A. (2012). Structure and micro-computed tomography-based finite element modeling of Toucan beak. *J Mech Behav Biomed Mater*, 9, 1-8.

- Seo Y, Hashimoto T, Nuki Y, Hasegawa BH (2008). In vivo microCT imaging of rodent cerebral vasculature. *Phys Med Biol*, 53, N99–107.
- Serai, S. D., Ho, M. L., Artunduaga, M., Chan, S. S., & Chavhan, G. B. (2021). Components of a magnetic resonance imaging system and their relationship to safety and image quality. *Pediatric Radiology*, 51, 716-723.
- Seruca, C., Rodenas, S., Leiva, M., Pena, T., & Anor, S. (2010). Acute postretinal blindness: ophthalmologic, neurologic, and magnetic resonance imaging findings in dogs and cats (seven cases). *Veterinary Ophthalmology*, 13(5), 307-314.
- Sethapanichsakul, T., Coram, R. A., & Benton, M. J. (2023). New information on the cranial anatomy of the Middle Triassic rhynchosaurian reptile *Bentonyx sidensis*. *Acta Palaeontologica Polonica*, 68(1), 53-62.
- Sether, L. A., Nguyen, C., Yu, S. N., Haughton, V. M., Ho, K. C., Biller, D. S., ... & Eurell, J. C. (1990). Canine intervertebral disks: correlation of anatomy and MR imaging. *Radiology*, 175(1), 207-211.
- Shapiro, E.P., Rogers, W.J., Beyar, R., Soulen, R.L., Zerhouni, E.A., Lima, J., & Weiss, J.L. (1989). Determination of left ventricular mass by magnetic resonance imaging in hearts deformed by acute infarction. *Circulation*, 79(3): 706-711.
- Shapiro, F., Connolly, S., Zurakowski, D., Menezes, N., Olear, E., Jimenez, M., ... & Jaramillo, D. (2009). Femoral head deformation and repair following induction of ischemic necrosis: a histologic and magnetic resonance imaging study in the piglet. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*, 91(12), 2903.
- Sharp, N.J., Cofone, M., Robertson, I.D., De Carlo, A., Smith, G.K., Thrall, D.E.(1995). Computed tomography in the evaluation of caudal cervical spondylomyelopathy of the doberman pinscher. *Vet Radiol Ultrasound*. (1995).
- Sharpley, J., Thode, H., Sestina, L., et al. (2009). Distal abdominal aortic thrombosis diagnosed by three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance angiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(4), 370–375.
- Shen, Q., Cheng, H., Pardue, M.T., Chang, T.F., Nair, G., Vo, V.T., Shonat, R.D. and Duong, T.Q. (2006). Magnetic resonance imaging of tissue and vascular layers in the cat retina. *J. Magn. Reson. Imaging*. 23(4): 465-472.

Sherif, M. S., Attia, M., Bahgaat, H., & Kassab, A. (2014). Magnetic resonance imaging of the normal stifle joint in buffaloes (*Bos bubalis*): an anatomic study. *The Open Anatomy Journal*, 6(1).

Shimizu, N., Warren-Smith, C. M., Langley-Hobbs, S. J., Burton, N. J., Kulendra, E., Bradley, K., ... & Parsons, K. J. (2015). Inter-and intraobserver agreement in interpretation of CT features of medial coronoid process disease. *Journal of Small Animal Practice*, 56(12), 707-713.

Shojaei, B., Vosough, D., & Sharifi, F. (2012). Computed tomographic anatomy of the thoracic cavity vessels in the rayini goat. *Iranian Journal of Veterinary Surgery*, 7(1-2), 9–22.

Shokrollahi, H. (2013). Contrast agents for MRI. *Materials Science and Engineering: C*, 33(8), 4485-4497.

Shryock, T. R., Losonsky, J. M., Smith, W. C., Gatlin, C. L., Francisco, C. J., Kuriashkin, I. V., ... & Jordan, W. H. (1998). Computed axial tomography of the porcine nasal cavity and a morphometric comparison of the nasal turbinates with other visualization techniques. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 62(4), 287-292.

Shubert, M. P., Filliquist, B., Chou, P. Y., Kapatkin, A. S., Spriet, M., Kim, S. Y., ... & Marcellin-Little, D. J. (2022). Results of using multiplanar reconstructed CT images for assessing elbow joint osteoarthritis in dogs are consistent with results of radiographic assessment. *American Journal of Veterinary Research*, 83(10).

Shutter, B., Tofts, P.S. & Pope, J.M.(1995). The effect of sacrifice on image signal T1, T2 and T2* in liver, kidney, and brain of the wistar rat. *J. Magn. Reson. Imaging*. 13:563-574.

Sierra i Vinuesa, A., & Radosevic, A. (2023). Història de la ressonància magnètica a Catalunya. *Gimbernat: Revista d'Història de la Medicina i de les Ciències de la Salut*, 80, 105-122.

Sievert, C., Richter, H., Gascho, D., Kircher, P. R., & Carrera, I. (2017). 3 Tesla magnetic resonance imaging study of the normal canine femoral and sciatic nerves. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 58(5), 598-606.

Sisson, S., & Grossman, D.J. (1982). *Anatomía de los animales domésticos*. Quinta edición. Ed. Barcelona, España: Elsevier. Págs, 1728, 1732-1733.

Skinner, O.T., Boston, S.E., Giglio, R.F., Whitley, E.M., Colee, J.C., & Porter, E.G. (2018). Diagnostic accuracy of contrast-enhanced computed

tomography for assessment of mandibular and medial retropharyngeal lymph node metastasis in dogs with oral and nasal cancer. *Veterinary and Comparative Oncology*, 16(4), 562-570.

Sleutjens, J., Cooley, A., Sampson, S., Wijnberg, I., Back, W., van der Kolk, J., & Swiderski, C. (2014). The Equine Cervical Spine: Comparing MRI and Contrast-Enhanced CT Images with Anatomic Slices in the Sagittal, Dorsal and Transverse Plane. *Equine Veterinary Journal*, 46, 48-48.

Smallwood, J. E., & George, T. F. (1993). Anatomic atlas for computed tomography in the mesaticephalic dog: thorax and cranial abdomen. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 34(2), 65-83.

Smallwood, J. E., & George, T. F. (1993). Anatomic atlas for computed tomography in the mesaticephalic dog: caudal abdomen and pelvis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 34(3), 143-167.

Smallwood, J. E., & Healey, W. V. (1982). Computed tomography of the thorax of the adult Nubian goat. *Veterinary Radiology*, 23(4), 135-143.

Smallwood, J. E., & Healey, W. V. (1982). Computed tomography of the thorax of the adult Nubian goat. *Veterinary Radiology*, 23(4), 135-143.

Smallwood, J. E., Wood, B. C., Taylor, E., & Tate Jr, L. P. (2002). Anatomic reference for computed tomography of the head of the foal. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(2), 99-117.

Snaps, F. R., Balligand, M. H., Saunders, J. H., Park, R. D., & Dondelinger, R. F. (1997). Comparison of radiography, magnetic resonance imaging, and surgical findings in dogs with elbow dysplasia. *American Journal of Veterinary Research*, 58(12), 1367-1370.

Snaps, F. R., Saunders, J. H., Park, R. D., Daenen, B., Balligand, M. H., & Dondelinger, R. F. (1998). Comparison of spin echo, gradient echo and fat saturation magnetic resonance imaging sequences for imaging the canine elbow. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 39(6), 518-523.

Snelman, M., Benczik, J., Joensuu, R., Ramadan, U. A., Tanttu, J., & Savolainen, S. (1999). Low-field magnetic resonance imaging of beagle brain with a dedicated receiver coil. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 40(1), 36-39.

Snopex, A. M. (1992). *Fundamentals of special radiographic procedures* (3rd ed.). W.B. Saunders Company. Harcourt Brace Jovanovich, Inc., Philadelphia.

Sobejano, A., Tomas, J. M., & Muñoz, C. (1992). *Manual de Resonancia Magnética*. Editorial JIMS. Barcelona.

Sochorcová, V., Proks, P., Cermáková, E., & Knotek, Z. (2017). Contrast-enhanced computed tomography in red-eared terrapins (*Trachemys scripta elegans*). *Vet. Med.*, 62(12), 674–680.

Sogaro-Robinson, C., Lacombe, V. A., Reed, S. M., & Balkrishnan, R. (2009). Factors predictive of abnormal results for computed tomography of the head in horses affected by neurologic disorders: 57 cases (2001–2007). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 235(2), 176-183.

Solano, M., & Brawer, R. S. (2004). CT of the equine head: technical considerations, anatomical guide, and selected diseases. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 3(4), 374-388.

Soler, M., Murciano, J., Latorre, R., Belda, E., Rodri, M. J., & Agut, A. (2007). Ultrasonographic, computed tomographic and magnetic resonance imaging anatomy of the normal canine stifle joint. *The Veterinary Journal*, 174(2), 351-361.

Soler, M., Murciano, J., Latorre, R., Belda, E., Rodriguez, M. J., & Agut, A. (2007). Ultrasonographic, computed tomographic and magnetic resonance imaging of the normal canine stifle joint. *Veterinary Journal*, 174(2), 351-361.

Soukup JW, Snyder CJ, Gengler WR. (2009). Computed tomography and partial coronoidectomy for open-mouth jaw locking in two cats. *J Vet Dent*, 26, 226–233.

Soukup, J. W., Snyder, C. J., Simmons, B. T., Pinkerton, M. E., & Chun, R. (2013). Clinical, histologic, and computed tomographic features of oral papillary squamous cell carcinoma in dogs: 9 cases (2008–2011). *Journal of Veterinary Dentistry*, 30(1), 18-24.

Souza, M. J., Greenacre, C. B., Avenell, J. S., Wall, J. S., & Daniel, G. B. (2006). Diagnosing a tooth root abscess in a guinea pig (*Cavia porcellus*) using micro computed tomography imaging. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 15(4), 274-277.

Souza, N. M., Maggs, D. J., Park, S. A., Puchalski, S. M., Reilly, C. M., Paul-Murphy, J., & Murphy, C. J. (2015). Gross, histologic, and micro-computed tomographic anatomy of the lacrimal system of snakes. *Veterinary Ophthalmology*, 18, 15-22.

Spann, D.R., Sellon, R.K., Thrall, D.E., Bostian, A.E., & Boston, G.T. (1998). Computed tomographic diagnosis: use of computed tomography to distinguish a pulmonary mass from alveolar disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 39(6), 532-535.

Spector, D. I., Fischetti, A. J., & Kovak-McClaran, J. R. (2011). Computed tomographic characteristics of intrapelvic masses in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(1), 71-74.

Spillmann T, Litzlbauer H, Moritz A, et al: Computed tomography and laparoscopy for the diagnosis of pancreatic diseases in dogs, Proceedings of the American College of Veterinary Internal Medicine 485-487, 2000.

Spoormakers T. J., Ensink J. M., Goehring L. S., Koeman J. P., Ter Braake F., van der Vlugt-Meijer R. H., & van den Belt A. J. (2003). Brain abscesses as a metastatic manifestation of strangles: symptomatology and the use of magnetic resonance imaging as a diagnostic aid. *Equine Vet. J.*, 35(2), 118-120.

Spriet, M., Mai, W., & McKnight, A. (2007). Asymmetric signal intensity in normal collateral ligaments of the distal interphalangeal joint in horses with a low-field MRI system due to the magic angle effect. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 48(2), 95-100.

Stadler, K. L., Ruth, J. D., Pancotto, T. E., Werre, S. R., & Rossmeisl, J. H. (2017). Computed tomography and magnetic resonance imaging are equivalent in mensuration and similarly inaccurate in grade and type predictability of canine intracranial gliomas. *Frontiers in Veterinary Science*, 4, 157.

Stadler, K., Hartman, S., Matheson, J., & O'BRIEN, R.O.B.E.R.T. (2011). Computed tomographic imaging of dogs with primary laryngeal or tracheal airway obstruction. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52(4), 377-384.

Stalin, C. E., Granger, N., & Jeffery, N. D. (2008). Cerebellar vascular hamartoma in a British Shorthair cat. *Journal of feline medicine and surgery*, 10(2), 206-211.

Stanclova, G., Gumpfenberger, M., & Scope, A. (2020). Fatal upper airway obstruction caused by sinus pneumocele in a Blue-and-Gold Macaw (*Ara ararauna*, Linné 1758). *Wiener tierärztliche monatsschrift*, 107(3-4), 79-85.

Stańczyk, E. K., Velasco Gallego, M. L., Nowak, M., Hatt, J. M., Kircher, P. R., & Carrera, I. (2018). 3.0 Tesla magnetic resonance imaging

anatomy of the central nervous system, eye, and inner ear in birds of prey. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 59(6), 705-714.

Stark, D. D., & Bradley, W. G. (1999). *Magnetic Resonance Imaging*. New York, NY: Mosby.

Stauber E, Holmes S, DeGhetto DL, Finch N. Magnetic resonance imaging is superior to radiography in evaluating spinal cord trauma in three bald eagles (*Haliaeetus leucocephalus*). *J Avian Med Surg*. 2007;21:196–200.

Staudacher, A., Oevermann, A., Stoffel, M. H., & Gorgas, D. (2014). Validation of a magnetic resonance imaging guided stereotactic access to the ovine brainstem. *BMC Veterinary Research*, 10, 216.

Stavri, A., Masseau, I., & Reinerio, C. R. (2021). Reversibility of clinical and computed tomographic lesions mimicking pulmonary fibrosis in a young cat. *BMC Veterinary Research*, 17, 1-9.

Stewart, W. A., Parent, J. M. L., Towner, R. A., & Dobson, H. (1992). The use of magnetic resonance imaging in the diagnosis of neurological disease. *Can. Vet. J*, 33, 585-590.

Stieger, S. M., Zwingenberger, A., Pollard, R. E., Kyles, A. E., & Wisner, E. R. (2007). Hepatic volume estimation using quantitative computed tomography in dogs with portosystemic shunts. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 48(7), 409-413.

Stieger-Vanegas, S. M., Scollan, K. F., & Riebold, T. W. (2019). Evaluation of non-ECG and ECG-gated computed tomographic angiography for three-dimensional printing of anomalous coronary arteries in dogs with pulmonic stenosis. *Journal of Veterinary Cardiology*, 26, 39-50.

Stieger-Vanegas, S. M., Scollan, K. F., Meadows, L., Sisson, D., Schlipf, J., Riebold, T., & Löhr, C. V. (2016). Cardiac-gated computed tomography angiography in three alpacas with complex congenital heart disease. *Journal of Veterinary Cardiology*, 18(1), 88-98.

Stigen, Ø., Ottesen, N., Gamlem, H., & Åkesson, C. P. (2011). Cervical chondroid chordoma in a standard dachshund: a case report. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 53(1), 1-7.

Stolzenburg, J. U., Neuhaus, J., Liatsikos, E. N., Schwalenberg, T., Ludewig, E., & Ganzer, R. (2006). Histomorphology of canine urethral sphincter systems, including three-dimensional reconstruction and magnetic resonance imaging. *Urology*, 67(3), 624-630.

Streckenbach, F., Jäschke, M., Jahns, N., Langner, I., König, J., Wree, A., ... & Lindner, T. (2023). MR microscopy of the developing upper extremity of the chicken in ovo using 7 Tesla MRI. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 52(3), 356-362.

Strohmayr, C., Klang, A., & Kneissl, S. (2020). Computed tomographic and histopathological characteristics of 13 equine and 10 feline oral and sinonasal squamous cell carcinomas. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 591437.

Sturges, B. K., Dickinson, P. J., Kortz, G. D., Berry, W. L., Vernau, K. M., Wisner, E. R., & LeCouteur, R. A. (2006). Clinical signs, magnetic resonance imaging features, and outcome after surgical and medical treatment of otogenic intracranial infection in 11 cats and 4 dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20(3), 648-656.

Suarez Sanchez-Andrade, J., Richter, H., Kuhn, K., Bischofberger, A. S., Kircher, P. R., & Hoey, S. (2018). Comparison between magnetic resonance imaging, computed tomography, and arthrography to identify artificially induced cartilage defects of the equine carpal joints. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 59(3), 312-325.

Sunico, S. K., Hamel, C., Styner, M., Robertson, I. D., Kornegay, J. N., Bettini, C., Parks, J., Wilber, K. J., Smallwood, E., & Thrall, D. E. (2012). Two anatomic resources of canine pelvic limb muscles based on ct and mri. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(3), 266-272.

Suran, J. N., & Wyre, N. R. (2013). Imaging findings in 14 domestic ferrets (*Mustela putorius furo*) with lymphoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(5), 522-531.

Suran, J. N., & Wyre, N. R. (2013). Imaging findings in 14 domestic ferrets (*Mustela putorius furo*) with lymphoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(5), 522-531.

Sutthigran, S., Saisawart, P., Klaengkaew, A., Horongruang, K., Chaivoravitsakul, N., Komin, K., ... & Choisunirachon, N. (2022). Use of contrast-enhanced computed tomography to detect kidney infarction in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 36(1), 164-170.

Swain, C. E., Cherubini, G. B., & Mantis, P. (2020). Low Field MRI Measurements of the Normal Canine Trigeminal Nerve. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 274.

Taeymans, O., Dennis, R., & Saunders, J. H. (2008). Magnetic resonance imaging of the normal canine thyroid gland. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(3), 238-242.

Taeymans, O., Penninck, D. G., & Peters, R. M. (2013). Comparison between clinical, ultrasound, CT, MRI, and pathology findings in dogs presented for suspected thyroid carcinoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(1), 61-70.

Taeymans, O., Penninck, D. G., & Peters, R. M. (2013). Comparison between clinical, ultrasound, CT, MRI, and pathology findings in dogs presented for suspected thyroid carcinoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(1), 61-70.

Taga, A., Nakayama, M., Tanaka, H., & Tahura, Y. (1998). Myelography and magnetic resonance imaging of spina bifida cystica in a dog. *J. Jap. Vet. Med. Assoc.*, 51, 81-84.

Taher, R., Abdo, M., & Erasha, A. (2022). Intraocular and Orbital Dimension of the Dog Eye (*Canis familiaris*). *Journal of Current Veterinary Research*, 4(2), 197-206.

Talbott, J. L., Boston, S. E., Milner, R. J., Lejeune, A., Souza, C. H. D. M., Kow, K., ... & Hernandez, J. A. (2017). Retrospective evaluation of whole body computed tomography for tumor staging in dogs with primary appendicular osteosarcoma. *Veterinary Surgery*, 46(1), 75-80.

Tamburro, R., Pietra, M., Militerno, G., Diana, A., Spadari, A., & Valentini, S. (2011). Left cranial lung torsion in a Bernese mountain dog: a case report. *Veterinární Medicína*, 56(8), 416-422.

Tamura, S., Doi S, Tamura, Y., Takahashi, K., Enomoto, H., Ozawa, T., *et al.* (2015). Thoracolumbar intradural disc herniation in eight dogs: clinical, low-field magnetic resonance imaging, and computed tomographic myelographic findings. *Vet Radiol Ultrasound*.

Tamura, S., Tamura, Y., Tsuka, T., & Uchida, K. (2006). Sequential magnetic resonance imaging of an intracranial hematoma in a dog. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 47(2), 142-144.

Tanabe, S., Yamada, K., Kobayashi, Y., Suzuki, K., Yamaguchi, M., Uzuka, Y., ... & Inoue, M. (2005). Extra-abdominal chondrolipoma in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(4), 306-308.

Tanaka, T., Akiyoshi, H., Mie, K., Okamoto, M., Yoshida, Y., & Kurokawa, S. (2019). Contrast-enhanced computed tomography may be helpful for characterizing and staging canine gastric tumors. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 60(1), 7-18.

Tanaka, T., Akiyoshi, H., Shimazaki, H., Sato, A., Inada, M., Kiyomiya, K.I., ... & Ohashi, F. (2012). Spinal cord trauma in a cat caused by

ingestion of a splinter. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 14(2), 155-157.

Tanaka, T., Ashida, K., Imori, Y., et al. (2020). Less enhancement and low apparent diffusion coefficient value on magnetic resonance imaging may be helpful to detect canine prostate adenocarcinoma in case series. *Veterinary and Comparative Oncology*, 18(4), 861-865.

Tanaka, T., Noguchi, S., Wada, Y., et al. (2022). Computed tomography and magnetic resonance imaging findings in dogs with vaginal leiomyoma and leiomyosarcoma. *Veterinary Medicine and Science*, 8(6), 2337-2344.

Tanaka, T., Noguchi, S., Wada, Y., Nishida, H., & Akiyoshi, H. (2022). Preliminary study of CT features of intermediate- and high-grade alimentary lymphoma and adenocarcinoma in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 24(10), 1065-1071.

Tang, J. B., Sheng, Y. Q., Hu, H. J., & Shen, Y. Q. (2013). Macromolecular MRI contrast agents: structures, properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 38(3), 462-502.

Tanoli, T. S., Woods, J. C., Conradi, M. S., Bae, K. T., Gierada, D. S., Hogg, J. C., ... & Yablonskiy, D. A. (2007). In vivo lung morphometry with hyperpolarized ³He diffusion MRI in canines with induced emphysema: disease progression and comparison with computed tomography. *Journal of Applied Physiology*, 102(1), 477-484.

Tapprest, J., Audigié, F., Radier, C., Anglade, M. C., Voisin, M. C., Foucher, N., Collobert-Laugier, C., Mathieu, D., & Denoix, J. M. (2003). Magnetic resonance imaging for the diagnosis of stress fractures in a horse. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 44(4), 438-442.

Targett, M. P., McInnes, E., & Dennis, R. (1999). Magnetic resonance imaging of a medullary dermoid cyst with secondary hydrocephalus in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 40(1), 23-26.

Tarver, R. D., Conces Jr, D. J., & Godwin, J. D. (1988). Motion artifacts on CT simulate bronchiectasis. *American Journal of Roentgenology*, 151(6), 1117-1119.

Tatiana, G., & Khadije, H. (2010). Survey radiography and computerized tomography imaging of the thorax in female dogs with mammary tumors. BMC.

Teixeira, M. A. (2004). Tomografía computarizada de la cavidad abdominal del perro (*Canis familiaris* L.) mediante escáner de sexta

generación y medios de contraste oral y vascular. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

Teixeira, M., Gil, F., Vázquez, J. M., Cardoso, L., Arencibia, A., Ramírez-Zarzosa, G., & Agut, A. (2007). Helical computed tomographic anatomy of the canine abdomen. *Veterinary Journal*, 174(1), 133-138.

Teodori, S., Aste, G., Tamburro, R., Morselli-Labate, A. M., Simeoni, F., & Vignoli, M. (2021). Computed tomography evaluation of normal canine abdominal lymph nodes: Retrospective study of size and morphology according to body weight and age in 45 dogs. *Veterinary Sciences*, 8(3), 44.

Tessier, C., Brühshwein, A., Lang, J., Konar, M., Wilke, M., Brehm, W., & Kircher, P. (2013). Magnetic resonance imaging features of sinonasal disorders in horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(1), 54-60.

Testault, I., Gatel, L., & Vanel, M. (2021). Comparison of nonenhanced computed tomography and ultrasonography for detection of ureteral calculi in cats: a prospective study. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35(5), 2241-2248.

Textor, J. A., Puchalski, S. M., Affolter, V. K., MacDonald, M. H., Galuppo, L. D., & Wisner, E. R. (2012). Results of computed tomography in horses with ethmoid hematoma: 16 cases (1993–2005). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 240(11), 1338-1344.

Thames, R. A., Robertson, I. D., Flegel, T., Henke, D., O'Brien, D. P., Coates, J. R., & Olby, N. J. (2010). Development of a morphometric magnetic resonance image parameter suitable for distinguishing between normal dogs and dogs with cerebellar atrophy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(3), 246-253.

Thammasiri, N., Thanaboonipat, C., Choisunirachon, N., & Darawiroj, D. (2021). Multi-factorial considerations for intra-thoracic lymph node evaluations of healthy cats on computed tomographic images. *BMC Veterinary Research*, 17, 1-11.

Thomas, W.B. (1999). Nonneoplastic disorders of the brain. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 14(3), 125-147.

Thomas, W.B. (2000). Diskospondylitis and other vertebral infections. *The Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice*, 30(1), 169-182.

Thomas, W.B., Adams, W.H., McGavin, M.D. & Gompf R.E. (1997) Magnetic resonance imaging appearance of intracranial hemorrhage

secondary to cerebral vascular malformation in a dog. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 38(5), 371-375.

Thomas, W.B., Sorjonen, D.C., Scheuler, R.O., & Kornegay J.N. (1996). Magnetic resonance imaging of brain infarction in seven dogs. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 37, 345-350.

Thompson, M. S., Graham, J. P., & Mariani, C. L. (2003). Diagnosis of a portoazygous shunt using helical computed tomography angiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(3), 287-291.

Thomsen, H.S., & Webb J.A.W. (2006). *Contrast Media. Safety Issues and ESUR Guidelines*. Verlag Berlin Heidelberg: Springer;167.

Thrall, D. E. (2017). *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology-E-Book*. Elsevier Health Sciences.

Thrall, D. E., & Robertson, I. D. (2022). *Atlas of Normal Radiographic Anatomy and Anatomic Variants in the Dog and Cat-E-Book*. Elsevier Health Sciences.

Thrall, D. E., Robertson, I. D., Mcleod, D. A., Heidner, G. L., Hoopes, P. J., & Page, R. L. (1989). A comparison of radiographic and computed tomographic findings in 31 dogs with malignant nasal cavity tumors. *Veterinary Radiology*, 30(2), 59-66.

Thrall, D.E., Robertson, I.D., McLeod, D.A., Heider, G.L., Hoopes, P.J., & Page, R.L. (1989). A comparison of radiographic and computed tomographic findings in 31 dogs with malignant nasal cavity tumors. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 30(2), 59-66.

Thunus, L., & Lejeune, R. (1999). Overview of transition metal and lanthanide complexes as diagnostic tools. *Coordination Chemistry Reviews*, 184(1), 125-155.

Tidwell, A. S., Ross, L. A., & Kleine, L. J. (1997). Computed tomography and magnetic resonance imaging of cavernous sinus enlargement in a dog with unilateral exophthalmos. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 38(5), 363-370.

Tidwell, A. S., Solano, M., & Schelling, S. H. (1994). Pediatric neuroimaging. *Semin. Vet. Med. Surg. (Small Animal)*, 9(2), 68-85.

Tidwell, A. S., Specht, A., Blaeser, L., & Kent, M. (2002). Magnetic resonance imaging features of extradural hematomas associated with intervertebral disc herniation in a dog. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 43, 313-319.

- Tidwell, A.S. (1992). Diagnostic pulmonary imaging. *Problems in Veterinary Medicine*, 4(2), 239-264.
- Tiemessen, I. (1992). Diagnostic imaging of the liver in dogs. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde*, 177(1), 42-43.
- Tietje, S. (1997). Computed tomography of the stifle region in the horse: a comparison with radiographic, ultrasonographic and arthroscopic evaluation. *Pferdeheilk*, 13, 647–658.
- Tietje, S., Becker, M., & Böckenhoff, G. (1996). Computed tomographic evaluation of head diseases in the horse: 15 cases. *Equine Veterinary Journal*, 28(2), 98-105.
- Tindale, C., Cinti, F., Cantatore, M., Freeman, A., Cavaliere, L., Vallefucio, R., & Rossanese, M. (2022). Clinical characteristics and long-term outcome of lung lobe torsions in cats: a review of 10 cases (2000–2021). *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 24(10), 1072-1080.
- Tipold, A., & Tipold, E. (1991). Computed tomography of the central nervous system in small animals. *Tierärztliche Praxis*, 19(2), 183-191.
- To, A., Hostnik, E. T., Rhinehart, J. D., & Scansen, B. A. (2019). Electrocardiography-gated cardiac CT angiography can differentiate brachycephalic dogs with and without pulmonary valve stenosis and findings differ from transthoracic echocardiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 60(2), 145-158.
- Tobón Restrepo, M., Altuzarra, R., Espada, Y., Domínguez, E., Mallol, C., & Novellas, R. (2020). CT characterisation of the feline os penis. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22(8), 673-677.
- Tobón Restrepo, M., Espada, Y., Aguilar, A., Moll, X., & Novellas, R. (2021). Anatomic, computed tomographic, and ultrasonographic assessment of the lymph nodes in presumed healthy adult cats: the head, neck, thorax, and forelimb. *Journal of Anatomy*, 239, 264–281.
- Tobón Restrepo, M., Novellas, R., Aguilar, A., Moll, X., & Espada, Y. (2022). Anatomic, computed tomographic, and ultrasonographic assessment of the lymph nodes in presumed healthy adult cats: the abdomen, pelvis, and hindlimb. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 64(1), 1-25.
- Todo, G. I. R. O., & Herman, P. G. (1986). High-resolution computed tomography of the pig lung. *Investigative Radiology*, 21(9), 689-696.

- Tomek, A., Cizinauskas, S., Doherr, M., Gandini, G. and Jaggy, A., (2006). Intracranial neoplasia in 61 cats: localisation, tumour types and seizure patterns. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 8(4), 243-253.
- Tomlinson, J. E., Redding, W. R., Berry, C., & Smallwood, J. E. (2003). Computed tomographic anatomy of the equine tarsus. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(2), 174–178.
- Toossi, A., Bergin, B., Marefatallah, M., Parhizi, B., Tyreman, N., Everaert, D. G., ... & Mushahwar, V. K. (2021). Comparative neuroanatomy of the lumbosacral spinal cord of the rat, cat, pig, monkey, and human. *Scientific Reports*, 11(1), 1955.
- Tran, D. T., Donovan, T. A., Daverio, H., & Le Roux, A. B. (2023). CT features of rounded atelectasis in chronic inflammatory pleural effusions in cats and dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*.
- Tranquille, C. A., Parkin, T. D. H., & Murray, R. C. (2012). Magnetic resonance imaging-detected adaptation and pathology in the distal condyles of the third metacarpus, associated with lateral condylar fracture in Thoroughbred racehorses. *Equine veterinary journal*, 44(6), 699-706.
- Travetti, O., Di Giancamillo, M., Stefanello, D., Ferrari, R., Giudice, C., Grieco, V., & Saunders, J. H. (2013). Computed tomography characteristics of fibrosarcoma – a histological subtype of feline injection-site sarcoma. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15(6), 488-493.
- Travetti, O., Giudice, C., Greci, V., Lombardo, R., Mortellaro, C. M., & Di Giancamillo, M. (2010). Computed tomography features of middle ear cholesteatoma in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(4), 374-379.
- Tromblee, T. C., Jones, J. C., Bahr, A. M., Shires, P. K., & Aref, S. (2007). Effect of computed tomography display window and image plane on diagnostic certainty for characteristics of dysplastic elbow joints in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 68(8), 858-871.
- Tromblee, T. C., Jones, J. C., Etue, A. E., & Dru Forrester, S. (2006). Association between clinical characteristics, computed tomography characteristics, and histologic diagnosis for cats with sinonasal disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(3), 241-248.
- Troxel, M. T., Vite, C. H., Massicotte, C., McLear, R. C., Winkle, T. J. V., Glass, E. N., ... & Dayrell-Hart, B. (2004). Magnetic resonance imaging features of feline intracranial neoplasia: retrospective analysis of 46 cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 18(2), 176-189.

- Trumble, T. N., Stick, J. A., Arnoczky, S. P., & Rosenstein, D. (1994). Consideration of anatomic and radiographic features of the caudal pouches of the femorotibial joints of horses for the purpose of arthroscopy. *American Journal of Veterinary Research*, *55*(12), 1682–1689.
- Tsai, S., Sutherland-Smith, J., Burgess, K., Ruthazer, R., & Sato, A. (2012). Imaging characteristics of intrathoracic histiocytic sarcoma in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *53*(1), 21-27.
- Tsuka, T., & Taura, Y. (1999). Abscess of bovine brain stem diagnosed by contrast MRI examinations. *Journal of Veterinary Medical Science*, *61*(4), 425-427.
- Tsuka, T., Okamoto, Y., Sunden, Y., Morita, T., Amaha, T., Ito, N., ... & Imagawa, T. (2022). Case Report: Ultrasonography and Magnetic Resonance Imaging of Anterior Segment Dysgenesis in a Calf. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*, 794255.
- Tucker, R. L., & Farrell, E. (2001). Computed tomography and magnetic resonance imaging of the equine head. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, *17*(1), 131-144.
- Turan, E., & Erden, H. (2003). Computed tomography and morphometry of the carpal canal in the dog. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, *185*(2), 173-178.
- Turgut, N., Bahar, S., & Kılınçer, A. (2023). CT and cross-sectional anatomy of the paranasal sinuses in the Holstein cow. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *64*(2), 211–223.
- Tyson, R., Graham, J. P., Bermingham, E., Randall, S., & Berry, C. R. (2005). Dynamic computed tomography of the normal feline hypophysis cerebri. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *46*(1), 33-38.
- Uehara, T., Orito, K., & Fujii, Y. (2019). CT-based anatomical features of large airway and heart volume in dogs of different body size. *The Veterinary Journal*, *246*, 21-26.
- Vajhi, A., Mokhber Dezfouli, M. R., Zehtabvar, O., Sadeghian Chaleshtori, S., Modarres Tonekabony, S. H., Soflaei, R., & Abbasi, J. (2023). Normal Computed Tomography and Radiographic Study of the Nasal Cavity and Paranasal Sinuses in Shal Sheep (*Ovis arries*). *Iranian Journal of Veterinary Surgery*, *18*(2), 133–144.
- Valencia-Calderón, C., Calderón-Valdiviezo, A., Muntané-Sánchez, A., Bechich, S., Oliveró-Rigau, R., & Segura-Cros, C. (2004). Descripción y

fundamentos del SPECT y el PET en el diagnóstico de la enfermedad cerebrovascular. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 13(1-2), 10.

Valente, A. L. S., Cuenca, R., Zamora, M., et al. (2007). Computed tomography of the vertebral column and coelomic structures in the normal loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Vet. J.*, 174, 362–370.

Valente, A. L., Cuenca, R., Zamora, M. A., Parga, M. L., Lavin, S., Alegre, F., & Marco, I. (2006). Sectional anatomic and magnetic resonance imaging features of coelomic structures of loggerhead sea turtles. *American Journal of Veterinary Research*, 67(8), 1347-1353.

Vali, Y., Gielen, I., Soroori, S., & Ludewig, E. (2021). The diagnostic value of intravenous contrast computed tomography in addition to plain computed tomography in dogs with head trauma. *BMC Veterinary Research*, 17, 1-8.

Vallance, S. A., Bell, R. J. W., Spriet, M., Kass, P. H., & Puchalski, S. M. (2012). Comparisons of computed tomography, contrast-enhanced computed tomography, and standing low-field magnetic resonance imaging in horses with lameness localized to the foot. Part 2: lesion identification. *Equine veterinary journal*, 44(2), 149-156.

Vallance, S. A., Bell, R. J. W., Spriet, M., Kass, P. H., & Puchalski, S. M. (2012). Comparisons of computed tomography, contrast-enhanced computed tomography, and standing low-field magnetic resonance imaging in horses with lameness localized to the foot. Part 2: Lesion identification. *Equine Veterinary Journal*, 44(2), 149-156.

Van Bonn, W., Dennison, S., Cook, P., & Fahlman, A. (2013). Gas bubble disease in the brain of a living California sea lion (*Zalophus californianus*). *Frontiers in Physiology*, 4, 5.

Van Bree, H. J., & Van Ryssen, B. (1996). Diagnostic imaging of the canine elbow joint including radiology, arthroscopy and computed tomography. *Veterinary Surgery*, 25(3), 261.

van Bree, H., Degryse, H., Van Ryssen, B., Ramon, F., & Desmidt, M. (1993). Pathologic correlations with magnetic resonance images of osteochondrosis lesions in canine shoulders. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 202(7), 1099-1105.

van Bree, H., Van Ryssen, B., Degryse, H., & Ramon, F. (1995). Magnetic resonance arthrography of the scapulohumeral joint in dogs, using gadopentetate dimeglumine. *American journal of veterinary research*, 56(3), 286-288.

Van Caelenberg, A. I., De Rycke, L. M., Hermans, K., Verhaert, L., van Bree, H. J., & Gielen, I. M. (2010). Computed tomography and cross-sectional anatomy of the head in healthy rabbits. *American Journal of Veterinary Research*, 71(3), 293-303.

Van der Linden, A., Verhoye, M., Van Audekerke, J., Peeters, R., Eens, M., Newman, S. W., ... & DeVoogd, T. J. (1998). Non invasive in vivo anatomical studies of the oscine brain by high resolution MRI microscopy. *Journal of neuroscience methods*, 81(1-2), 45-52.

van der Straaten, G. O. (2009). Magnetic resonance imaging of the equine stifle: normal anatomy (Tesis de maestría).

Van Der Vekens, E., Bergman, E. H. J., Vanderperren, K., Raes, E. V., Puchalski, S. M., Henri J. J., Van Bree, H. J. J., & Saunders, J. H. (2011). Computed tomographic anatomy of the equine stifle joint. *American Journal of Veterinary Research*, 72(4), 512–521.

Van der Vekens, E., Bergman, E. H., Vanderperren, K., Raes, E. V., Puchalski, S. M., van Bree, H. J., & Saunders, J. H. (2011). Computed tomographic anatomy of the equine stifle joint. *American Journal of Veterinary Research*, 72(4), 512-521.

Van Ham, L.M., Van Bree, H.J., Thamala, M., & Thoonen, H. (1995). Use of computed tomography and computed tomographic myelography for assessment of spinal tumoral calcinosis in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 36(2), 115-118.

Vandecasteele, T., Cornillie, P., Van Steenkiste, G., Vandevelde, K., Gielen, I., Vanderperren, K., & van Loon, G. (2019). Echocardiographic identification of atrial-related structures and vessels in horses validated by computed tomography of casted hearts. *Equine Veterinary Journal*, 51(1), 90-96.

Vanderperren K, Haers H, Van der Vekens E, et al: Description of the use of contrast-enhanced ultrasonography in four dogs with pancreatic tumours, *J Small Anim Pract*, 55(3), 164–169, 2014.

Vandeweerd, J. M., Kirschvink, N., Muylkens, B., et al. (2013). Magnetic resonance imaging (MRI) anatomy of the ovine stifle. *Veterinary Surgery*, 42(05), 551–558.

Vanschandevijl, K., Gielen, I., Nollet, H., Vlaminck, L., Deprez, P., & van Bree, H. (2008). Computed tomography–guided brain biopsy for in vivo diagnosis of a cholesterinic granuloma in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 233(6), 950-954.

- Vansteenkiste, D. P., Lee, K. C. L., & Lamb, C. R. (2014). Computed tomographic findings in 44 dogs and 10 cats with grass seed foreign bodies. *Journal of Small Animal Practice*, 55(11), 579-584.
- Vázquez, J. M., Arencibia, A., Gil, F., Ramírez, J. A., González, N., Sosa, C. D., & Jaber, J. R. (1998). Magnetic resonance imaging of the normal canine larynx. *Anat. Histol. Embryol.*, 27(4), 263-270.
- Vázquez, J. M., Rivero, M., Gil, F., Ramírez, J. A., Ramírez, G., Vilar, J. M., ... & Arencibia, A. (2001). Magnetic resonance imaging of two normal equine brains and their associated structures. *Veterinary Record*, 148, 229-232.
- Veenema, N. J., Santifort, K. M., Kuijpers, N. W., Seijger, A., & Hut, P. R. (2021). Case Report: Complex Congenital Brain Anomaly in a BBxHF Calf—Clinical Signs, Magnetic Resonance Imaging, and Pathological Findings. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 700527.
- Veikutis, V., Budrys, T., Basevicius, A., Lukosevicius, S., Gleizniene, R., Unikas, R., & Skaudickas, D. (2015). Artifacts in computer tomography imaging: how it can really affect diagnostic image quality and confuse clinical diagnosis? *Journal of Vibroengineering*, 17(2), 995-1003.
- Veladiano, I. A., Banzato, T., Bellini, L., Montani, A., Catania, S., & Zotti, A. (2016). Normal computed tomographic features and reference values for the coelomic cavity in pet parrots. *BMC Veterinary Research*, 12(1), 1-9.
- Veladiano, I. A., Banzato, T., Bellini, L., Montani, A., Catania, S., & Zotti, A. (2016). Computed tomographic anatomy of the heads of blue-and-gold macaws (*Ara ararauna*), African grey parrots (*Psittacus erithacus*), and monk parakeets (*Myiopsitta monachus*). *American Journal of Veterinary Research*, 77(12), 1346-1356.
- Vellema, M., Verschueren, J., Van Meir, V., and Van der Linden, A. (2011). A Customizable 3-Dimensional Digital Atlas of the Canary Brain in Multiple Modalities. *Neuroimage* 57 (2011), pp. 352-361.
- Veraa, S., Voorhout, G., & Klein, W. R. (2009). Computed tomography of the upper cheek teeth in horses with infundibular changes and apical infection. *Equine Veterinary Journal*, 41(9), 872-876.
- Verhoye M, Van der Linden A, Van Audekerke J, Sijbers J, Eens M, Balthazart J (1998): Imaging birds in a bird cage: in-vivo FSE 3D MRI of bird brain. *MAGMA*, 6, 22-27.

- Vermeire, S., Brzozowska, M., & Rapp, M. (2021). Computed tomography of the uterus and ovaries in healthy dogs: a descriptive and comparative study. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 90(5).
- Vernau, K.M., Higgins, R.J., Bollen, A.W., Jimenez, D.F., Anderson, J.V., Koblik, P.D. and R.A. Lecouteur, (2001). Primary canine and feline nervous system tumours; intraoperative diagnosis using the smear technique. *Veterinary Pathology*, 38(1), 47-57.
- Vernau, K.M., Lecourt, R.A., Sturges, B.K., Samii, V., Higgins, R.J., Koblik, P.D., & Vernau, W. (2002). Intracranial intra-arachnoid cyst with intracystic hemorrhage in two dogs. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 43(5), 442-449.
- Vignoli, M., Sarli, G., Rossi, F., Terragni, R., & Pozzi, L. (2002). Dysplasia epiphysealis hemimelica in a boxer puppy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(6), 528-533.
- Vilar, J. M. (2001). Estudio del cuello, tórax y abdomen craneal en el perro mediante resonancia magnética. *Tesis Doctoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Vilar, J. M., Vazquez, J. M., Raillard, M., & Arencibia, A. (2010). Magnetic Resonance Imaging of the Cranial Abdomen of the Dog. *Journal of Applied Animal Research*, 38(1), 81-83.
- Vilar, J.M., Arencibia, A., Ramirez, J.A. *et al.* (2003). Magnetic resonance imaging of the thorax of three dogs. *Vet Rec* 153(18):566–8.
- Villamonte-Chevalier, A., van Bree, H., Broeckx, B. J. G., Dingemans, W., Soler, M., Van Ryssen, B., & Gielen, I. (2015). Assessment of medial coronoid disease in 180 canine lame elbow joints: a sensitivity and specificity comparison of radiographic, computed tomographic and arthroscopic findings. *BMC Veterinary Research*, 11, 1-8.
- Vink-Nooteboom, M., Junker, K., Van den Ingh, T. S., & Dik, K. J. (1998). Computed tomography of cholesterinic granulomas in the choroid plexus of horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 39(6), 512-517.
- Vititoe, K. P., Fries, R. C., Joslyn, S., Selmic, L. E., Howes, M., Vitt, J. P., & O'Brien, R. T. (2018). Detection of intra-cardiac thrombi and congestive heart failure in cats using computed tomographic angiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 59(4), 412-422.
- Vlaardingerbroek, M. T., & Den Boer, J. A. (2003). *Magnetic Resonance Imaging*. Berlin, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Von Krosigk, F., Steinmetz, A., Ellenberger, C., & Oechtering, G. (2012). Magnetic resonance imaging and ultrasonography in dogs and cats with ocular and orbital diseases. Part 1: Ocular diseases. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe K, Kleintiere/heimtiere*, 40(1), 7-15.
- von Stade, L., Rao, S., & Marolf, A. J. (2023). Computed tomographic evaluation of pancreatic perfusion in 10 dogs with acute pancreatitis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*.
- Voorhout G, Stolp R, Rijnberk A, et al: Assessment of survey radiography and comparison with x-ray computed tomography for detection of hyperfunctioning adrenocortical tumors in dogs, *J Am Vet Med Assoc*, 196(11), 1799–1803, 1990.
- Voorhout, G. (1988a). Diagnostic imaging of the pituitary and adrenal glands in hyperadrenocorticoid dogs. *Thesis. Rijksuniversiteit te Utrecht, Netherlands.
- Voorhout, G. (1988b). Computed tomography in the diagnosis of canine hyperadrenocorticism not suppressible by dexamethasone. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 192(5), 641-646.
- Voorhout, G. (1990). X-ray-computed tomography, nephrotomography and ultrasonography of the adrenal glands of healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 51(4), 625-631.
- Voorhout, G., Meyer, H. P., & Hazewinkel, H. A. W. (1995). Diagnostic imaging in dogs: radiography, ultrasonography, and computed tomography for examination of the abdomen. *Veterinary Quarterly*, 17(1), 30-31.
- Vullo, T., Korenman, E., Manzo, R. P., Gómez, D. G., Deck, M. D., & Cahill, P. T. (1997). Diagnosis of cerebral ventriculomegaly in normal adult beagles using quantitative MRI. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 38(4), 277-281.
- Wakeman, K. A., Sanchez, C. R., Lung, N. P., Hersman, J., & Barrett, M. F. (2014). The use of magnetic resonance imaging to better define hoof pathology in the reticulated giraffe (*Giraffa camelopardalis reticulata*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 45(3), 668-671.
- Walker A. M., Sellon D. C., Cornelisse C. J., Hines M. T., Ragle C. A., Cohen N., & Schott H. C. (2002). Temporohyoid osteoarthropathy in 33 horses (1993-2000). *J. Vet. Intern. Med.*, 16(6), 697-703.

- Walker, M., Phalan, D., Jensen, J., Johnson, J., Drew, M., Samii, V., Henry, G., & McCauley, J. (2002). Meniscal ossicles in large non-domestic cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(3), 249-254.
- Walker, T., Tidwell, A. S., Rozanski, E. A., Delaforcade, A., & Hoffman, A. M. (2005). Imaging diagnosis: acute lung injury following massive bee envenomation in a dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(4), 300-303.
- Wallack, S. T., Wisner, E. R., & Feldman, E. C. (2003). Mensuration of the pituitary gland from magnetic resonance images in 17 cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(3), 278-282.
- Wallack, S. T., Wisner, E. R., Werner, J. A., Walsh, P. J., Kent, M. S., Fairley, R. A., & Hornof, W. J. (2002). Accuracy of magnetic resonance imaging for estimating intramedullary osteosarcoma extent in preoperative planning of canine limb-salvage procedures. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43(5), 432-441.
- Wallack, S.T., Wisner, E.R., Werner, J.A., Walsh, P.J., Kent, M.S., Fairley, R.A., & Hornof, W.J. (2002). Accuracy of magnetic resonance imaging for estimating intramedullary osteosarcoma extent in pre-operative planning of canine limb-salvage procedures. *Vet. Radiol. & Ultrasound*. 43(5): 428-432.
- Wanamaker, M. W., Vernau, K. M., Taylor, S. L., Cissell, D. D., Abdelhafez, Y. G., & Zwingenberger, A. L. (2021). Classification of neoplastic and inflammatory brain disease using MRI texture analysis in 119 dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 62(4), 445-454.
- Wang, H., Baker, E. W., Mandal, A., Pidaparti, R. M., West, F. D., & Kinder, H. A. (2021). Identification of predictive MRI and functional biomarkers in a pediatric piglet traumatic brain injury model. *Neural Regeneration Research*, 16(2), 338.
- Wanglerm, A., Samachikthummakun, C., Kitnitchee, Z., Sirinitikorn, T., Junnong, S., Sutthigran, S., ... & Thanaboonnipat, C. (2023). Computed tomographic evaluation of heart size in clinically healthy cats. *Open Veterinary Journal*, 13(3), 337-347.
- Warmerdam, E. P. L., & Van Weeren, P. P. (1996). Computed tomography and treatment of chronic temporomandibular joint arthritis in a sheep. *Veterinary quarterly*, 18(sup2), 94-96.
- Warren-Smith, C.M.R., Kneissl, S., Benigni, L., Kenny, P.J., & Lamb, C.R. (2009). Incomplete ossification of the atlas in dogs with cervical signs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(6), 635-638.

Waselau, M., Bertone, A. L., & Green, E. M. (2006). Computed tomographic documentation of a comminuted fourth carpal bone fracture associated with carpal instability treated by partial carpal arthrodesis in an Arabian filly. *Veterinary Surgery*, 35(7), 618-625.

Waselau, M., McKnight, A., & Kasperek, A. (2020). Magnetic resonance imaging of equine stifles: Technique and observations in 76 clinical cases. *Equine Veterinary Education*, 32, 85-91.

Waters, D.J., Coakley, F.V., Cohen, M.D., Davis, M.M., Karmazyn, B., Gonin, R., Hanna, M.P., Knapp, D.W., & Heifetz, S.A. (1998). The detection of pulmonary metastases by helical CT: a clinicopathologic study in dogs. *Journal of Computed Assisted Tomography*, 22(2), 235-240.

Watson, P. J., Hall, L. D., Malcolm, A., & Tyler, J. A. (1996). Degenerative joint disease in the guinea pig. Use of magnetic resonance imaging to monitor progression of bone pathology. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology*, 39(8), 1327-1337.

Watton, T. C., Lara-Garcia, A., & Lamb, C. R. (2017). Can malignant and inflammatory pleural effusions in dogs be distinguished using computed tomography?. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 58(5), 535-541.

Webb, A. A., Pharr, J. W., Lew, L. J., & Tryon, K. A. (2001). MR imaging findings in a dog with lumbar ganglion cysts. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 42(1), 9-13.

Wemheuer, W., Tipold, A., Rehage, J., Rustenbeck, H. H., Brenig, B., & Schulz-Schaeffer, W. (2004). Case-report. Malignant nerve sheath tumor in a cow with symptoms of suspected BSE. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 111(11), 443-447.

Wennemuth, J., Tellhelm, B., Eley, N., & von Pückler, K. (2020). Computed tomography enhances diagnostic accuracy in challenging medial coronoid disease cases: an imaging study in dog breeding appeal cases. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 33(05), 356-362.

Wernick, M.B., Dennler M, Beckmann K, *et al.* (2014). Peripheral nerve sheath tumor in a subadult golden eagle (*Aquila chrysaetos*). *J Avian Med Surg*. 28, 57–63.

Werys, K., Vijayakumar, S., Ranjan, R., Dosedall, D. J., Kim, D., Marrouche, N. F., & Kholmovski, E. (2013). CINE-MRI to study the

progress of disease in a chronic atrial fibrillation goat model. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 15(1), 1-2.

Westbrook, C., & Kaut, C. (1998). *MRI in Practice* (2nd Ed). Oxford, England: Blackwell Science.

Whelan, H. T., Clanton, J. A., Wilson, R. E., & Tulipan, N. B. (1988). Comparison of CT and MRI brain tumor imaging using a canine glioma model. *Pediatric Neurology*, 4(5), 279-283.

White, C., Dirrig, H., & Fitzgerald, E. (2020). CT findings in dogs with gastric malposition: 6 cases (2016-2019). *Journal of Small Animal Practice*, 61(12), 766-771.

Whitehead, M. C., & Parker, D. L. (2015). The use of computed tomography to diagnose chronic shoulder arthritis in an American white pelican (*Pelecanus erythrorhynchos*). *The Canadian Veterinary Journal*, 56(3), 261.

Whitlock, J., Holdsworth, A., Morales, C., Garosi, L., & Carrera, I. (2021). 1.5 Tesla magnetic resonance imaging features of canine intracranial intra-axial hematomas. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 778320.

Widmer, W. R., Buckwalter, K. A., Braunstein, E. M., Hill, M. A., O'Connor, B. L., & Visco, D. M. (1994). Radiographic and magnetic resonance imaging of the stifle joint in experimental osteoarthritis of dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 35(5), 371-384.

Widmer, W. R., Buckwalter, K. A., Fessler, J. F., Hill, M. A., VanSickle, D. C., & Ivancevich, S. (2000). Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 41(2), 108-116.

Widmer, W.R., & Guptill, L. (1995). Imaging techniques for facilitating diagnosis of hyperadrenocorticism in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 206(12), 1857-1864.

Widmer, W.R., Buckwalter, K.A., Braunstein, E.M., Visco, D.M. & O'Connor, B.L. Principles of magnetic resonance imaging and application to the stifle joint in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1991; 198(11): 1914-1922.

Williams, T. R., Perry, B. C., & Koenig, J. L. (1990). 1H magnetic resonance imaging study of bovine ocular tissue. *Ophthalmic Res.*, 22(2), 89-94.

Wilson, S., Spriet, M., Mur, P. E., Anishchenko, S., Beylin, D., Katzman, S., & Galuppo, L. (2021). 18Fluorine-fluorodeoxyglucose positron

emission tomography for assessment of deep digital flexor tendinopathy: An exploratory study in eight horses with comparison to CT and MRI. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 62(5), 610-620.

Windley, Z., Weller, R., Tremaine, W. H., & Perkins, J. D. (2009). Two- and three-dimensional computed tomographic anatomy of the enamel, infundibulae, and pulp of 126 equine cheek teeth. Part 2: findings in teeth with macroscopic occlusal or computed tomographic lesions. *Equine Veterinary Journal*, 41(5), 441-447.

Winegardner, K. R., Scrivani, P. V., Krotscheck, U., & Todhunter, R. J. (2007). Magnetic resonance imaging of subarticular bone marrow lesions in dogs with stifle lameness. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 48(4), 312-317.

Winer, J. N., Verstraete, F. J., Cissell, D. D., Le, C., Vapniarsky, N., Good, K. L., ... & Arzi, B. (2018). Clinical features and computed tomography findings are utilized to characterize retrobulbar disease in dogs. *Frontiers in veterinary science*, 5, 186.

Winter, M. D., Kinney, L. M., & Kleine, L. J. (2005). Three-dimensional helical computed tomographic angiography of the liver in five dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(6), 494-499.

Wion, L., Perkins, G., Ainsworth, D. M., Dykes, N. L., & Divers, T. J. (2001). Use of computerised tomography to diagnose a *Rhodococcus equi* mediastinal abscess causing severe respiratory distress in a foal. *Equine Veterinary Journal*, 33(5), 523-526.

Wise, R., Jones, J., Werre, S., & Aguirre, M. (2022). The prevalence of sacroiliac joint CT and MRI findings is high in large breed dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 63(6), 739-748.

Wisner, E. R., & Zwingenberger, A. (2015). *Atlas of small animal CT and MRI*. Ames, IA: Wiley Blackwell.

Wisner, E. R., Dickinson, P. J., & Higgins, R. J. (2011). Magnetic resonance imaging features of canine intracranial neoplasia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52, S52-S61.

Wisner, E. R., Katzberg, R. W., Koblik, P. D., McGahan, J. P., Griffey, S. M., Drake, C. M., Harnish, P. P., Vessey, A. R., & Haley, P. J. (1995). Indirect computed tomography lymphography of subdiaphragmatic lymph nodes using iodinated nanoparticles in normal dogs. *Academic Radiology*, 2(5), 405-412.

- Witte, T. H., & Perkins, J. D. (2011). Early diagnosis may hold the key to the successful treatment of nasal and paranasal sinus neoplasia in the horse. *Equine Veterinary Education*, 23(9), 441-447.
- Wolf, D., Lüpke, M., Wefstaedt, P., Klopmann, T., Nolte, I., & Seifert, H. (2011). Optimising magnetic resonance image quality of the ear in healthy dogs. *Acta Veterinaria Hungarica*, 59(1), 53-68.
- Wolff, C. A., Holmes, S. P., Young, B. D., Chen, A. V., Kent, M., Platt, S. R., ... & Levine, J. M. (2012). Magnetic resonance imaging for the differentiation of neoplastic, inflammatory, and cerebrovascular brain disease in dogs. *Journal of veterinary internal medicine*, 26(3), 589-597.
- Wood, M. L., & Hardy, P. A. (1993). Proton relaxation enhancement. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 3(1), 149-156.
- Wood, S. A., Hoford, J. D., Hoffman, E. A., Zerhouni, E., & Mitzner, W. (1995). A method for measurement of cross-sectional area, segment length, and branching angle of airway tree structures in situ. *Computer Medicine Imaging Graphic*, 19(1), 145-152.
- Wunderlin, N., Amort, K., Wigger, A., Klumpp, S., Biel, M., Eichner, G., & Kramer, M. (2012). Computed tomography in cats with craniofacial trauma with regard to maxillary and orbital fractures. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe K, Kleintiere/heimtiere*, 40(5), 341-349.
- Wyatt, S., Gonçalves, R., Gutierrez-Quintana, R., & De Decker, S. (2018). Outcomes of nonsurgical treatment for congenital thoracic vertebral body malformations in dogs: 13 cases (2009–2016). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 253(6), 768-773.
- Wyatt, S., Llabres-Diaz, F., Lee, C. Y., & Beltran, E. (2021). Early CT in dogs following traumatic brain injury has limited value in predicting short-term prognosis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 62(2), 181-189.
- Yamada K, Miyahara K, Sato M, *et al.* (1995). Optimizing technical conditions for magnetic resonance imaging of the rat brain and abdomen in a low magnetic field. *Vet Rad & Ultrasound*. 36:523–527.
- Yamada, K., Miyahara, K., Sato, M., Hirose, T., Yasugi, Y., Matsuda, Y., & Furuhashi, K. (1995). Magnetic resonance imaging of the central nervous system in the kitten. *J. Vet. Med. Sci*, 57(1), 155-156.
- Yamazoe, K., Ohashi, F., Kadosawa, T., Nishimura, R., Sasaki, N., & Takeuchi, A. (1994). Computed tomography on renal masses in dogs and cats. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 56(4), 813-816.

- Yarto-Jaramillo, E., Graham, J., McEntee, M. C., Keyerleber, M. A., Jennings, S. H., Rodríguez-Arroyo, D., & Reyes-Matute, A. (2022). Diagnosis of cervical chordoma in domestic ferrets (*Mustela putorius furo*): 3 cases. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 41, 48-53.
- Yasuda, D., Fujita, M., Yasuda, S., et al. (2004). Usefulness of MRI compared with CT for the diagnosis of mesenteric lymphoma in a dog. *Journal of Veterinary Medical Science*, 66(11), 1447–1451.
- Yayoshi, N., Yoshida, K., Terao, M., Ozawa, T., Kamishina, H., Takahashi, F., ... & Hasegawa, D. (2022). Spinal epidural arteriovenous fistula in 3 cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 36(5), 1806-1811.
- Yi, N. Y., Park, S. A., Park, S. W., Jeong, M. B., Kang, M. S., Jung, J. H., ... & Seo, K. M. (2006). Malignant ocular melanoma in a dog. *Journal of Veterinary Science*, 7(1), 89-90.
- Yilmaz, O., & Demircioğlu, İ. (2021). Morphometric analysis and three-dimensional computed tomography reconstruction of the long bones of femoral and crural regions in Van cats. *Folia Morphologica*, 80(1), 186-195.
- Yilmaz, O., & Durmaz, F. (2021). Examining the morphometric features of bulbus oculi in Van cats by using computed tomography and magnetic resonance imaging. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 68(4), 397-406.
- Yonetomi, D., Kadosawa, T., Miyoshi, K., et al. (2012). Contrast agent Gd-EOB-DTPA (EOB.Primovist®) for low-field magnetic resonance imaging of canine focal liver lesions. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(4), 371–380.
- Yoojin, A., Sung-Soo, K., Danbee, K., Kichang, L., Hakyoung, Y. (2023). Computed tomographic measurements of pancreatic thickness in clinically normal dogs. *Frontiers*, 10.
- Yoon, H. Y., & Jeong, S. W. (2013). Traumatic triceps tendon avulsion in a dog: magnetic resonance imaging and surgical management evaluation. *Journal of Veterinary Medical Science*, 75(10), 1375-1377.
- Yoon, J., Feeney, D. A., Cronk, D. E., Anderson, K. L., & Ziegler, L. E. (1999). Computed tomographic evaluation of canine and feline mediastinal masses in 14 patients. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(6), 542-546.

- Yoshikawa, H., Mayer, M. N., Linn, K. A., Dickinson, R. M., & Carr, A. P. (2008). A dog with squamous cell carcinoma in the middle ear. *The Canadian Veterinary Journal*, 49(9), 877.
- Young, I. R., Clarke, G. J., Bailes, D. R., Pennock, J. M., Doyle, F. H., & Bydder, G. M. (1981). Enhancement of relaxation rate with paramagnetic contrast agents in NMR imaging. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 5(4), 543-547.
- Yousaf, T., Dervenoulas, G., & Politis, M. (2018). *Advances in MRI methodology. International Review of Neurobiology*, 141, 31-76.
- Yu, C.T., Chou, C.L., Chung, F.T., Wu, J.T., Liu, Y.C., Liu, Y.H., ... & Liu, C.Y. (2010). Tracheal torsion assessed by a computer-generated 3-dimensional image analysis predicts tracheal self-expandable metallic stent fracture. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 140(4), 769-776.
- Yu, P. H., Lee, Y. L., Chen, C. L., & Chi, C. H. (2018). Comparison of three computed tomographic angiography protocols to assess diameters of major arteries in African grey parrots (*Psittacus erithacus*). *American journal of veterinary research*, 79(1), 42-53.
- Yu, Y., Hasegawa, D., Chambers, J. K., Kojima, K., Asada, R., Johnson, G. S., & Uchida, K. (2020). Magnetic resonance imaging and histopathologic findings from a standard poodle with neonatal encephalopathy with seizures. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 578936.
- Yu, Y., Sugiyama, A., Kuniya, T., & Hasegawa, D. (2021). CT and MRI characteristics of presumptive hypervitaminosis A in a cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, 7(1), 2055116921990301.
- Yurt, A., & Kazanci, N. (2008). Investigation of magnetic properties of various complexes prepared as contrast agents for MRI. *Journal of Molecular Structure*, 892(1-3), 392-397.
- Zaragoza, J. R. (1992). *Física e instrumentación médicas* (2ª ed.). Masson – Salvat Medicina, Barcelona (pp. 263-276).
- Zaruco, L., Wisner, E. R., Swanstrom, M. D., & Stover, S. M. (2006). Image fusion of computed tomographic and magnetic resonance images for the development of a three-dimensional musculoskeletal model of the equine forelimb. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 47(6), 553–562.
- Zehtabvar, O., Masoudifard, M., Rostami, A., Akbarein, H., Sereshke, A. H. A., Khanamooeiashi, M., & Borgheie, F. (2023). CT anatomy of the

lungs, bronchi and trachea in the Mature Guinea pig (*Cavia porcellus*). *Veterinary Medicine and Science*.

Zhalniarovich, Y., Adamiak, Z., Głodek, J., Przyborowska, P., & Holak, P. (2014). Comparison of High Resolution Gradient Echo, XBONE T1, XBONE T2, Spin Echo T1 and 3D SST1 magnetic resonance imaging sequences for imagining the canine elbow. *Polish Journal of Veterinary Sciences*.

Zhalniarovich, Y., Przeworski, A., Głodek, J., & Adamiak, Z. (2017). Low-field magnetic resonance imaging of otitis media in two cats: a case report. *Veterinární Medicina*, 62(2), 111-115.

Zhou, L., Chen, T. W., Zhang, X. M., Yang, Z., Tang, H. J., Deng, D., ... & Hu, J. (2014). Liver dynamic contrast-enhanced MRI for staging liver fibrosis in a piglet model. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 39(4), 872-878.

Ziemer, L. S., Schwarz, T., & Sullivan, M. (2003). Otolithiasis in three dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 44(1), 28-31.

Zilkens, C., Miese, F. R., Crumbiegel, C., Kim, Y. J., Herten, M., Antoch, G., ... & Bittersohl, B. (2013). Magnetic resonance imaging and histology of ovine hip joint cartilage in two age populations: a sheep model with assumed healthy cartilage. *Skeletal Radiology*, 42, 699-705.

Zimmerman, M., Schramme, M., Barthélemy, A., Mariën, T., Thomas-Cancian, A., & Ségard-Weisse, E. (2022). CT is a feasible imaging technique for detecting lesions in horses with elbow lameness: A study of 139 elbows in 99 horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 63(2), 164-175.

Zimmerman, M., Schramme, M., Eberlé, O., Drumond, B., Carter, J., Carter-Arnold, J., ... & Ségard-Weisse, E. (2023). Low-field MRI findings and follow-up of central tarsal bone fractures in four non-racehorses. *Equine Veterinary Education*, 35(2), e112-e120.

Zink, F. E. (1997). X-ray tubes. *Radiographics*, 17(5), 1259-1268.

Zook, B. C., Hitzelberg, R. A., Fike, J. R., & Bradley, E. W. (1980). Anatomy of the Beagle in cross-section: Head and neck. *American Journal of Veterinary Research*, 42(5), 844-849.

Zotti, A., Banzato, T., & Cozzi, B. (2009). Cross-sectional anatomy of the rabbit neck and trunk: comparison of computer tomography and cadaver anatomy. *Research in Veterinary Science*, 87(2), 171-176.

Zubrod, C. J., Farnsworth, K. D., Tucker, R. L., & Ragle, C. A. (2005). Injury of the collateral ligaments of the distal interphalangeal joint diagnosed by magnetic resonance. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, 46(1), 11-16.

Zuercher, M., Vilaplana Grosso, F., & Lejeune, A. (2021). Comparison of the clinical, ultrasound, and CT findings in 13 dogs with gastric neoplasia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 62(5), 525-532.

Zulim, R. M. I., Geller, F. F., Cardoso, G. S., Mamprim, M. J., Teixeira, C. R., Andrade, R. S., & Comerlato, A. T. (2012). Ultrasound and computed tomography description of the liver the boa constrictor. *Veterinaria e Zootecnia*, 19(3), A16-A16.

Zwingenberger, A. L., & Schwarz, T. (2004). Dual-phase ct angiography of the normal canine portal and hepatic vasculature. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 45(2), 117-124.

Zwingenberger, A. L., McLearn, R. C., & Weisse, C. (2005a). Diagnosis of arteriportal fistulae in four dogs using computed tomographic angiography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(6), 472-477.

Zwingenberger, A. L., Park, S. A., & Murphy, C. J. (2014). Computed tomographic imaging characteristics of the normal canine lacrimal glands. *BMC Veterinary Research*, 10(1), 1-6.

Zwingenberger, A. L., Schwarz, T., & Saunders, H. M. (2005b). Helical computed tomographic angiography of canine portosystemic shunts. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(1), 27-32.

Кемельман, Евгений & Kemel'man, Evgeniy & Лапшин, Максим & Lapshin, Maksim & Хведчук, Владимир & Hvedchuk, Vladimir & Тюренков, Иван & Tyurenkov, Ivan & Заволжинская, Вероника & Zavolzhinskaya, Veronika & Тэн, Анастасия & Ten, Anastasiya & Костыгова, Елена & Kostygova, Elena. (2019). CT findings in 100 cats with inflammatory diseases of lower respiratory system. *Russian Veterinary Journal*. 2019, 18-22.