



**UNIVERSIDAD DE MURCIA**  
**ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**  
**TESIS DOCTORAL**

Estimación del tamaño normal de órganos o estructuras anatómicas mediante la realización de mediciones utilizando diferentes técnicas de imagen en perros y gatos.

**D. Miryam Martínez Garrido**  
**2022**





**UNIVERSIDAD DE MURCIA**  
**ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**  
**TESIS DOCTORAL**

Estimación del tamaño normal de órganos o estructuras anatómicas mediante la realización de mediciones utilizando diferentes técnicas de imagen en perros y gatos.

Autor: D. Miryam Martínez Garrido

Director/es: D. Amalia Agut Giménez y D. Marta Soler Lagúa





**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD  
DE LA TESIS PRESENTADA EN MODALIDAD DE COMPENDIO O ARTÍCULOS PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

*Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19-10-2022*

D./Dña. Miryam Martínez Garrido

doctorando del Programa de Doctorado en

Ciencias Veterinarias

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

- Estimación del tamaño normal de órganos o estructuras anatómicas mediante la realización de mediciones utilizando diferentes técnicas de imagen en perros y gatos.
- Estimation of the normal size of organs or anatomical structures by performing measurements using different imaging techniques in dogs and cats.

y dirigida por,

D./Dña. Amalia Agut Giménez

D./Dña. Marta Soler Laguía

D./Dña.

**DECLARO QUE:**

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Además, al haber sido autorizada como compendio de publicaciones o, tal y como prevé el artículo 29.8 del reglamento, cuenta con:

- *La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- *En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia, a 21 de Diciembre de 2022

Fdo.:

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

Información básica sobre protección de sus datos personales aportados	
Responsable:	Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es
Legitimación:	La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento. art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos
Finalidad:	Gestionar su declaración de autoría y originalidad
Destinatarios:	No se prevén comunicaciones de datos
Derechos:	Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia



## TESIS DOCTORAL POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

Orden narrativo, no cronológico.

1. Agut A., Martínez M. Ansón A., Soler M. (2020) Ultrasonographic measurement of adrenal gland-to-aorta ratio as a method of estimating adrenal size in dogs. *Veterinary Record*. Jun 27; 186(19): e27. doi: 10.1136/vr.105188.
2. Martínez M., Pallarés F.J., Soler M., Agut A. (2018) Relationship between ultrasonographic and histopathological measurements of small intestinal wall layers in fresh cat cadavers. *The Veterinary Journal*. Jul; 237: 1-8. doi: 10.1016/j.tvjl.2018.05.001.
3. Martínez M., Soler M., Laredo F.G., Belda E., Agut A. (2022) Ultrasonographic assessment of the renal size using a kidney length to vertebral body length ratio in cats. *Frontiers in Veterinary Science*. Aug 3; 9:887746. doi: 10.3389/fvets.2022.887746







UNIVERSIDAD DE  
**MURCIA**

D. Amalia Agut Giménez, Catedrática de Universidad del Área de Medicina y cirugía animal en el Departamento de Medicina y cirugía animal, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO NORMAL DE ÓRGANOS O ESTRUCTURAS ANATÓMICAS MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE MEDICIONES UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS DE IMAGEN EN PERROS Y GATOS", realizada por D. Miryam Martínez Garrido, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 8 de Julio de 2022





UNIVERSIDAD DE  
**MURCIA**

D. Marta Soler Laguía, Profesor Titular de Universidad del Área de Medicina y cirugía animal en el Departamento de Medicina y cirugía animal, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO NORMAL DE ÓRGANOS O ESTRUCTURAS ANATÓMICAS MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE MEDICIONES UTILIZANDO DIFERENTES TÉCNICAS DE IMAGEN EN PERROS Y GATOS", realizada por D. Miryam Martínez Garrido, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 8 de Julio de 2022

*Marta Soler*





**CERTIFICADO DE ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN FUERA DE**  
**ESPAÑA PARA OPTAR A MENCIÓN DE**  
**«DOCTORADO INTERNACIONAL»**  
**INTERNATIONAL Ph.D. VISITING RESEARCH CERTIFICATE**

**1. DATOS DEL DOCTORANDO QUE HA REALIZADO LA ESTANCIA / Ph.D. STUDENT'S PERSONAL DATA**

Nombre y apellidos del doctorando/a / Ph.D. student name and surname: Miryam Martinez Garrido
Centro de origen / Institution of origin: Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Murcia
Programa de Doctorado / Doctoral Programme: Ciencias Veterinarias/ Veterinary Sciences
Título de la tesis / Thesis title: Estimación del tamaño normal de órganos o estructuras anatómicas mediante la realización de mediciones utilizando diferentes técnicas de imagen en perros y gatos. Estimation of the normal size of organs or anatomical structures by performing measurements using different imaging techniques in dogs and cats.

**2. DATOS DEL CENTRO EN EL QUE SE HA REALIZADO LA ESTANCIA / HOST INSTITUTION**

Nombre del Centro de Educación Superior o Instituto de Investigación / Name of the host institution: Veterinary Teaching Hospital, University College Dublin
Departamento/Centro / Department/Centre: Diagnostic imaging department
Dirección del Centro / Address: UCD Veterinary Hospital, Belfield, Dublin 4.
Localidad y país / City and country: Dublin, Ireland.

**3. DATOS DEL TUTOR/INVESTIGADOR RESPONSABLE DE LA ESTANCIA / RESEARCH SUPERVISOR AT HOST INSTITUTION**

Nombre y apellidos del tutor/investigador / supervisor name and surname: Cliona Skelly DOHERTY
DNI/Pasaporte nº. / I.D. / Passport nº: PV3585610
E-mail: cliona.skelly@ucd.ie
Departamento/Centro al que pertenece / Department/Centre: Diagnostic imaging Department

University Veterinary Hospital  
UCD  
Belfield  
Dublin 4

*Cliona Skelly Doherty*



4. **CERTIFICADO DE LA ESTANCIA / VISITING RESEARCH CERTIFICATE** <sup>(1)</sup>:

*(1) A cumplimentar por el tutor investigador responsable de la estancia / To complete by the research supervisor.*

El abajo firmante certifica que el doctorando/a arriba mencionado/a ha realizado una estancia en este Centro bajo mi supervisión en las siguientes fechas: desde el dd de mm de aaaa hasta el dd de mm de aaaa, realizando....

The person who signs this document certifies that the Ph.D. student above-mentioned has visited this institution under my supervision in the following dates: from the 3<sup>rd</sup> of April 2016 to the 3<sup>rd</sup> of June 2016.

During the externship the student was in charge of the use of the different diagnostic imaging equipment of the centre (radiology, ultrasound and computed tomography), under supervision, with the aim of acquiring knowledge about the use of the different imaging techniques and experience in the interpretation of studies obtained with these techniques, which she then applied for her PhD research.

In addition, she participated in the different activities carried out at the centre to improve her training in the field of diagnostic imaging, such as journal club, film reading, and attending seminars given by residents or clinicians from the centre on various topics of research in small animals.

En/In Dublin xxx de 20xx *16/6/2022*

Firmado y sellado / Signed and stamped\*. Dr/a D<sup>o</sup>./D<sup>a</sup>.: *Blair Kelly Deherty*

*(\*) Debe firmar y sellar todas las hojas del informe / You must sign and seal all the pages of the report*

University Veterinary Hospital  
UCD  
Barnard  
Dublin 4







**CERTIFICADO DE ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN FUERA DE**  
**ESPAÑA PARA OPTAR A MENCIÓN DE**  
**«DOCTORADO INTERNACIONAL»**  
***INTERNATIONAL Ph.D. VISITING RESEARCH CERTIFICATE***

**1. DATOS DEL DOCTORANDO QUE HA REALIZADO LA ESTANCIA / Ph.D. STUDENT'S PERSONAL DATA**

Nombre y apellidos del doctorando/a / Ph.D. student name and surname: Miryam Martinez Garrido
Centro de origen / Institution of origin: Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Murcia
Programa de Doctorado / Doctoral Programme: Ciencias Veterinarias / Veterinary Sciences
Título de la tesis / Thesis title: Estimación del tamaño normal de órganos o estructuras anatómicas mediante la realización de mediciones utilizando diferentes técnicas de imagen en perros y gatos Estimation of the normal size of organs or anatomical structures by performing measurements using different imaging techniques in dogs and cats.

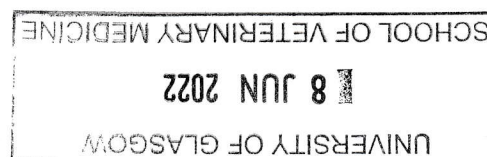
**2. DATOS DEL CENTRO EN EL QUE SE HA REALIZADO LA ESTANCIA / HOST INSTITUTION**

Nombre del Centro de Educación Superior o Instituto de Investigación / Name of the host institution: School of Veterinary Medicine, University of Glasgow
Departamento/Centro / Department/Centre: Diagnostic Imaging department
Dirección del Centro / Address: 464 Bearsden Road, Bearsden, Glasgow G61 1QH
Localidad y país / City and country: Glasgow, UK

**3. DATOS DEL TUTOR/INVESTIGADOR RESPONSABLE DE LA ESTANCIA / RESEARCH SUPERVISOR AT HOST INSTITUTION**

Nombre y apellidos del tutor/investigador / supervisor name and surname: <b>Professor Martin Sullivan</b>
DNI/Pasaporte nº. / I.D. / Passport nº: British passport no <b>12662354</b>
E-mail: martin.sullivan@glasgow.ac.uk
Departamento/Centro al que pertenece / Department/Centre: <b>Diagnostic Imaging Department</b>

*Martin Sullivan 8/8/22*





4. **CERTIFICADO DE LA ESTANCIA / VISITING RESEARCH CERTIFICATE** (1):

(1) *A cumplimentar por el tutor investigador responsable de la estancia / To complete by the research supervisor.*

El abajo firmante certifica que el doctorando/a arriba mencionado/a ha realizado una estancia en este Centro bajo mi supervisión en las siguientes fechas: desde el dd de mm de aaaa hasta el dd de mm de aaaa, realizando....

I (Professor Martin Sullivan) certify that the Ph.D. student above-mentioned visited this institution under my supervision between the 15<sup>th</sup> of June and the 31<sup>st</sup> of August 2016.

Under supervision, for the period of the externship the student was given the responsibility run the different diagnostic imaging equipment of the centre: radiography, ultrasound and advanced imaging techniques including computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). One goal was to acquire enhanced knowledge about the application of the different imaging techniques. A second goal was to gain additional experience in the interpretation of studies obtained with these techniques, which she then applied to her PhD research. To achieve the latter, she was expected create formal imaging reports and defend these to the colleagues in the department.

In addition, she participated in the different activities carried out at the centre to improve her training in the field of diagnostic imaging, such as journal club, film reading, and attending seminars given by residents or clinicians from the centre on various topics of research in small animals.

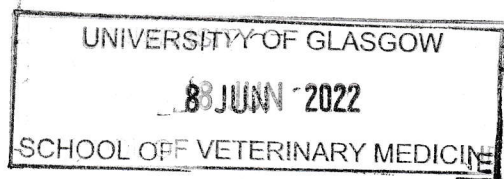
En/In Glasgow 08/06/2022

Firmado y sellado / Signed and stamped\*.

Professor Martin Sullivan BVMS, PhD, DVR, DipIECVDI, FHEA, MRCVS

*Martin Sullivan*

(\*) *Debe firmar y sellar todas las hojas del informe / You must sign and seal all the pages of the report*







**CERTIFICADO DE ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN FUERA DE**  
**ESPAÑA PARA OPTAR A MENCIÓN DE**  
**«DOCTORADO INTERNACIONAL»**  
**INTERNATIONAL Ph.D. VISITING RESEARCH CERTIFICATE**

**1. DATOS DEL DOCTORANDO QUE HA REALIZADO LA ESTANCIA / Ph.D. STUDENT'S PERSONAL DATA**

Nombre y apellidos del doctorando/a / Ph.D. student name and surname: Miryam Martinez Garrido
Centro de origen / Institution of origin: Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Murcia
Programa de Doctorado / Doctoral Programme: Ciencias Veterinarias/ Veterinary Sciences
Título de la tesis / Thesis title: Estimación del tamaño normal de órganos o estructuras anatómicas mediante la realización de mediciones utilizando diferentes técnicas de imagen en perros y gatos. Estimation of the normal size of organs or anatomical structures by performing measurements using different imaging techniques in dogs and cats.

**2. DATOS DEL CENTRO EN EL QUE SE HA REALIZADO LA ESTANCIA / HOST INSTITUTION**

Nombre del Centro de Educación Superior o Instituto de Investigación / Name of the host institution: Veterinary Teaching Hospital, University College Dublin
Departamento/Centro / Department/Centre: Diagnostic imaging department
Dirección del Centro / Address: UCD Veterinary Hospital, Belfield, Dublin 4.
Localidad y país / City and country: Dublin, Ireland.

**3. DATOS DEL TUTOR/INVESTIGADOR RESPONSABLE DE LA ESTANCIA / RESEARCH SUPERVISOR AT HOST INSTITUTION**

Nombre y apellidos del tutor/investigador / supervisor name and surname: Cliona Skelly-Doherty
DNI/Pasaporte n°. / I.D. / Passport n°: PV3585610
E-mail: cliona.skelly@ucd.ie
Departamento/Centro al que pertenece / Department/Centre: Diagnostic imaging Department

University Veterinary Hospital  
UCD  
Belfield  
Dublin 4

*Cliona Skelly-Doherty*



4. **CERTIFICADO DE LA ESTANCIA / VISITING RESEARCH CERTIFICATE** <sup>(1)</sup>:

(1) *A cumplimentar por el tutor investigador responsable de la estancia / To complete by the research supervisor.*

El abajo firmante certifica que el doctorando/a arriba mencionado/a ha realizado una estancia en este Centro bajo mi supervisión en las siguientes fechas: desde el dd de mm de aaaa hasta el dd de mm de aaaa, realizando....

The person who signs this document certifies that the Ph.D. student above-mentioned has visited this institution under my supervision in the following dates: from the 1<sup>st</sup> of May 2017 to the 26<sup>th</sup> of May 2017.

During the externship the student was in charge of the use of the different diagnostic imaging equipment of the centre (radiology, ultrasound and computed tomography), under supervision, with the aim of acquiring knowledge about the use of the different imaging techniques and experience in the interpretation of studies obtained with these techniques, which she then applied for her PhD research.

In addition, she participated in the different activities carried out at the centre to improve her training in the field of diagnostic imaging, such as journal club, film reading, and attending seminars given by residents or clinicians from the centre on various topics of research in small animals.

En/In Dublin xxx de 20xx 16/6/2022

Firmado y sellado / Signed and stamped\*. Dr/a D<sup>o</sup>./D<sup>a</sup>..

*Siobhán Shelly O'Driscoll*

(\*) *Debe firmar y sellar todas las hojas del informe / You must sign and seal all the pages of the report*

University Veterinary Hospital  
UCD  
Belfield  
Dublin 4





**INFORME DE EXPERTO DOCTOR PERTENECIENTE A UNA INSTITUCIÓN DE  
EDUCACIÓN SUPERIOR O INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN NO ESPAÑOL  
PARA OPTAR A MENCIÓN DE «DOCTORADO INTERNACIONAL»**

***EXTERNAL REVIEWER'S REPORT FOR  
THE "INTERNATIONAL DOCTORATE" MENTION***

**DATOS DE LA TESIS DOCTORAL / DOCTORAL THESIS DETAILS**

Nombre y apellidos del doctorando / PhD student's name and surname(s): Miryam Martinez Garrido
Centro de origen / Institution of origin: Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Murcia
Programa de Doctorado / Doctoral Programme: Ciencias Veterinarias
Título de la tesis / Thesis title: - Estimación del tamaño normal de órganos o estructuras anatómicas mediante la realización de mediciones utilizando diferentes técnicas de imagen en perros y gatos.  - Estimation of the normal size of organs or anatomical structures by performing measurements using different imaging techniques in dogs and cats.

**DATOS DEL EXPERTO QUE EMITE EL INFORME / EXTERNAL REVIEWER'S DETAILS**

Nombre y apellidos / First name and family name: Cibele Figueira Carvalho
D.N.I./Pasaporte / I.D./Passport number: FY384478
E-mail: <a href="mailto:cibelefcarvalho@gmail.com">cibelefcarvalho@gmail.com</a>
Doctor por la Universidad de / PhD institution: Universidad de San Pablo – USP
Año de defensa de la tesis doctoral / PhD date: 2009
Institución/ Instituto de Investigación a la que pertenece / Current affiliation: Instituto de Investigacion de Ecografia veterinaria/ School of improvement in veterinary ultrasound - NAUS
Departamento/Centro / Department/Centre: CEO and Scientific Director
País / Country: Brazil



**1. INFORME RAZONADO SOBRE LA IDONEIDAD DE LA TESIS AL EFECTO DE ACCEDER AL GRADO DE DOCTOR: / EXTERNAL REVIEWER'S ASSESSMENT OF THE THESIS' QUALITY**

- 1.1. Especificar los motivos que avalan la calidad de la tesis antes indicada al objeto de acceder al grado académico de doctor (objetivos, originalidad del trabajo, metodología, antecedentes y bibliografía, resultados, etc.) (Adjunte cuantas hojas adicionales estime oportuno)**  
**Specify reasons for endorsing the quality of the above-mentioned thesis in order to obtain the PhD award (objectives, originality of the research conducted, framing in the relevant literature, methodology, results, ...) (Please add as many additional pages as necessary)**

Objectives assertively express what the research intends to achieve. Bibliographic review reveals state of the art as should be. The methodology presents the steps to achieve the objectives. Results and conclusions are clear and useful.

Los objetivos expresan perfectamente lo que la investigación pretende lograr. La revisión bibliográfica revela el estado del arte de los temas a tratar. La metodología presenta los pasos para alcanzar los objetivos. Los resultados y conclusiones son claros y útiles.

- 1.2. Valoración absoluta y/o ponderada de la tesis presentada en comparación con otros trabajos de investigación en su campo de conocimiento / Overall and/or balanced assessment of the thesis in comparison with other research studies in the same disciplinary domain:**

From my point of view, the project has significance for scientific research in this field of knowledge.

Desde mi punto de vista el proyecto tiene una gran importancia para la investigación científica en su campo de conocimiento.

- 1.3. ¿Considera usted que la tesis doctoral es apta para su defensa pública? / Do you consider the work submitted is ready for the PhD viva?**

SI/YES

NO/NO

- 1.4. Comentarios, observaciones u otras sugerencias para la mejora del trabajo / Comments, observations and suggestions intended to improve this thesis:**

I think there is no suggestions to improve the text because it is clear and objective. All three articles surely will be references for future research.

Creo que no hay sugerencias, porque el texto es claro y objetivo. Los tres artículos sin duda serán referencias para futuras investigaciones.

San Pablo, Brasil, 15 a Noviembre de 2022 / Sao Paulo, Brazil, 15 of November of 2022.

Firmado/Signed\*. Dr.:  \_\_\_\_\_

(\* Se deben firmar todas las hojas del informe/ All pages of this report ought to be signed







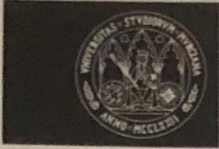
**INFORME DE EXPERTO DOCTOR PERTENECIENTE A UNA INSTITUCIÓN DE  
EDUCACIÓN SUPERIOR O INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN NO ESPAÑOL  
PARA OPTAR A MENCIÓN DE «DOCTORADO INTERNACIONAL»**  
***EXTERNAL REVIEWER'S REPORT FOR  
THE "INTERNATIONAL DOCTORATE" MENTION***

**DATOS DE LA TESIS DOCTORAL / DOCTORAL THESIS DETAILS**

Nombre y apellidos del doctorando / PhD student's name and surname(s): Miryam Martinez Garrido
Centro de origen / Institution of origin: Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Murcia
Programa de Doctorado / Doctoral Programme: Ciencias Veterinarias
Título de la tesis / Thesis title: - Estimación del tamaño normal de órganos o estructuras anatómicas mediante la realización de mediciones utilizando diferentes técnicas de imagen en perros y gatos.  - Estimation of the normal size of organs or anatomical structures by performing measurements using different imaging techniques in dogs and cats.

**DATOS DEL EXPERTO QUE EMITE EL INFORME / EXTERNAL REVIEWER'S DETAILS**

Nombre y apellidos / First name and family name: Massimo Vignoli
D.N.I./Pasaporte / I.D./Passport number: AS8921181
E-mail: mvignoli@unite.it
Doctor por la Universidad de / PhD institution: Universidad de Gante/ University of Ghent
Año de defensa de la tesis doctoral / PhD date: 2010
Institución/ Instituto de Investigación a la que pertenece / Current affiliation: Universidad de Teramo/ University of Teramo
Departamento/Centro / Department/Centre: Departamento de Medicina Veterinaria/ Department of Veterinary Medicine
País / Country: Italia/ Italy



**1. INFORME RAZONADO SOBRE LA IDONEIDAD DE LA TESIS AL EFECTO DE ACCEDER AL GRADO DE DOCTOR: / EXTERNAL REVIEWER'S ASSESSMENT OF THE THESIS' QUALITY**

- 1.1. Especificar los motivos que avalan la calidad de la tesis antes indicada al objeto de acceder al grado académico de doctor (objetivos, originalidad del trabajo, metodología, antecedentes y bibliografía, resultados, etc.) (Adjunte cuantas hojas adicionales estime oportuno)**  
**Specify reasons for endorsing the quality of the above-mentioned thesis in order to obtain the PhD award (objectives, originality of the research conducted, framing in the relevant literature, methodology, results, ...) (Please add as many additional pages as necessary)**

La tesis titulada "Estimación del tamaño normal de órganos o estructuras anatómicas mediante la realización de mediciones con diferentes técnicas de imagen en perros y gatos", realizada por la doctoranda Miryam Martínez Garrido, incluye una introducción general con la revisión bibliográfica, y una parte experimental, compuesta por tres artículos publicados en revistas científicas de gran impacto en el ámbito de la medicina veterinaria. Los objetivos de los artículos fueron evaluar el tamaño normal de diferentes órganos, por lo que los resultados obtenidos son posibles referencias para el futuro, tanto en el ámbito de la investigación como en el clínico. Los tres artículos están bien realizados, contienen una bibliografía actualizada, un buen diseño experimental, y esatn muy bien escritos lo que lleva a que sean fáciles de leer.

The thesis "Estimation of the normal size of organs or anatomical structures by performing measurements using different imaging techniques in dogs and cats", written by the PhD student's Miryam Martínez Garrido, includes a general introduction with the review of the literature, and an experimental part, composed of three articles published in journals of high scientific value in the field of veterinary medicine. The goals of the articles were to assess the normal size of different organs, and therefore they are possible references for the future, in research and clinical environments. All three articles are well conducted, containing the relevant literature, with a good scientific design, and very clear to read.

*M*

- 1.2. Valoración absoluta y/o ponderada de la tesis presentada en comparación con otros trabajos de investigación en su campo de conocimiento / Overall and/or balanced assessment of the thesis in comparison with other research studies in the same disciplinary domain:**

Esta tesis puede considerarse por encima de la media teniendo en cuenta la disciplina de estudio y viendo las tres publicaciones.

This thesis can be considered above the average for the three articles, especially considered the disciplinary domain.

- 1.3. ¿Considera usted que la tesis doctoral es apta para su defensa pública? / Do you consider the work submitted is ready for the PhD viva?**



SI/YES

NO/NO

1.4. Comentarios, observaciones u otras sugerencias para la mejora del trabajo / Comments, observations and suggestions intended to improve this thesis:

La tesis está bien escrita y puede aceptarse en el actual formato.

The thesis is well written, and can accepted in the present format.

En Teramo, 15/11/2022 / Place and date

Firmado/Signed\*. Dr.:\_Massimo Vignoli

(\* Se deben firmar todas las hojas del informe/ All pages of this report ought to be signed



## AGRADECIMIENTOS

Quisiera mostrar mi más sincera gratitud:

A las directoras de esta Tesis Doctoral, Dra. Amalia Agut y Dra. Marta Soler, por todo su apoyo y colaboración durante el desarrollo de este proyecto, que sin ellas no hubiera sido posible.

A Amalia Agut, gracias por inspirarme y mostrarme el camino del Diagnóstico por Imagen. Por confiar en mi, y guiarme durante todos estos años de trabajo de internado, residencia y tesis. Siempre te voy a estar agradecida por animarme a conseguir profesionalmente todo lo que he logrado.

A Marta Soler, por todos los años de trabajo como compañera y amiga.

A todos los coautores de los artículos que componen esta tesis, sin vosotros no se habrían podido hacer estos estudios.

A todos mis compañeros del Hospital Veterinario de la Universidad de Murcia por vuestra ayuda, en especial a María Cascales, Giorgia, Mayte y Patri, por vuestra amistad además de ser grandes compañeras.

A mis padres, por apoyarme y guiarme siempre, por acompañarme allá donde haga falta y por estar ahí para ayudarme a levantarme en cualquier tropiezo. Por inculcarme el amor y pasión por los animales.

A Germán, mi compañero. Infinitas gracias, por estar siempre ahí desde el minuto cero, y desde entonces sin soltarme la mano. No importa en que parte del mundo sea, siempre acompañándome, apoyándome y confiando en mi. Por entenderme tal y como soy, y por recordarme las cosas que realmente importan cuando lo necesito.

A Lesly por su ayuda y amor incondicional. Sin ti, el realizar esta tesis hubiese sido más difícil y menos divertido.

Y por último, a mis pacientes y en general a los animales, porque son los que hacen que me levante con ilusión cada mañana, queriendo saber más y mejorar en lo que más me apasiona en la vida, la medicina veterinaria.

## RELACIÓN DE ABREVIATURAS

### ESPAÑOL:

**AD:** Adrenal derecha  
**AI:** Adrenal izquierda  
**Ao:** Aorta  
**DI:** Diagnóstico por imagen  
**EII:** Enfermedad inflamatoria intestinal  
**mA:** Media del grosor de las glándulas adrenales  
**TC:** Tomografía computarizada  
**R:** ambos riñones  
**RD:** Riñón derecho  
**RI:** Riñón izquierdo  
**RM:** Resonancia magnética  
**UICC:** Unión ileocecólica

### ENGLISH:

**Ao:** Aorta  
**CT:** Computed tomography  
**DI:** Diagnostic imaging  
**IBD:** Inflammatory bowel disease  
**ICCJ:** Ileocecolic junction  
**K:** Both kidneys  
**LA:** Left adrenal  
**LK:** Left kidney  
**mA:** mean thickness of both adrenals  
**MRI:** Magnetic resonance imaging  
**RA:** Right adrenal  
**RK:** Right kidney





## ÍNDICE



1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	5
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8
1. MEDICIONES RADIOLÓGICAS EN DIAGNÓSTICO POR IMAGEN	10
2. EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DE LA GLÁNDULA ADRENAL EN PERROS	13
3. EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DEL INTESTINO DELGADO EN GATOS	18
4. EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DEL RIÑÓN EN GATOS	23
4. RELACIÓN DE ARTÍCULOS	29
4.1. ARTÍCULO 1	33
4.2. ARTÍCULO 2	40
4.3. ARTÍCULO 3	50
5. CONCLUSIONES	64
6. CONCLUSIONS	68
7. RESUMEN GENERAL	72
8. EXTENDED SUMMARY	90
9. BIBLIOGRAFÍA	107
10. APÉNDICE	123

# INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

El término “mediciones radiológicas” se ha utilizado para agrupar todas las medidas realizadas a las diferentes estructuras u órganos con las diferentes modalidades de diagnóstico por imagen (DI), radiología, ecografía, tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM), tanto en medicina humana como en veterinaria (Lamb y Nelson 2015).

El uso de estas mediciones es un componente fundamental en DI, y se emplean de forma rutinaria con diversos objetivos, como por ejemplo para ayudar a identificar una anomalía, o describir la severidad de una patología y valorar su evolución. En este último caso, las mediciones de diferentes estudios se pueden comparar y nos aportan una visión objetiva de la progresión de una enfermedad, o nos permiten evaluar la eficacia de un tratamiento (Tirkes et al. 2013).

Otra finalidad, es utilizar las mediciones radiológicas como base para establecer un diagnóstico clínico. Existen numerosos libros de anatomía radiológica y publicaciones, que incluyen múltiples ejemplos de métodos para la realización de mediciones, en los cuales se describe la adquisición de longitudes, ángulos, áreas, volúmenes o ratios utilizando las diferentes técnicas de imagen (Lamb y Nelson 2015). Estos métodos tienen como objetivo establecer una serie de valores de referencia para determinadas estructuras u órganos considerados normales, para posteriormente detectar casos que no estén dentro de los valores de referencia y por tanto nos indiquen la presencia de alguna patología.

Tanto en medicina humana como en medicina veterinaria existen multitud de valores de referencia basados en mediciones realizadas con las diferentes técnicas de imagen (radiología, ecografía, TC y RM) (Lamb y Nelson 2015).

En medicina veterinaria, teniendo en cuenta las variaciones anatómicas que existen entre las diferentes especies, y dentro de la misma especie entre

las diferentes razas (sobre todo en perros), se han empleado estructuras anatómicas de referencia como la aorta (Ao) o la longitud de cuerpos vertebrales, para aumentar la validez de estas mediciones (Buchanan y Bucheler 1995; d'Anjou et al. 2004; Mareschal et al. 2007; Trevail et al. 2011; Sohn et al. 2016). Además, se ha demostrado en múltiples ocasiones que los ratios pueden ser independientes de ciertas variables como la raza, la edad, peso o sexo del paciente por lo que pueden proporcionar una información más útil que una simple dimensión lineal (Feeney et al. 2007).

Hay ciertos órganos, en los que establecer una medición de referencia del órgano normal cobra especial importancia, como por ejemplo las glándulas adrenales, el intestino o los riñones, ya que se han descrito múltiples patologías que pueden alterar su tamaño, como puede ser el hiperadrenocorticismos pituitario dependiente o el hipoadrenocorticismos en el caso de las glándulas adrenales (Barthez et al. 1995; Grooters et al. 1996; Wenger et al. 2010); enfermedades inflamatorias o neoplasias en el caso de patologías intestinales (Zwingenberger et al. 2010; Daniaux et al. 2014); o enfermedad renal aguda o crónica, o peritonitis infecciosa felina, entre otros, en el caso de los riñones (Nyland et al. 1995; Dennis et al. 2010; Debruyn et al. 2012; d'Anjou y Penninck 2015b). Además, la evaluación ecográfica de estos órganos es una parte fundamental en el protocolo diagnóstico (Barthez et al. 1998; Debruyn et al. 2012; Griffin 2019), realizándose de forma rutinaria, por lo que tener valores ecográficos de referencia es importante para una evaluación exhaustiva de dichos órganos.

## **OBJETIVOS**





## OBJETIVOS

Con el objetivo de establecer valores ecográficos normales del tamaño de ciertos órganos en perros y gatos, se planteó desarrollar la presente tesis doctoral, donde se evalúan la relación de las mediciones de los siguientes órganos: glándulas adrenales, intestino y riñones, con mediciones de estructuras anatómicas que se toman como referencia o con medidas obtenidas mediante otras técnicas (ej. histología). Para ello se plantearon los siguientes objetivos:

1. Estimar el grosor de la glándula adrenal por ecografía en perros sin patología en dicha glándula, y obtener un ratio glándula adrenal/Ao, utilizando el diámetro de la Ao como estructura anatómica de referencia. Establecer el efecto del peso corporal, sexo y edad de los animales sobre el ratio glándula adrenal/Ao (Artículo 1).
2. Realizar mediciones ecográficas de la pared y de las capas del intestino delgado en cadáveres de gatos sin patología gastrointestinal, para determinar la relación entre los planos longitudinales y transversales, y establecer la concordancia entre estas medidas y las mediciones obtenidas mediante histología (Artículo 2).
3. Estimar la longitud de los riñones mediante ecografía y radiografía, en gatos sin patología renal, y establecer un ratio riñón/vertebra, utilizando la longitud de las vértebras lumbares (L5 y L6), como estructura anatómica de referencia. Determinar el efecto de la edad, peso, sexo y estado reproductivo de los animales, sobre la longitud renal, vertebral y de los ratios riñón/vertebra (Artículo 3).

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1. MEDICIONES RADIOLÓGICAS EN DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

En Diagnóstico por Imagen (DI) se han establecido multitud de medidas radiológicas para estimar el valor normal de diversas estructuras anatómicas mediante la utilización de las diferentes técnicas diagnósticas (radiología, ecografía, TC y RM), tanto en medicina veterinaria como en medicina humana.

El uso de estas mediciones es un componente fundamental en DI, y se emplean de forma rutinaria con diversos objetivos, como por ejemplo para ayudar a identificar una anomalía, o describir la severidad de una patología y valorar su evolución. En este último caso, las mediciones de diferentes estudios se pueden comparar y nos aportan una visión objetiva de la progresión de una enfermedad, o nos permiten evaluar la eficacia de un tratamiento (Tirkes et al. 2013).

Otro objetivo, es utilizar las mediciones radiológicas como base para establecer un diagnóstico clínico. Existen numerosos libros de anatomía radiológica y publicaciones, que incluyen múltiples ejemplos de métodos para la realización de mediciones, en los cuales se describe la adquisición de longitudes, ángulos, áreas, volúmenes o ratios utilizando las diferentes técnicas de imagen (Lamb y Nelson 2015). Estos métodos tienen como objetivo establecer una serie de valores de referencia para determinadas estructuras u órganos considerados normales, para posteriormente detectar casos que no estén dentro de los valores de referencia y por tanto nos indiquen la presencia de alguna patología.

No obstante, existe cierta controversia acerca de la utilización de dichos valores. Algunos autores abogan por una interpretación más subjetiva de las técnicas diagnósticas (Goodman 2007), y afirman que el uso de estas medidas no aumenta necesariamente la precisión de los observadores en el diagnóstico (Ciasca et al 2013), llegando a la conclusión de que hay una evidencia débil de que las medidas radiológicas sean útiles para alcanzar el diagnóstico de

diferentes patologías en perros y gatos (Lamb y Nelson 2015). Mientras que otros autores apoyan el uso de las medidas radiológicas como base para el diagnóstico (Keats y Siström 2001). Además, está ampliamente descrito que los radiólogos varían en la exactitud de la interpretación de las imágenes (Robinson 1997), y el establecimiento de ciertos valores de referencia puede ser positivo por diversos motivos, sobre todo para observadores inexpertos (Ciasca et al. 2013) donde puede existir mayor variación a la hora de la interpretación de imágenes.

Por otra parte, en medicina veterinaria, teniendo en cuenta las variaciones anatómicas que existen entre las diferentes especies, y dentro de la misma especie entre las diferentes razas (sobre todo en perros), se han empleado estructuras anatómicas de referencia para aumentar la validez de estas mediciones. En radiología se han tomado como referencia las estructuras óseas, sobre todo los cuerpos vertebrales, a la hora de establecer mediciones de los diferentes órganos. La relación con el esqueleto se ha validado para evaluar el tamaño de numerosos órganos como por ejemplo, el tamaño del intestino delgado en la especie canina (Graham et al. 1998), del colon tanto en perros como en gatos (O'Brien 1978; Trevail et al. 2011), el tamaño de la silueta cardíaca en diferentes razas de perros (Buchanan y Bucheler 1995; Lamb et al. 2001) y en el gato (Litster y Buchanan 2000), el tamaño del atrio izquierdo en el perro (Sánchez et al. 2018), el tamaño de los riñones en perros (Finco et al. 1971) y gatos (Barrett y Kneller 1972), etc. En otras ocasiones se han tomado otras estructuras de referencia como la distancia de la entrada al tórax para evaluar el diámetro traqueal (Harvey y Fink 1982), la distancia de la cavidad pélvica para determinar el tamaño de la próstata en el perro (Feency et al. 1987), o el valor del ángulo de la bifurcación traqueal como referencia para determinar el agrandamiento del atrio izquierdo en perros (Le Roux et al. 2012). Además, en el caso de la especie felina, al no presentar variaciones tan acusadas entre razas, en algunos casos se han establecido medidas sin tomar ninguna estructura anatómica de referencia, como por ejemplo a la hora de establecer el diámetro normal del intestino delgado en animales sanos (Morgan 1981).

En ecografía al igual que en radiología, debido a las diferencias anatómicas entre especies y/o razas, la aorta ha sido utilizada como estructura anatómica de referencia para establecer diferentes ratios y obtener valores de referencia para estructuras anatómicas u órganos. Así, la Ao se ha utilizado para cuantificar el aumento del atrio izquierdo (Hansson et al. 2002), para evaluar el diámetro de la vena porta en el diagnóstico de shunts portosistémicos (d'Anjou et al. 2004), para evaluar el tamaño de los riñones (Mareschal et al. 2007), y más recientemente para evaluar el tamaño de las capas del intestino delgado en el gato (Winter et al. 2014). También se han usado otras estructuras anatómicas como los cuerpos vertebrales para evaluar el tamaño renal en perros (Barella et al. 2012).

En el caso de las técnicas de imagen más avanzadas como la TC o RM, se han publicado estudios midiendo las diferentes estructuras anatómicas con estas técnicas. Así, hay trabajos donde evalúan la precisión de la longitud y diámetro de la glándula adrenal medida mediante TC para diferenciar entre hiperadrenocorticismos ACTH-dependiente o independiente (Pineiro et al. 2011), o donde evalúan el tamaño y las características de los nódulos linfáticos normales mediante TC en el perro (Beukers et al. 2013). También se han empleado estructuras anatómicas de referencia como la Ao o los cuerpos vertebrales para establecer ratios y estimar el valor de referencia de los riñones en perros (Hoey et al. 2016) y en gatos (Darawiroj y Choisunirachon 2019).

Por otra parte, se han publicado estudios en los que se emplean otras técnicas para comparar las mediciones obtenidas con las diferentes técnicas de imagen, y así evaluar la validez de estas mediciones, como por ejemplo comparar las medidas radiológicas con los resultados macroscópicos de la necropsia (Grooters et al. 1995) o con los resultados de la histopatología (Wiersema y Wiersema 1993; Le Roux et al. 2016).

## 2. EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DE LA GLÁNDULA ADRENAL EN PERROS

La ecografía es una técnica diagnóstica útil para la evaluación de la glándula adrenal en el perro, y su valoración es considerada como parte de un examen ecográfico completo (Barthez et al. 1995).

Las glándulas adrenales se localizan en el espacio retroperitoneal, medial al riñón. La adrenal izquierda se localiza a lo largo del aspecto lateral de la aorta abdominal, inmediatamente craneal al origen de la arteria renal izquierda, y ventral o caudal al origen de las arterias mesentérica craneal y celiaca. La glándula adrenal derecha se localiza próxima a la vena cava caudal, en su aspecto laterodorsal, craneal a la arteria y vena renales derechas (Barthez et al. 1998, Evans y de Lahunta 2010) (Figura 1).

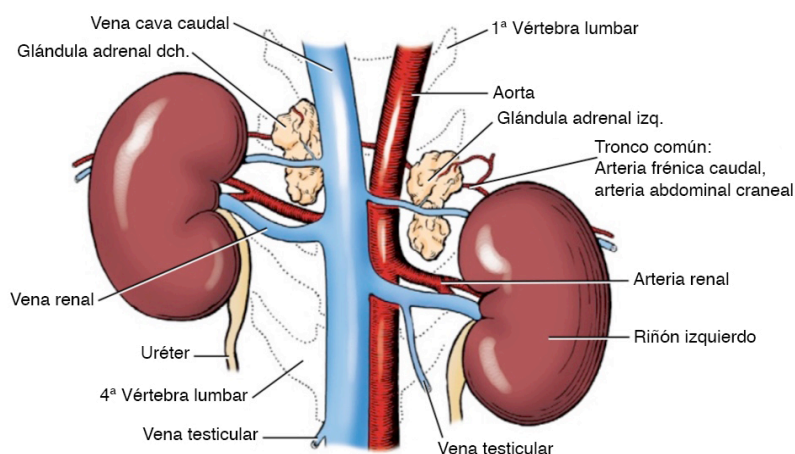


Figura 1. Esquema representando la localización anatómica de las glándulas adrenales en el perro. Adaptado de Evans y de Lahunta 2010.

Ambas glándulas adrenales se pueden evaluar mejor desde un abordaje ecográfico lateral con el paciente en decúbito lateral, para evitar que interfieran partes del tracto digestivo (Barthez et al. 1998). Para identificar la glándula adrenal izquierda el transductor se coloca en la pared abdominal ligeramente caudal a la última costilla, y para la glándula adrenal derecha se coloca inmediatamente caudal a la última costilla y orientando el transductor craneodorsalmente. En algunos casos para evaluar la glándula adrenal derecha es posible que tengamos que usar un abordaje intercostal a nivel de



los 2 o 3 últimos espacios intercostales (Brinkman et al. 2007), sobre todo en pacientes de tórax profundo o perros grandes (>10 kg). También, se pueden evaluar con un abordaje ventral con el paciente en decúbito dorsal. En la mayoría de los perros se evalúan con un transductor convexo o semiconvexo de 7-10 MHz, ya que su superficie de contacto es pequeña y son fáciles de manejar. Su valoración con una sonda lineal es posible para la glándula adrenal izquierda, mientras que es difícil para la glándula adrenal derecha debido a la amplia superficie de contacto del transductor y el campo de visión estrecho (Graham 2008).

Ecográficamente ambas glándulas adrenales son estructuras bien delimitadas e hipoecogénicas en comparación con la grasa que las rodea. La glándula adrenal izquierda presenta una forma alargada y bilobulada, asemejándose a la forma de un cacahuete, mientras que la glándula adrenal derecha tiene una morfología más ovalada en la mayoría de los casos, presentando una morfología de cuña en algunos perros (d'Anjou y Penninck 2015a) (Figura 2 A y B). Al ser evaluadas con una sonda ecográfica de alta frecuencia, se puede observar una fina línea hiperecogénica paralela a la cápsula, que representa la unión entre la corteza y la médula. La vena frenicoabdominal puede verse como dos líneas paralelas finas e hiperecogénicas, oblicuas, que cruzan a nivel del aspecto medio del cuerpo de las glándulas adrenales (d'Anjou y Peninnck 2015a).

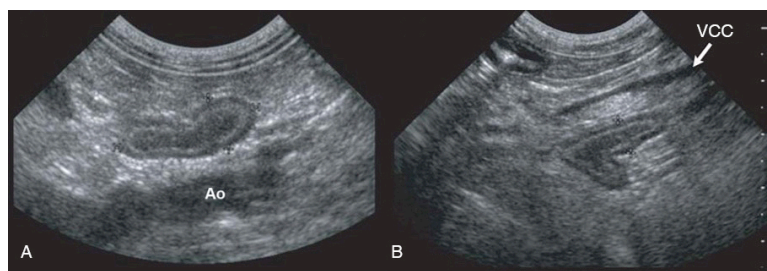


Figura 2. Plano sagital de la glándula adrenal izquierda (A) y derecha (B) normales en el perro. Nótese la morfología de cacahuete de la glándula izquierda y la morfología de cuña de la glándula derecha. Se observa la presencia de un halo hiperecogénico bien definido en la unión corticomedular. Ao, aorta. VCC, Vena cava caudal. Imágenes adaptadas de d'Anjou y Peninnck 2015a.

Se han descrito múltiples mediciones de las glándulas adrenales usando el plano sagital o longitudinal (longitud en la dirección craneocaudal, y altura en la dirección dorsoventral de los polos craneales y caudales); y el plano transversal (altura en la dirección dorsoventral y anchura en dirección mediolateral) (Barberet et al. 2010) (Figura 3. A, B y C; Figura 4).

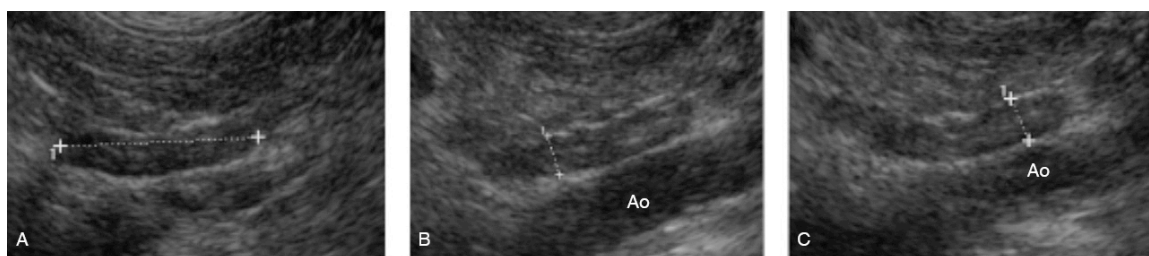


Figura 3. Planos sagitales de la glándula adrenal izquierda. Los calibradores marcan la longitud de la glándula (A), y altura del polo craneal (B), y polo caudal (C). Ao, aorta. Imágenes adaptadas de Barberet et al. 2010.

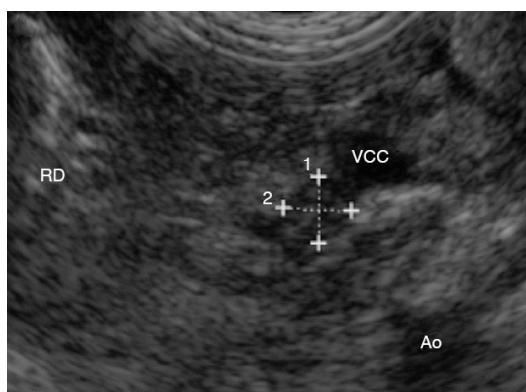


Figura 4. Plano transversal de la glándula adrenal derecha. Los calipers indican la altura (1) y ancho (2) de la glándula a nivel del polo caudal. VCC, Vena cava caudal. RD, riñón derecho. Ao, Aorta. Imagen adaptada de Barberet et al. 2010.

En la literatura hay descrito un rango muy amplio de valores normales de la glándula adrenal en las diferentes razas de perros. La glándula adrenal izquierda presenta un rango de 3-8 mm de altura (grosor) y de 10-50 mm de longitud, mientras que la adrenal derecha presenta un rango de 1.8-9.5 mm de altura (grosor) y de 10-39 mm de longitud (Barthez et al. 1995; Grooters et al. 1995; Hoerauf et al. 1996; Douglass et al. 1997; de Chalus et al. 2013). Se ha

descrito que la mejor medición ecográfica es la dimensión dorsoventral (altura o grosor) del polo caudal de ambas glándulas adrenales, ya que se correlaciona mejor con el tamaño macroscópico de las mismas (Pagani et al. 2017), y también se ha visto que es la medición que presenta menos variabilidad intra- e interobservador (Barberet et al. 2010).

Además, se ha estudiado el efecto de la posición del paciente sobre las mediciones de las glándulas adrenales, determinando que la medición que presenta menor variabilidad entre el decúbito dorsal y lateral, es la altura (grosor) del polo caudal de las glándulas adrenales en el plano longitudinal (Rose et al. 2017).

Por otra parte, diversos estudios han mostrado que la ecografía tiene utilidad diagnóstica a la hora de evaluar enfermedades que afectan a la glándula adrenal, y que pueden alterar su tamaño, tales como hiperadrenocorticismos pituitario o adrenal dependiente, hipoadrenocorticismos o tumores adrenales (Kantrowitz et al. 1986; Grooters et al. 1995; Besso et al. 1997; Barthez et al. 1998; Wenger et al. 2010). En particular, está ampliamente descrito que en casos de hiperadrenocorticismos pituitario dependiente se puede producir una hiperplasia de las glándulas adrenales, donde estas mantienen una morfología normal y aumentan de tamaño (Grooters et al. 1996). Sin embargo, el rango de medidas de las glándulas adrenales normales es muy amplio y existe solapamiento entre valores normales y de animales con enfermedad adrenal (Barthez et al. 1995; Grooters et al. 1996, Choi et al. 2011; de Chalus et al. 2013; Soulsby et al. 2015).

Teniendo en cuenta este problema, se han publicado estudios donde se ha intentado establecer unos valores de referencia para ambas glándulas adrenales (longitud y grosor), y estudiar la variación de dichos valores en función del peso corporal, edad y sexo de los animales. En uno de los estudios, se llegó a la conclusión de que no hubo correlación entre el grosor de ambas glándulas adrenales y el peso corporal o el sexo de los animales, mientras si que hubo correlación entre el peso corporal y la longitud de las mismas (Mogicato et al. 2011). Mientras que en otro estudio concluyen que el grosor de

la glándula adrenal varía de forma significativa en perros con diferentes pesos, y establecen una serie de valores normales, tomando un grosor  $\leq 0.54$  cm para perros  $< 10$  Kg,  $\leq 0.68$  cm para perros de 10-30 Kg, y  $\leq 0.80$  cm para perros  $> 30$  Kg (Soulsby et al. 2015). Finalmente, más recientemente se ha publicado un estudio donde concluyen que la ecografía es una técnica con una alta sensibilidad para detectar adrenomegalia en perros con hiperadrenocorticismismo cuando se establecen 4 categorías de peso llegando a 95,6%. Y determinan los siguientes valores de referencia para glándulas adrenales normales: límite superior para la glándula adrenal izquierda fueron 5.1 mm ( $\geq 2.5$ -5 kg), 5.5 mm ( $> 5$ -10 kg), 6.4 mm ( $> 10$ -20 kg) y 7.3 mm ( $> 20$ -40 kg), y límite superior para la glándula adrenal derecha fueron 5.3 mm ( $\geq 2.5$ -5 kg), 6.8 mm ( $> 5$ -10 kg), 7.5 mm ( $> 10$ -20 kg) y 8.7 mm ( $> 20$ -40 kg) (Melián et al. 2021). La tabla 1 refleja los valores de las glándulas adrenales publicadas por diferentes autores.

Tabla 1. Valores del límite superior para el grosor de las glándulas adrenales en el plano sagital en estudios previos. (Tabla adaptada de Soulsby et al. (2015)).

Autores	Límite superior sugerido para el grosor de la glándula adrenal en el plano sagital (cm)		Correlación encontrada con el peso corporal
	Izquierda	Derecha	
Barthez et al. (1995)	0.74 (20 perros 4.4-38.8)	0.81 (20 perros 4.4-38.8)	No (Correlación con la longitud)
Grooters et al. (1995)	0.50 (14 perros 13.6-20.3 kg)	0.50 (14 perros 13.6-20.3 kg)	Si
Grooters et al. (1996)	0.70 (10 perros 9.1-38.6 kg)	0.70 (10 perros 9.1-38.6 kg)	Si
De Marco et al. (2010)	0.59 (109 perros $< 10$ kg)	0.59 (109 perros $< 10$ kg)	Si
Choi et al. (2011)	0.60 (175 perros 0.84-10 kg)	0.60 (175 perros 0.84-10 kg)	Si
de Chalus et al.(2013)	0.54 (23 Perros 1.9-4.1 kg)	0.67 (23 Perros 1.9-4.1 kg)	Si
	0.79 (17 Perros 26.8-38.6 kg)	0.95 (17 Perros 26.8-38.6 kg)	
Soulsby et al. (2015)	$\leq 0.54$ (perros $< 10$ Kg) $\leq 0.68$ (perros 10-30 Kg) $\leq 0.80$ (perros $> 30$ Kg)		Si
Melian et al. (2020)	0.51 (perros $\geq 2.5$ -5 kg)	0.53 (perros $\geq 2.5$ -5 kg)	Si
	0.55 (perros $> 5$ -10 kg)	0.68 (perros $> 5$ -10 kg)	
	0.64 (perros $> 10$ -20 kg)	0.75 (perros $> 10$ -20 kg)	
	0.73 (perros $> 20$ -40 kg)	0.87 (perros $> 20$ -40 kg)	

El uso de una estructura anatómica de referencia para estimar el tamaño de la glándula adrenal podría ser beneficioso, sin embargo, según la bibliografía consultada hasta la fecha de publicación de nuestro trabajo, no existía información acerca de la evaluación ecográfica del tamaño de la glándula adrenal en relación a alguna estructura anatómica de referencia, como la aorta, que varíe en función del tamaño del animal.

### 3. EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DEL INTESTINO DELGADO EN GATOS

La evaluación ecográfica del intestino delgado se emplea de forma rutinaria como parte del examen ecográfico abdominal, estando su apariencia normal ampliamente descrita en pequeños animales (Newell et al. 1999; Delaney et al. 2003), jugando un papel fundamental en el protocolo diagnóstico de enfermedades intestinales.

Las diferentes partes del tracto gastrointestinal están distribuidas por toda la cavidad abdominal. El estómago está localizado inmediatamente caudal al hígado situado en el abdomen craneal. El estómago presenta una morfología de “J”, con su eje largo quedando orientado paralelamente a la columna, estando a la izquierda de la misma, y el antro pilórico que se corresponde con la porción curva de la “J”, junto con la unión gastroduodenal y el duodeno descendente, quedando a nivel medio del abdomen. El duodeno sigue una dirección recta hacia caudal hasta la flexura duodenal caudal donde gira cranealmente en una porción corta (duodeno ascendente) antes de llegar al yeyuno. El yeyuno se localiza entre la grasa intra-abdominal, y en algunos gatos con más cantidad de grasa puede estar más agrupado en un área (principalmente en el lado derecho), siendo la parte de intestino más móvil. No se visualiza una separación clara entre el yeyuno y el íleon, terminando este último a nivel de la unión ileocólica. La unión ileocecológica (UICC) queda localizada en el lado derecho o cercano a la línea media del abdomen medio, ventromedial al riñón derecho. El íleon entra en el colon ascendente desde el lado izquierdo, inmediatamente distal a la unión cecocólica (Griffin 2019). El

ciego presenta una morfología de coma, siendo un saco ciego que mide aproximadamente 2-3 cm de longitud (Besso et al. 2004). Posteriormente, encontramos el colon que se trata de un tramo intestinal relativamente corto (Crouch 1969).

El intestino del gato se puede evaluar ecográficamente con el paciente posicionado en decúbito dorsal o lateral, obteniendo imágenes de buena calidad alternando ambos posicionamientos en función del contenido intestinal (gas, líquido, etc.) (Penninck y d'Anjou 2015). Para evaluar el tracto gastrointestinal del gato es necesario un transductor lineal de alta frecuencia (11-15 MHz o superior), para optimizar la resolución de la imagen, y poder evaluar todas las capas de la pared intestinal con detalle. Este tipo de transductor presenta una limitada penetración del haz de ultrasonidos lo cual no es un problema debido al pequeño tamaño de la cavidad abdominal del gato (Penninck y d'Anjou 2015; Griffin 2019). Se deben obtener planos sagitales y transversales de todos los segmentos del tracto gastrointestinal para una evaluación completa del mismo, y así poder determinar el grosor de la pared, la ecogenicidad y grosor de las diferentes capas, y evaluar el contenido del mismo, incluyendo la presencia/ausencia de distensión intestinal y peristalsis (Penninck y d'Anjou 2015; Griffin 2019).

Ecográficamente, a lo largo del tracto gastrointestinal se identifican cinco capas que se repiten: la interfaz de la luz con la mucosa (hiperecogénica) en el centro, la cual no es una capa real, y desde la luz hacia el exterior encontramos: mucosa (hipoecogénica), submucosa (hiperecogénica), muscular (hipoecogénica) y serosa (hiperecogénica), las cuales varían en tamaño dependiendo de la porción del tracto gastrointestinal (Penninck y d'Anjou 2015; Griffin 2019; Hudson 2020a). (Figura 5 A y B.)

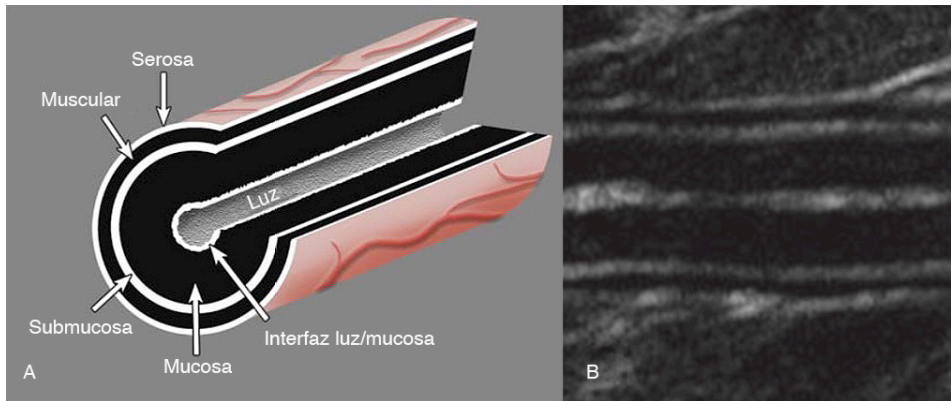


Figura 5. (A) Esquema ilustrando las diferentes capas intestinales adaptado de Penninck y d'Anjou 2015. (B) Imagen ecográfica de un plano sagital del yeyuno donde se observan las diferentes capas intestinales (adaptada de Winter et al. 2014).

En la especie felina hay recientes publicaciones que describen el tamaño medio de la pared intestinal y de las diferentes capas en cada porción de intestino (Di Donato et al. 2014; Winter et al. 2014), estableciendo un grosor medio de la pared intestinal de 2.20, 2.22, 3.00 y 2.04 mm para duodeno, yeyuno e íleon a nivel de los pliegues y entre pliegues, respectivamente, siendo el íleon la porción de intestino con la pared más gruesa. Y un grosor medio de las diferentes capas: grosor medio de la mucosa de 1.27, 1.20, 0.46 y 0.49 mm para duodeno, yeyuno e íleon a nivel del pliegue y entre pliegues, respectivamente; un grosor medio de la submucosa de 0.36, 0.36, 1.49 y 0.53 mm para duodeno, yeyuno e íleon a nivel del pliegue y entre pliegues respectivamente; el grosor medio de la capa muscular de 0.28, 0.35, 0.66 y 0.65 mm para duodeno, yeyuno e íleon a nivel del pliegue y entre pliegues respectivamente; y el grosor medio de la capa serosa de 0.29, 0.31, 0.38 y 0.38 mm para duodeno, yeyuno e íleon a nivel del pliegue y entre pliegues, respectivamente (Di Donato et al. 2014). Además, en estos estudios establecen la proporción que cada capa representa en el grosor total de la pared intestinal (Di Donato et al. 2014; Winter et al. 2014). Así, la mucosa es la capa más gruesa en el duodeno y yeyuno, representando aproximadamente un 58% del total de la pared intestinal en duodeno y un 55% en el yeyuno, mientras que en el íleon representa tan solo un 16%. Por el contrario, la capa submucosa y muscular son más prominentes a nivel del íleon comparando con el resto de

porciones de intestino (Di Donato et al. 2014; Winter et al. 2014), lo que hace que sea fácilmente distinguible del yeyuno. Se ha descrito que la prominencia de la capa muscular en el íleon, es debida a la función que este desempeña como esfínter, previniendo que material del colon pase oralmente hacia el intestino delgado (Kerr 1999). Este presenta una apariencia ecográfica característica, ya que cuando está vacío, tiene pliegues que se proyectan hacia la luz, asemejándose a los radios de una rueda de carro en las imágenes transversales (Goggin et al. 2000) (Figura 6 A, B, C y D). La tabla 2 muestra las medidas de la pared intestinal y de las diferentes capas en estudios previos.

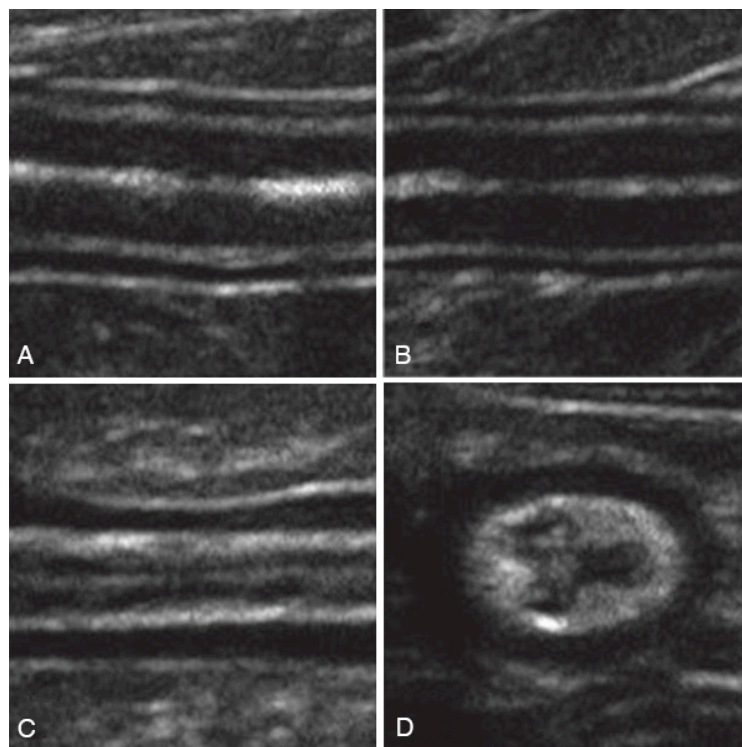


Figura 6. Imágenes ecográficas en plano sagital del duodeno (A), yeyuno (B), e íleon (C), y en plano transversal del íleon (D). Notese la diferencia en el grosor de las diferentes capas en las diferentes porciones de intestino. (Winter et al. 2014).



Tabla 2. Medidas de la pared intestinal y diferentes capas de duodeno, yeyuno, íleon e íleon distal (UICC) en estudios ecográficos previos.

Autores	Capas intestinales		Duodeno Longitudinal (mm)	Yeyuno Longitudinal (mm)	Íleon Longitudinal (mm)	Íleon distal (UICC) (mm)	
						Pliegue	Entre pliegues
Winter et al. (2014)	Mucosa	Mediana	1.4	1.1	1.3	-	-
		(1 <sup>er</sup> cuartil, 3 <sup>er</sup> cuartil)	(1.2, 1.6)	(1.0,1.4)	(0.9,1.5)		
Di Donato et al. (2014)		Media ± DE	1.27±0.15	1.20±0.14	-	0.46±0.08	0.49±0.08
		Rango	(1.05-1.56)	(1.04-1.55)	-	(0.31-0.62)	(0.33-0.69)
Winter et al. (2014)	Submucosa	Mediana	0.3	0.3	0.3	-	-
		(1 <sup>er</sup> cuartil, 3 <sup>er</sup> cuartil)	(0.3,0.4)	(0.3-0.4)	(0.3,0.5)		
Di Donato et al. (2014)		Media ± DE	0.36±0.04	0.36±0.04	-	1.49±0.29	0.53±0.09
		Rango	(0.29-0.43)	(0.29-0.44)	-	(0.95-2.12)	(0.40-0.68)
Winter et al. (2014)	Muscular	Mediana	0.4	0.4	0.8	-	-
		(1 <sup>er</sup> cuartil, 3 <sup>er</sup> cuartil)	(0.3,0.5)	(0.3,0.7)	(0.6,1.0)		
Di Donato et al. (2014)		Media ± DE	0.28±0.07	0.35±0.05	-	0.66±0.11	0.65±0.1
		Rango	(0.30-0.35)	(0.25-0.45)	-	(0.44-0.95)	(0.39-0.83)
Winter et al. (2014)	Serosa	Mediana	0.3	0.3	0.3	-	-
		(1 <sup>er</sup> cuartil, 3 <sup>er</sup> cuartil)	(0.3,0.3)	(0.2,0.3)	(0.3,0.3)		
Di Donato et al. (2014)		Media ± DE	0.29±0.03	0.31±0.04	-	0.38±0.08	0.38±0.07
		Rango	(0.23-0.36)	(0.23-0.39)	-	(0.26-0.57)	(0.28-0.52)
Winter et al. (2014)	Pared total	Mediana	2.4	2.3	2.8	-	-
		(1 <sup>er</sup> cuartil, 3 <sup>er</sup> cuartil)	(2.2,2.7)	(2.0,2.5)	(2.3,3.2)		
Di Donato et al. (2014)		Media ± DE	2.20±0.17	2.22±0.18	-	3.00±0.28	2.04±0.17
		Rango	(1.78-2.51)	(1.96-2.67)	-	(2.52-3.59)	(1.66-2.27)

DE, Desviación Estándar

Además de determinar el tamaño de las diferentes capas de intestino, hay un estudio donde se establece un ratio utilizando la Ao como estructura de referencia, para estandarizar las medidas de la capa mucosa y muscular, obteniendo mayores ratios Mucosa:Ao a nivel del duodeno y mayores ratios Muscular:Ao a nivel del íleon (Winter et al. 2014).

El grosor de la pared intestinal se usa frecuentemente como herramienta diagnóstica para detectar enfermedades en el tracto intestinal en gatos, ya que cambios en la ecogenicidad y/o grosor de la pared intestinal o de alguna de sus capas se han descrito en múltiples desórdenes gastrointestinales (Nyland et al. 2015). En concreto, el engrosamiento de la capa muscular manteniendo la apariencia normal del resto de capas de la pared intestinal, se ha relacionado con enfermedades intestinales infiltrativas difusas como la enfermedad inflamatoria intestinal (enteritis eosinofílica o linfocítica), o el linfoma (Evans et al. 2006; Daniaux et al. 2014; Tucker et al. 2014). También, se ha descrito que este engrosamiento de la capa muscular aparece con mayor probabilidad en casos de linfoma de células T, que en casos de enfermedad inflamatoria

intestinal (EII) (Zwingenberger et al. 2010). Más recientemente, se intentó cuantificar el grosor de la capa muscular en gatos con linfoma intestinal difuso, EII y gatos sanos para comparar las alteraciones entre grupos, estableciendo un ratio entre la capa muscular y submucosa, y observando que animales sanos presentaban un ratio muscular-submucosa  $<1$ , mientras que animales con linfoma o EII presentaban ratios  $>1$ , llegando a la conclusión de que este ratio puede servir como marcador para detectar casos de enfermedad intestinal infiltrativa como linfoma o EII (Daniaux et al. 2014). Además, se obtuvo en los resultados de un estudio de gatos con linfoma de bajo grado que presentaban un grosor de la pared intestinal de 4.3 mm (mediana 4.5 mm, rango 3.4-5 mm) (Lingard et al. 2009). Finalmente, se han descrito engrosamientos de la capa muscular en casos de hipertrofia de la muscular intestinal llegando a medir la pared intestinal entre 7-8 mm, implicando solo engrosamiento de la capa muscular mientras que la apariencia ecográfica de cinco capas se mantenía normal (Diana et al. 2003), o en otras patologías como mastocitoma o histoplasmosis (Mavropoulou et al. 2010; Laurenson et al. 2011).

No obstante, no hay estudios que describan la correlación entre las medidas ecográficas e histológicas de la pared intestinal y de las diferentes capas en la especie felina.

#### 4. EVALUACIÓN ECOGRÁFICA DEL RIÑÓN EN GATOS

La ecografía es una técnica de imagen que proporciona una visualización excelente del tamaño, morfología y arquitectura renal (Nyland et al. 1995; Dennis y McConnell 2007; Larson 2009).

Ambos riñones se localizan a nivel del espacio retroperitoneal caudal a ambas costillas. El riñón izquierdo está inmediatamente caudal al fundus gástrico, caudomedial a la cabeza del bazo y lateral a la aorta. Mientras que el riñón derecho está situado inmediatamente caudal al hígado (fosa renal del lóbulo

caudado), ventral y medial al duodeno, y lateral a la vena cava caudal (Mannion 2006).

Debido a la posición superficial de los riñones, estos son altamente accesibles para su evaluación ecográfica (Larson 2009), y se pueden evaluar desde un abordaje ventral o lateral, estando el paciente colocado en decúbito dorsal o lateral respectivamente. La evaluación de los riñones se realiza con transductores lineales de alta frecuencia (7.5-10 MHz) para obtener imágenes de alta resolución. Cada riñón debe evaluarse en al menos dos planos ortogonales, aunque estos debido a su morfología ovalada podemos evaluarlos en planos sagitales, dorsales y transversales. El transductor se posiciona paralelo al eje largo del animal para los planos longitudinales (planos medio sagital y dorsal), y perpendicular a la columna para las imágenes transversales (plano transversal) (d'Anjou y Penninck 2015b).

Ambos riñones presentan una morfología ovalada o de “habichuela” con una superficie lisa y bien definida (Mannion 2006). Anatómicamente en el riñón podemos identificar tres regiones: la corteza, médula y el seno renal (Mannion 2006; Dennis and McConnell 2007). La capsula renal rodea al riñón y es una estructura fina lineal e hiperecogénica, que normalmente no se ve a nivel de los polos renales donde las interfaces del tejido son paralelas al haz de ultrasonidos, y pueden generarse sombras laterales (Debruyne et al. 2012).

La corteza renal es uniformemente ecogénica con una ecotextura granular fina, normalmente hipo- o isoecogénica cuando se compara con el hígado e hipoecogénica al bazo. No obstante, en gatos normales se ha descrito que el acúmulo de grasa en el citoplasma del epitelio tubular proximal aumenta la ecogenicidad de la cortical (Drost et al. 2000), llegando a ser hiperecogénica en comparación al hígado (Larson 2009; Dennis et al. 2010). Normalmente, hay una buena demarcación entre la cortical y la médula renal, siendo la corteza hiperecogénica en comparación a la médula (Larson 2009; Dennis et al. 2010). La médula renal es hipoecogénica o casi anecoica en algunos casos, que queda seccionada por ecogenicidades lineales que representan a los recesos y divertículos renales, acompañados de los vasos interlobares. Estos vasos

pasan a través de la médula desde el seno renal hasta la corteza y pueden generar sombra acústica (Mannion 2006). Algunos gatos normales presentan una banda hiperecogénica paralela a la unión corticomedular, en la superficie externa de médula renal, llamada “signo de borde medular” (Larson 2009). Esta representa depósito de calcio en la luz de los túbulos proximales renales histológicamente. No obstante, este signo también se ha visto en ciertas patologías con necrosis tubular aguda, vasculitis piogranulomatosa, etc. (d’Anjou y Penninck 2015b). Las arterias arqueadas se encuentran adyacentes a la unión corticomedular, observándose como pequeños focos hiperecogénicos con centros anecógenos.

El seno renal está localizado a nivel central en el hilio renal, rodeando a la pelvis renal. Este es hiperecogénico debido a la presencia de grasa peripélvica y tejido conectivo fibroso (Mannion 2006; Larson 2009). La pelvis renal normalmente no se visualiza ecográficamente, si está completamente vacía. No obstante, algunas veces es visible como una fisura anecógena de 1-2 mm de ancho, localizada en el centro del seno renal (Larson 2009).

La visualización de las diferentes estructuras renales cambia dependiendo del plano ecográfico en el que cortemos al riñón (Debruyne et al. 2013a; d’Anjou y Penninck 2015b). El plano medio dorsal divide al riñón en dos mitades similares, entrando el haz de ultrasonidos por el aspecto lateral del riñón. En este plano la médula queda separada en tres porciones hipoecogénicas, por los divertículos renales hiperecogénicos (Figura 7A). El plano sagital medio pasa a través de la pelvis renal, observándose sus paredes como dos bandas paralelas hiperecogénicas en el centro del riñón, quedando la cresta renal en el centro como una estructura hipoecogénica. La médula renal aparece como dos estructuras hipoecogénicas circulares a cada lado del hilio renal que es hiperecogénico (Figura 7B). En el plano transversal, la pelvis renal se observa como una estructura hipoecogénica en forma de “C”, rodeando a la cresta renal (Figura 7C) (Hudson 2020b).

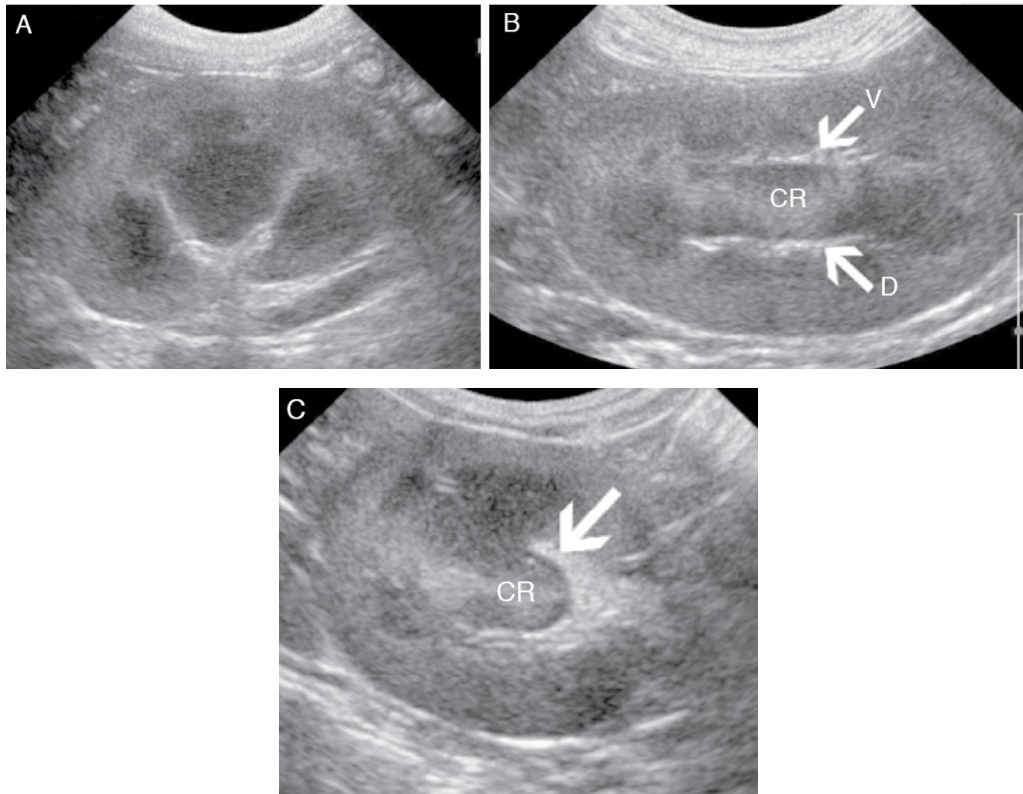


Figura 7. Imágenes ecográficas del riñón mostrando los diferentes planos. (A) Plano dorsal medio. (B) Plano sagital medio. Las flechas muestran las ramas ventral (V) y dorsal (D) de la pelvis renal. CR, cresta renal. (C) Plano transversal. La flecha marca la pelvis renal con forma de “C” rodeando a la cresta renal (CR).

El tamaño renal en gatos se ha establecido entre 3-4.3 cm, llegando hasta 5.3 cm de longitud (Debruyne et al. 2013a; d’Anjou y Penninck 2015b). Además, se han llevado a cabo mediciones del grosor de la cortical y medular renal (Park et al. 2008; Debruyne et al. 2013a; Debruyne 2013b; Tanvetthayanont et al. 2020). En la tabla 3 podemos visualizar las mediciones ecográficas renales en estudios previos realizados en gatos.

Tabla 3. Mediciones ecográficas renales en estudios previos realizados en gatos

Autores		Longitud renal (cm)	Grosor corteza (cm)	Grosor médula (cm)
		Media± DE Rango	Media± DE Rango	Media± DE Rango
Park et al. (2008)	RI	-	-	0.55± 0.07
	RD	-	-	0.50± 0.07
	R	-	0.47± 0.08	-
Debruyne et al. (2013a)	RI	3.83 ± 0.42	0.71± 0.14	0.93± 0.21
	RD	3.99 ± 0.40	0.74± 0.14	0.79± 0.22
	R	-	-	-
Debruyne et al. (2013b)	RI	-	-	-
	RD	-	-	-
	R	3.83 ± 0.45 2.98-5.09	-	-
Tanvetthayanont et al. (2020)	RI	-	-	-
	RD	-	-	-
	R	3.76 ± 0.49 2.74-5.04	0.47 ± 0.09 0.30-0.83	0.34 ± 0.08 0.19-0.60

DE, Desviación Estándar. RI, Riñón izquierdo. RD, Riñón derecho. R, ambos riñones.

Algunos estudios han determinado ratios con estructuras anatómicas de referencia como la aorta o ratios corticomedulares. Así, en un trabajo reciente (Tanvetthayanont et al. 2020) se estimó un ratio riñón/Ao de  $11.69 \pm 1.49$ , determinándose además que dicho ratio era significativamente mayor en animales castrados ( $12.15 \pm 1.48$ ) que en enteros ( $11.22 \pm 1.37$ ). Y en otros estudios, se han establecido ratios corteza/médula renal de  $0.80 \pm 0.23$  para el riñón izquierdo, y  $1.01 \pm 0.32$  para el riñón derecho (Debruyne et al. 2013a), o de  $0.88 \pm 0.29$  (rango: 0.29-1.78) para ambos riñones (Debruyne et al. 2013b), necesitando futuros estudios que determinen la utilidad de dicho ratio. No obstante, se han descrito algunas limitaciones en relación al uso de la aorta como estructura de referencia, ya que alteraciones en la presión sistémica arterial o hidratación, podrían modificar su tamaño (Mareschal et al. 2007), y por tanto tener influencia en los ratios obtenidos. Teniendo en cuenta esto, en perros se han usado otras estructuras de referencia como las vértebras, para estimar el tamaño renal (Barella et al. 2012). No obstante, este método no se ha estudiado en gatos hasta la fecha.

Ambos riñones presentan un tamaño similar, estando descrito que el riñón derecho a menudo es más grande que el izquierdo (Debruyn et al. 2013b). En varios estudios se ha reseñado que la longitud renal puede estar afectada por múltiples factores como el peso (Debruyn et al. 2013b), la edad (Debruyn et al. 2013b), el sexo (Debruyn et al. 2013b; Tanvetthayanont et al. 2020), o el estado gonadal (Shiroma et al. 1999). También, puede variar entre las diferentes razas de gatos, observándose que la longitud renal es mayor en el gato esfinge, en comparación a otras razas como el Ragdoll aunque no se han observado diferencias significativas (Debruyn et al. 2013b). En el caso del peso y de la edad, se ha llegado a la conclusión de que la longitud renal aumenta con el peso y la edad de los gatos (Debruyn et al. 2013b). En cuanto a la influencia del sexo o del estatus gonadal, se ha determinado que los riñones son más grandes en machos (Debruyn et al. 2013b; Tanvetthayanont et al. 2020) y en gatos enteros (Shiroma et al. 1999) en comparación a las hembras y a los animales castrados.

Han sido descritas múltiples enfermedades renales que se asocian a un cambio en el tamaño renal (Nyland et al. 1995; Dennis et al. 2010; Debruyn et al. 2012; d'Anjou y Penninck 2015b). No obstante, es fundamental evaluar otros parámetros ecográficos como la forma, el contorno, la ecogenicidad del parénquima o la arquitectura renal. Riñones disminuidos de tamaño se han asociado a enfermedad renal crónica, además de un contorno y morfología irregular, y un aumento de la ecogenicidad de la cortical con distorsión de la arquitectura renal (d'Anjou y Penninck 2015b). Por otra parte, riñones afectados por procesos agudos como pielonefritis infecciosa, nefritis intersticial o necrosis tubular aguda suelen cursar con un aumento del tamaño renal mientras que el contorno suele permanecer liso, acompañándose de un aumento de la ecogenicidad (Debruyn et al. 2012; d'Anjou y Penninck 2015b). Otras patologías como el linfoma también suelen causar un aumento del tamaño renal, con presencia de una superficie irregular, aumento de ecogenicidad y engrosamiento subcapsular hipoecoico (Valdès-Martinez et al. 2007) entre otros hallazgos.

## **RELACIÓN DE ARTÍCULOS**





## RELACION DE ARTÍCULOS

Orden narrativo, no cronológico.

1. Agut A., Martínez M., Ansón A., Soler M. (2020) Ultrasonographic measurement of adrenal gland-to-aorta ratio as a method of estimating adrenal size in dogs. *Veterinary Record*. Jun 27; 186(19): e27. doi: 10.1136/vr.105188.
2. Martínez M., Pallarés F.J., Soler M., Agut A. (2018) Relationship between ultrasonographic and histopathological measurements of small intestinal wall layers in fresh cat cadavers. *The Veterinary Journal*. Jul; 237: 1-8. doi: 10.1016/j.tvjl.2018.05.001.
3. Martínez M., Soler M., Laredo F.G., Belda E., Agut A. (2022) Ultrasonographic assessment of the renal size using a kidney length to vertebral body length ratio in cats. *Frontiers in Veterinary Science*. Aug 3; 9:887746. doi: 10.3389/fvets.2022.887746



## ARTÍCULO 1

# Ultrasonographic measurement of adrenal gland-to-aorta ratio as a method of estimating adrenal size in dogs

## Authors:

- Amalia Agut<sup>1,2</sup>
- Miryam Martínez<sup>2,3</sup>
- Agustina Ansón<sup>2,4</sup>
- Marta Soler<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Medicine and Surgery, University of Murcia, Murcia, Spain

<sup>2</sup>Veterinary Teaching Hospital, University of Murcia, Murcia, Spain

<sup>3</sup>Department of Diagnostic Imaging, Southfields Veterinary Specialists, Basildon, UK

<sup>4</sup>Department of Clinical Sciences, Tufts University Cummings School of Veterinary Medicine, North Grafton, Massachusetts, USA

**Journal:** Veterinary Record

**Abbreviation:** Vet Rec.

## **Abstract:**

**Background** Adrenal size has been used as the principal criterion for differentiating a normal gland from adrenal hyperplasia. The objectives of this study were to establish an ultrasonographic measurement of adrenal gland-to-aorta (adrenal/Ao) ratio to estimate the adrenal size and to assess the effects of bodyweight, age and sex on the adrenal/Ao ratio in non-adrenal gland disease dogs.

**Methods** Two hundred and thirty-four dogs (120 entire females and 114 entire males) considered non-adrenal gland disease were included in this study. Dogs were allocated into three bodyweight categories (<10 kg, 10–20 kg and >20 kg), and four age groups (<1 year, 1–5 years, 5–10 years and >10 years old). Measurements of the maximal thickness of caudal pole of both adrenal glands and the aortic luminal diameter in sagittal plane were performed on the ultrasonographic images. Three different ratios were calculated for each dog.

**Results** Sex and age did not influence on the adrenal/Ao ratio. There were differences ( $P < 0.05$ ) between the three dog sizes for adrenal/Ao ratio, being the highest value for small size and the lowest value for large size.

**Conclusions** In this study, only bodyweight influences non-adrenal gland disease dogs.

**URL:** <https://bvajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1136/vr.105188>



## **ARTÍCULO 2**



# **Relationship between ultrasonographic and histopathological measurements of small intestinal wall layers in fresh cat cadavers**

## **Authors:**

- Miryam Martínez <sup>1</sup>
- Francisco Jose Pallarés <sup>2</sup>
- Marta Soler <sup>1</sup>
- Amalia Agut <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Veterinary Medicine and Surgery, Veterinary Teaching Hospital, University of Murcia, Murcia, Spain

<sup>2</sup>Department of Anatomy and Compared Pathological Anatomy, University of Murcia, Murcia, Spain

**Journal:** The Veterinary Journal

**Abbreviation:** Vet J.

## **Abstract:**

The relationship between histological and ultrasonographic thickness of the intestinal wall and its layers in cats is unknown so far. The aims of this study were to establish the relationship between ultrasonographic measurements in the transverse and longitudinal planes of the small intestine and to establish the agreement between ultrasonographic and histologic thickness of the overall intestinal wall and layers in cat cadavers. Seventeen adult cats were euthanased for reasons unrelated to gastrointestinal tract disease and ultrasonography was performed immediately after death using a high-frequency linear transducer. Ultrasound images of the duodenum, jejunum, ileum, and distal ileum were acquired in both the longitudinal and transverse planes. Small intestinal samples were collected close to where ultrasonographic images were obtained, fixed in formalin, and histological sections were obtained. Measurements of the intestinal layers and the overall wall thickness were performed on the ultrasonographic images and histological sections.

No statistical differences were found between the ultrasonographic measurements of thickness obtained in the transverse and longitudinal planes except for the distal ileum ( $P < 0.05$ ). There was good agreement between the ultrasonographic and histologic measurements of the overall wall thickness and

the layers of the different intestinal segments except at the submucosa and muscularis of the duodenum. Immediate postmortem ultrasonographic and histological thickness measurements of the different layers of the small intestine obtained in this study could serve as a reference for ultrasonographic scans and histological samples in cats.

**URL:**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023318301394?via%3Dihub>



## **ARTÍCULO 3**

# **Ultrasonographic assessment of the renal size using a kidney length to vertebral body length ratio in cats**

## **Authors:**

- Miryam Martínez <sup>1,2</sup>
- Marta Soler <sup>1,3</sup>
- Francisco G. Laredo <sup>1,3</sup>
- Eliseo Belda <sup>1,3</sup>
- Amalia Agut <sup>1,3</sup>

1 Veterinary Teaching Hospital, University of Murcia, Murcia, Spain.

2 ProtonVet Veterinary Radiology, Hampshire, United Kingdom

3 Department of Medicine and Surgery, University of Murcia, Murcia, Spain

**Journal:** Frontiers in Veterinary Science

**Abbreviation:** Front Vet Sci.

## **Abstract:**

Ultrasonographic assessment of the renal size can provide useful clinical information, in combination with other ultrasonographic parameters. The aims of this study were to establish the agreement between the ultrasonographic and radiographic measurements of the kidneys (K) and vertebral bodies (L5 and L6), to establish an ultrasonographic measurement of kidney-to-vertebral body (L5 and L6) ratio to estimate the renal size in cats, and to assess the impact of age, body weight, sex, and gonadal status on the ultrasonographic measurements of the kidneys, vertebral bodies, and ratios. The vertebral bodies of L5 and L6 were chosen as they were easy to identify with ultrasonography (US) using the lumbosacral junction as a landmark, and they are not usually affected by vertebral anomalies. A total of 60 cats (19 intact males, 12 neutered males, 17 intact females, and 12 neutered females) were included in the study. The cats were divided into three age groups (<7 months, 7 months–7 years, and >7 years), two body weight categories ( $\leq 3.5$  kg and  $> 3.5$  kg), and two sex and gonadal status groups (male and female, and intact and neutered, respectively). Measurements of the renal and vertebral body length were performed on the radiographic and ultrasonographic images. Two different

ratios were obtained, namely, K/L5 and K/L6. There was no significant difference between the length of both kidneys and the length of the vertebral bodies of L5 and L6 on ultrasonographic or radiographic images. There was a good agreement between ultrasonographic and radiographic measurements of both kidneys and vertebral bodies. In conclusion, the kidney length to L6 length ratio obtained was  $1.81 \pm 0.20$  (1.76–1.86), which was useful for evaluating the size of the feline kidney and was not influenced by the age, body weight, sex, or gonadal status.

**URL:** <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2022.887746/full>



## **CONCLUSIONES**





## CONCLUSIONES

1. Se determinó el ratio glándula adrenal/aorta para estimar un valor ecográfico de referencia de la glándulas adrenales en perros sin enfermedad adrenal. Este ratio se vio influenciado únicamente por el peso corporal, lo que indica que este factor debería tenerse en cuenta cuando se evalúa dicho ratio. Así, los valores obtenidos para el ratio adrenal/Ao fueron  $0.8 \pm 0.17$  (0.41-1.49) en perros de <10 kg,  $0.68 \pm 0.15$  (0.4-1.06) en perros de 10-20 kg, y  $0.61 \pm 0.12$  (0.31-0.83) en perros de > 20kg.
  
2. Se realizaron mediciones ecográficas e histológicas del grosor de la pared y de sus capas en las diferentes porciones del intestino delgado, en cadáveres de gatos sin enfermedad intestinal.
  - a. Las mediciones ecográficas obtenidas en los planos longitudinales y transversales, no presentaron diferencias a excepción del íleon a nivel de los pliegues. Se observaron mediciones mayores de la capa mucosa y muscular, y menores de la submucosa en el plano longitudinal en comparación al transversal. Por esto, solo se tuvo en cuenta el plano transversal en el íleon distal a nivel de los pliegues, ya que, debido a la morfología de dicho segmento, por presencia de pliegues se reduce la distinción de las capas en el plano longitudinal.
  - b. Las mediciones ecográficas e histológicas del grosor total de la pared intestinal, y de las diferentes capas en los diferentes tramos de intestino, mostraron una buena concordancia, a excepción de las capas submucosa y muscular del duodeno. Siendo el grosor ecográfico de la capa submucosa mayor y el de la capa muscular menor en comparación con el grosor histológico.
  
3. Se estableció el ratio ecográfico longitud del riñón/longitud de la vértebra (L6) en gatos sin enfermedad renal para obtener un valor de referencia del riñón. El ratio riñón/L6 obtenido  $1.81 \pm 0.20$  (1.76 -1.86), no se vio influenciado por ninguna de las variables estudiadas edad, peso, sexo o estado gonadal de los animales, por lo que se consideró que es un método útil y práctico proporcionando una información de mayor utilidad que una dimensión lineal.



## CONCLUSIONS



## CONCLUSIONS

1. The adrenal gland/aorta ratio was determined to estimate an adrenal gland ultrasonographic reference value in dogs without adrenal disease. This ratio was only influenced by body weight, indicating that this factor should be taken into account when evaluating the ratio. Thus, the values obtained for the adrenal/Ao ratio were  $0.8 \pm 0.17$  (0.41-1.49) in dogs <10 kg,  $0.68 \pm 0.15$  (0.4-1.06) in dogs 10-20 kg, and  $0.61 \pm 0.12$  (0.31-0.83) in dogs > 20kg.
2. Ultrasonographic and histologic measurements of wall thickness and its layers in the different portions of the small intestine were obtained in cat cadavers without intestinal disease.
  - a. The ultrasonographic measurements performed in the longitudinal and transverse planes showed no differences except for the ileum at the level of the intestinal folds. Thicker measurements of the mucosal and muscularis layer and thinner measurements of the submucosa were observed in the longitudinal plane compared to the transverse plane. For this reason, only the transverse plane was taken into account in the distal ileum at the level of the folds, given that due to the morphology of this intestinal segment, the presence of folds reduces the distinction of the layers in the longitudinal plane.
  - b. The ultrasonographic and histological measurements of the total wall thickness, and of the different layers in the different sections of the intestine, showed good agreement, except for the submucosal and muscularis layers at the level of the duodenum. The ultrasonographic measurements of the submucosal layer was thicker and the muscularis layer was thinner compared to the histology.
3. The ultrasonographic ratio kidney length/vertebral length (L6) was established in cats without renal disease to obtain a reference value of the kidney. The kidney/L6 ratio obtained  $1.81 \pm 0.20$  (1.76 -1.86), was not influenced by any of the variables studied of age, body weight, sex or gonadal status of the animals. Therefore, the ratio was considered a useful and practical method providing more useful information than a linear dimension.



## **RESUMEN GENERAL**





## RESUMEN GENERAL

### INTRODUCCIÓN

El término “mediciones radiológicas” agrupa a todas las medidas realizadas con las diferentes modalidades de diagnóstico por imagen (DI) (Lamb y Nelson 2015).

Una de las utilidades de estas mediciones es emplearlas para establecer valores de referencia de estructuras u órganos considerados normales, para posteriormente detectar casos que no estén dentro de los valores de referencia, y nos ayuden a identificar una patología y poder realizar un diagnóstico (Lamb y Nelson 2015).

En medicina veterinaria existen multitud de valores de referencia basados en mediciones realizadas con las diferentes técnicas diagnósticas (radiología, ecografía, TC y RM) (Lamb y Nelson 2015). Además, teniendo en cuenta las variaciones anatómicas entre especies, y dentro de la misma especie, entre las diferentes razas, se han utilizado estructuras anatómicas de referencia como la Aorta (Ao) o vértebras, para crear ratios que aumenten la validez de estas mediciones (Buchanan y Bucheler 1995; d'Anjou et al. 2004; Mareschal et al. 2007; Trevail et al. 2011; Sohn et al. 2016), y proporcionen una información más útil que una simple dimensión lineal (Feeney et al. 2007). Por otra parte, hay estudios donde se han correlacionado las mediciones obtenidas con las técnicas de imagen, con los resultados macroscópicos de la necropsia (Grooters et al. 1995) o con los resultados de la histopatología (Wiersema y Wiersema 1993), también para intentar aumentar la validez de las mismas.

Hay ciertos órganos, como las glándulas adrenales, el intestino o los riñones, en los que la evaluación ecográfica de los mismos es una parte fundamental en el protocolo diagnóstico (Barthez et al. 1998; Debruyne et al. 2012; Griffin 2019). El establecer una medición ecográfica de referencia en estos órganos, cobra especial importancia ya que se han descrito múltiples patologías que pueden alterar su tamaño, como puede ser el

hiperadrenocorticismo pituitario dependiente o el hipoadrenocorticismo en el caso de las glándulas adrenales (Barthez et al. 1995; Grooters et al. 1996; Wenger et al. 2010); enfermedades inflamatorias o neoplasias intestinales (Zwingenberger et al. 2010; Daniaux et al. 2014); o enfermedad renal aguda o crónica, o peritonitis infecciosa felina, entre otros, en el caso de los riñones (Nyland et al. 1995; Dennis et al. 2010; Debruyne et al. 2012; d'Anjou y Penninck 2015).

En el caso de la glándula adrenal hay establecidos un amplio rango de valores del tamaño obtenidos ecográficamente en perros sanos (Barthez et al. 1995; Douglas et al. 1997; Mogicato et al. 2011; de Chalus et al. 2013; Soulsby et al. 2015; Bento et al. 2016), pero no existe información acerca de su evaluación ecográfica en relación a alguna estructura anatómica de referencia, como la aorta, que varíe en función del tamaño del animal. En la bibliografía también hay descritos valores ecográficos de referencia del intestino delgado en gatos sanos (Newell et al. 1999; Goggin et al. 2000; Di Donato et al. 2014; Winter et al. 2014), aunque no hay estudios que describan la correlación entre su apariencia ecográfica e histológica. Por último, para determinar el tamaño renal en perros y gatos, se han descrito métodos ecográficos utilizando la aorta como estructura anatómica de referencia (Mareschal et al. 2007; Tanvetthayanont 2020). No obstante, en gatos no existen valores de referencia en relación a otras estructuras anatómicas, como son las vértebras, que presenten menos variabilidad que la aorta.

## **OBJETIVOS**

Por todo ello, se plantearon los siguientes objetivos en la presente tesis doctoral:

1. Estimar el grosor ecográfico de la glándula adrenal en perros sin patología en dicha glándula, mediante el establecimiento de un ratio glándula adrenal/Ao, utilizando el diámetro de la Ao como estructura anatómica de referencia. Establecer el efecto del peso corporal, sexo y edad de los animales sobre el ratio glándula adrenal/Ao (Artículo 1).

2. Realizar mediciones ecográficas de la pared y de las capas del intestino delgado en cadáveres de gatos sin patología gastrointestinal, para determinar la relación entre los planos longitudinales y transversales, y establecer la concordancia entre estas medidas y las mediciones obtenidas mediante histología (Artículo 2).
3. Estimar la longitud de los riñones mediante ecografía y radiografía, en gatos sin patología renal, y establecer un ratio riñón/vertebra, utilizando la longitud de las vértebras lumbares (L5 y L6), como estructura anatómica de referencia. Determinar el efecto de la edad, peso, sexo y estado reproductivo de los animales, sobre la longitud renal, vertebral y de los ratios riñón/vertebra (Artículo 3).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Artículo 1**

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Murcia (434/18) y se obtuvo el consentimiento informado de los propietarios de aquellos animales que se incluyeron en el estudio.

Este estudio se realizó utilizando perros que acudieron al Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Murcia, para llevar a cabo un estudio ecográfico de la cavidad abdominal. Los animales fueron incluidos en el estudio cuando se determinó que no padecían enfermedad adrenal basándose en la historia, examen físico, y resultados de la hematología, bioquímica y urianálisis.

Los perros se dividieron en tres categorías de peso (tamaño pequeño < 10 kg, tamaño medio 10-20 kg, tamaño grande > 20 kg), en cuatro grupos según la edad (< 1 año, 1-5 años, 5-10 años y >10 años) y dos categorías de sexo (machos y hembras).

Las ecografías abdominales se efectuaron usando un transductor microconvex de 3-8 MHz y uno lineal de 4-13 MHz (ambos MyLab 7, Esaote,

Génova, Italia), modificando los parámetros ecográficos en cada perro, para obtener la máxima calidad de imagen de la glándula adrenal. Los animales se sujetaron de forma manual para realizar el estudio ecográfico, y previamente al examen se depiló el abdomen, se limpió con una solución de agua y alcohol al 50% y se aplicó gel acústico. La técnica que se empleó para localizar las glándulas adrenales fue la misma que la descrita previamente por Matton en 2015. Se obtuvieron imágenes de ambas glándulas adrenales y de la aorta en los planos sagitales.

Las medidas se realizaron en el polo caudal de ambas glándulas adrenales (dimensión dorsoventral en el plano longitudinal “grosor”) y del diámetro máximo de la luz de la aorta (inmediatamente craneal al origen de la arteria renal izquierda). Se realizó un vídeo de la aorta, para poder realizar las mediciones en su diámetro máximo. Las mediciones fueron obtenidas por el mismo investigador usando un programa de análisis de imagen (MIP 4.5 versión avanzada 5.01.02), y cada medición se realizó tres veces. Posteriormente se calcularon tres ratios diferentes: ratio grosor glándula adrenal izquierda (AI)/diámetro luminal de la aorta (AI/Ao), ratio grosor glándula adrenal derecha (AD)/diámetro luminal de la aorta (AD/Ao) y ratio de la media del grosor de ambas glándulas adrenales (mA)/diámetro luminal de la aorta (mA/Ao). Posteriormente, se hizo un análisis estadístico empleando IBM SPSS V.24.0 (SPSS, Chicago, Illinois, USA), donde se realizó un test de ANOVA para analizar el efecto del peso, edad y sexo, en los ratios. Cuando el test de ANOVA determinó un efecto significativo, las medias se compararon con un test de Bonferroni y se consideraron significativas cuando  $P \leq 0.05$ .

## **Artículo 2**

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Murcia (401/2017).

En este estudio se utilizaron 17 cadáveres frescos de gatos adultos (6 machos y 11 hembras) con un peso medio de 3.6 kg (rango 2.8-8.6 kg). Los animales procedían del Centro Municipal de Control de Zoonosis de la Región

de Murcia y se eutanasiaron por razones no relacionadas con alteraciones del tracto gastrointestinal.

Las ecografías abdominales se efectuaron inmediatamente tras la eutanasia de los animales, que presentaban un ayuno de al menos 12 horas. Todos los animales fueron ecografiados por el mismo operador, con un transductor lineal de 4-13 MHz (MyLab Twice LA523, Esaote, Génova, Italia), usando la máxima frecuencia. Los cadáveres fueron posicionados en decúbito dorsal, y lateral derecho e izquierdo para evaluar los diferentes tramos de intestino. El abdomen se preparó primero con la depilación de la zona ventral, limpieza de la piel y aplicación de gel acústico. Se adquirieron imágenes, en planos longitudinales y transversales, del duodeno, yeyuno, íleon (2-3 cm oral a la unión ileocecocólica (UICC)) e íleon distal a nivel de la UICC. Las imágenes se adquirieron a nivel del duodeno descendente, ventral o ventrolateral al riñón derecho; en el yeyuno en las porciones cercanas a los nódulos linfáticos yeyunales; y para localizar la UICC, se dirigió el transductor medialmente hacia la línea media desde el duodeno descendente, hasta que se observó el signo de "rueda de carro". Por último, para obtener las imágenes del íleon se dirigió el transductor caudalmente, para realizar las mediciones 2-3 cm oral a la UICC. Las imágenes fueron examinadas en un programa de análisis de imagen (MIP 4.5 versión avanzada 5.01.02), siempre por el mismo investigador, donde se midieron las capas de las diferentes partes de intestino. Se hicieron 3 mediciones de cada capa (mucosa, submucosa, muscular y serosa), colocando los calibradores en el borde exterior de cada capa intestinal, tanto en los planos longitudinales como transversales. Además, se obtuvieron dos mediciones diferentes a nivel del íleon distal (UICC) en el plano transversal, para la mucosa y submucosa, una a nivel de los pliegues y otra entre pliegues intestinales. Posteriormente, se calculó una media de las tres mediciones, y el grosor total de la pared intestinal se obtuvo sumando el valor de las diferentes capas. Inmediatamente después de la ecografía, se llevó a cabo la disección de los cadáveres y se tomaron muestras de 2-3 cm de longitud del duodeno, yeyuno, íleon e íleon distal, en lugares similares a donde se habían obtenido las

imágenes ecográficas. Las muestras se prepararon, fijaron en formol al 10%, se introdujeron en parafina, se seccionaron a 4  $\mu\text{m}$ , y se tiñeron con hematoxilina-eosina. Se efectuaron mediciones histológicas de las capas mucosa, submucosa, y muscular, de todas las porciones de intestino en las zonas donde no había agregados linfoides; y a nivel de la UICC se tomaron dos mediciones diferentes de las capas mucosa y submucosa, a nivel de los pliegues y entre los pliegues intestinales. Cada medición se realizó 3 veces y se calculó una media, mientras que el grosor total de la pared intestinal se obtuvo sumando las medidas de las diferentes capas intestinales. Todas las mediciones fueron realizadas por el mismo investigador, diferente al que obtuvo las medidas ecográficas.

Se realizó un análisis estadístico usando R 3.2.2 (ANOVA y test post hoc de Tukey) para comparar las medidas ecográficas e histológicas de cada capa intestinal en los diferentes segmentos de intestino. Se empleó un test de Welch para comparar las mediciones ecográficas en los planos transversales y longitudinales. Los valores se consideraron estadísticamente significativos cuando  $P \leq 0.05$ . Por último, se hizo un análisis de Bland-Altman para evaluar la concordancia entre las mediciones ecográficas e histológicas de las capas intestinales en las diferentes porciones de intestino, usando las medidas ecográficas longitudinales en duodeno, yeyuno, e íleon y las medidas transversales en íleon distal (UICC).

### **Artículo 3**

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Murcia (610/2020) y se obtuvo el consentimiento informado de los propietarios de aquellos animales que se incluyeron en el estudio.

Los gatos que se emplearon en este estudio fueron animales que acudieron al Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Murcia, para una ecografía abdominal rutinaria. Los animales se incluyeron en el estudio, cuando se demostró que no presentaban enfermedad renal en base a la historia, examen físico, estado de hidratación, los resultados de la hematología,

bioquímica y análisis de orina, así como ausencia de alteraciones ecográficas. Además, los gatos fueron negativos a test del virus de leucemia e inmunodeficiencia felina.

Los animales se dividieron en tres grupos de edad (< 7 meses, 7 meses – 7 años y > 7 años), dos categorías de peso ( $\leq$  3.5 kg y > 3.5 kg), dos categorías de sexo (hembras y machos), y dos categorías de estado reproductivo (enteros y castrados).

Los pacientes tenían que estar al menos con 12 horas de ayuno previamente al inicio del estudio. En primer lugar, se adquirieron radiografías ventrodorsales de abdomen. Seguidamente, se realizó la ecografía abdominal. El abdomen se depiló, se limpió la piel y se aplicó gel acústico. La ecografía se llevó a cabo con los pacientes conscientes con sujeción manual, posicionando a los gatos en decúbito dorsal para la valoración de los riñones y en decúbito lateral derecho para evaluar los cuerpos vertebrales. Se empleó un transductor de 4-13 MHz (MyLab Twice LA523, Esaote, Génova, Italia), y se adaptaron los parámetros ecográficos para obtener las mejores imágenes de los riñones y vertebras. Se realizaron imágenes de ambos riñones en el plano sagital medio (caracterizado por la visualización de dos bandas hiperecogénicas paralelas que se corresponden con los divertículos pélvicos), e imágenes longitudinales de los cuerpos vertebrales de L5 y L6. La apariencia ecográfica de los cuerpos vertebrales se caracteriza por una línea hiperecogénica curvilínea con sombra acústica y dos huecos craneal y caudal entre dicha línea, que se corresponden con los discos intervertebrales. Para conseguir visualizar los cuerpos vertebrales de L5 y L6, se tomó la unión lumbosacra como estructura anatómica de referencia y posteriormente se trasladó el transductor cranealmente.

Posteriormente, se empleó un visor de imágenes DICOM (OSIRIX MD 12.0.3, Ginebra, Suiza) para medir la longitud de ambos riñones y de ambos cuerpos vertebrales en las radiografías ventrodorsales, e imágenes ecográficas. La medición de la longitud renal en las imágenes ecográficas, se realizó del polo craneal al polo caudal del riñón pasando por el centro de la pelvis renal, y en las vértebras se usó el artefacto causado por los discos



intervertebrales que delimitan los extremos de la vértebra. Las imágenes radiográficas se calibraron en base a una placa metálica colocada a un lado de la imagen. Cada medición se hizo tres veces.

Se obtuvieron cuatro ratios diferentes con cada modalidad de imagen: longitud riñón izquierdo/ longitud de L5 (RI/L5), longitud riñón derecho/ longitud L5 (RD/L5), longitud riñón izquierdo/longitud de L6 (RI/L6), y longitud riñón derecho/longitud L6 (RD/L6).

Se llevó a cabo un análisis estadístico con R 4.0.3, realizando un test de Bland-Altman para evaluar la concordancia entre las mediciones radiográficas y ecográficas. Por último, se determinó el efecto de la edad, peso corporal, sexo y estatus reproductivo sobre la longitud de los riñones, de los cuerpos vertebrales y de los ratios, mediante un test de la t de Student y ANOVA de una vía. Los valores se consideraron estadísticamente significativos cuando  $P \leq 0,05$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Artículo 1

Se incluyeron 234 perros (120 hembras enteras y 114 machos enteros) de 6 meses a 18 años de edad, con un peso de 0,8 - 32 kg. Ciento siete perros pesaron < 10 kg, 63 pesaron 10 – 20 kg, y 64 perros pesaron > 20 kg. Veintinueve perros eran < 1 año, 77 estaban entre 1- 5 años, 83 fueron entre 5-10 años, y 45 > de 10 años.

La tabla 1 incluye los valores de referencia obtenidos para el grosor de las glándulas adrenales, el diámetro luminal de la aorta, y el ratio Am/Ao.

Estructuras y ratio	Medidas
	(Media ± DE) Rango
AI (Medida <u>dorsoventral</u> "Grosor") (cm)	0.47 ± 0.10 (0.21-0.78)
AD (Medida <u>dorsoventral</u> "Grosor") (cm)	0.51 ± 0.12 (0.24-1.65)
Diámetro luminal <u>Ao</u> (cm)	0.71 ± 0.22 (0.24-1.65)
Ratio Am/ <u>Ao</u>	0.73 ± 0.17 (0.31 - 1.49)

DE, Desviación estándar. AI, Adrenal izquierda. AD, Adrenal derecha. Ao, Aorta. Am, media de ambas glándulas adrenales.

Ambas adrenales se identificaron en cada perro, aunque no se obtuvo una imagen adecuada de la AD en nueve perros que pesaban más de 20 kg, por lo que se determinó que la evaluación de la glándula adrenal derecha es más

difícil en perros grandes, al igual que se ha descrito en otros estudios (Grooters et al. 1995).

Todos los parámetros evaluados (grosor de las glándulas adrenales, diámetro de la aorta, y ratio Am/Ao) se vieron influenciados por el peso. El grosor de la glándula adrenal aumentó conforme aumentó el peso del paciente (de Chalus et al 2013; Soulsby et al. 2015; Bento et al. 2016), al igual que ocurrió con el diámetro de la Ao, también descrito en medicina humana (Jasper et al. 2014). Sin embargo, el ratio adrenal (Am)/Ao disminuyó conforme aumentaba el peso del paciente. Esto indica que el peso debería ser considerado cuando se evalúa el tamaño de la glándula adrenal o el ratio adrenal (Am)/Ao en ecografía en perros sin enfermedad adrenal.

Por otra parte, los resultados indicaron que el grosor de la adrenal izquierda y de la media de ambas adrenales (Am) aumentó con la edad (Grooters et al.1996; Mogenicato et al. 2011; de Chalus et al. 2013; Soulsby et al. 2015; Bento et al. 2016). Esto podría deberse a los cambios que se producen en la regulación del eje hipotalámico-hipofisario con la edad (Goy-Thollot et al. 2007). Además, se ha descrito que animales mayores están predispuestos a padecer enfermedades sistémicas, lo cual induce un aumento de tamaño de las glándulas adrenales (Grooters et al. 1996; Douglass et al. 1997). No obstante, esto es contradictorio con otras referencias bibliográficas donde la edad no influenció la medida de las glándulas adrenales (Barthez et al. 1995; Wenger et al. 2010; Choi et al. 2011).

El uso de un ratio adrenal/Ao durante la evaluación ecográfica, debería tener una mayor exactitud que la medición única del grosor de la glándula adrenal, teniendo en cuenta que dicho ratio únicamente se vio influenciado por el peso de los animales, sin tener influencia del sexo o la edad. Los valores obtenidos para el ratio adrenal (Am)/Ao en perros sin enfermedad adrenal fueron  $0.8 \pm 0.17$  (0.41-1.49) en perros <10 kg,  $0.68 \pm 0.15$  (0.4-1.06) en perros 10-20 kg, y  $0.61 \pm 0.12$  (0.31-0.83) en perros > 20kg.

## Artículo 2

Se incluyeron 17 cadáveres frescos de gatos adultos (6 machos y 11 hembras) con un peso medio de 3.6 kg (2.8-8.6 kg).

Las mediciones ecográficas de las diferentes capas intestinales y del grosor total de la pared en los planos longitudinal y transversal de las diferentes porciones de intestino se resumen en la tabla 2, siendo valores similares a los descritos previamente (Di Donato et al. 2014; Winter et al. 2014). El resumen de las mediciones histológicas se observa en la tabla 3.

Tabla 2. Mediciones ecográficas en planos longitudinales y transversales del grosor de las capas y pared (mm) del duodeno, yeyuno, íleon, e íleon distal a nivel de la UICC.

Capas	Duodeno		Yeyuno		Íleon		Íleon distal (UICC)		
	Media ± DE		Media ± DE		Media ± DE		Media ± DE		
	Rango		Rango		Rango		Rango		
	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Entre pliegues
Mucosa	1.52± 0.13 (1.22-1.75)	1.51± 0.11 (1.30-1.69)	1.25± 0.07 (1.11-1.38)	1.21± 0.16 (1.00-1.53)	1.20± 0.16 (0.91-1.38)	1.19± 0.17 (0.96-1.62)	1.22± 0.14 (1.04-1.42)	0.64± 0.12 (0.43-0.86)	0.63± 0.11 (0.45-0.79)
Submucosa	0.27± 0.05 (0.18-0.33)	0.28± 0.04 (0.21-0.35)	0.28± 0.05 (0.19-0.37)	0.30± 0.05 (0.23-0.39)	0.37± 0.05 (0.32-0.49)	0.32± 0.08 (0.19-0.42)	0.34± 0.07 (0.26-0.49)	1.08± 0.11 (0.70-1.23)	0.36± 0.08 (0.22-0.51)
Muscular	0.46± 0.08 (0.30-0.63)	0.44± 0.09 (0.28-0.61)	0.55± 0.10 (0.37-0.73)	0.51± 0.10 (0.31-0.68)	0.86± 0.16 (0.60-1.07)	0.86± 0.13 (0.69-1.09)	0.91± 0.14 (0.58-1.11)	0.75± 0.14 (0.50-0.97)	0.75± 0.14 (0.50-0.97)
Serosa	0.20± 0.04 (0.14-0.28)	0.23± 0.04 (0.15-0.29)	0.23± 0.04 (0.18-0.28)	0.23± 0.04 (0.15-0.28)	0.26± 0.03 (0.22-0.35)	0.23± 0.04 (0.15-0.28)	0.25± 0.06 (0.15-0.38)	0.23± 0.04 (0.15-0.29)	0.23± 0.04 (0.15-0.29)
Grosor total pared intestinal	2.44± 0.19 (2.15-2.88)	2.47± 0.19 (2.10-2.83)	2.31± 0.16 (2.14-2.62)	2.25± 0.21 (1.92-2.62)	2.69± 0.29 (2.14-3.16)	2.61± 0.23 (2.31-2.77)	2.72± 0.26 (2.33-3.15)	2.71± 0.21 (2.47-2.99)	1.98± 0.16 (1.77-2.29)

DE, Desviación estándar.

Tabla 3. Mediciones histológicas del grosor de las capas y pared (mm), del duodeno, yeyuno, íleon e íleon distal (UICC).

Capas	Duodeno		Yeyuno		Íleon		Íleon distal (UICC)	
	Media ± DE		Media ± DE		Media ± DE		Media ± DE	
	Rango		Rango		Rango		Rango	
						Pliegue	Entre pliegues	
Mucosa	1.38± 0.18 (1.08-1.87)	1.24± 0.19 (0.87-1.52)	1.03± 0.15 (0.72-1.25)	0.74± 0.14 (0.50-0.98)	0.74± 0.14 (0.50-0.98)			
Submucosa	0.24± 0.07 (0.18-0.33)	0.20± 0.06 (0.11-0.31)	0.27± 0.10 (0.13-0.35)	1.31± 0.32 (0.74-2.06)	0.36± 0.07 (0.45-0.79)			
Muscular	0.69± 0.12 (0.52-0.93)	0.90± 0.13 (0.76-1.12)	0.97± 0.14 (0.75-1.30)	1.25± 0.31 (0.73-1.95)	1.25± 0.31 (0.73-1.95)			
Grosor total pared intestinal	2.38± 0.18 (1.96-2.62)	2.35± 0.26 (1.87-2.74)	2.27± 0.19 (2.00-2.71)	3.30± 0.56 (2.28-4.67)	2.35± 0.35 (1.78-3.1)			

DE, Desviación estándar.

En cuanto a las mediciones ecográficas, en este estudio no se encontraron diferencias significativas entre los planos longitudinal y transversal en duodeno, yeyuno e íleon, sin embargo, si hubieron diferencias ( $p < 0,05$ ) en el íleon distal a nivel del pliegue intestinal, donde se observaron mediciones mayores de la capa mucosa y muscular, y menores de la submucosa en el plano longitudinal en comparación al transversal. Este hallazgo es debido a la morfología de dicho segmento, ya que la presencia de pliegues reduce la distinción de las capas en el plano longitudinal (Di Donato et al. 2014).

Este estudio mostró una buena concordancia entre las medidas ecográficas e histológicas en el grosor total de la pared intestinal en los diferentes segmentos de intestino. También hubo un buen acuerdo en el grosor de las diferentes capas a excepción de la submucosa y muscular a nivel del duodeno ( $p < 0,05$ ). Estas diferencias podrían ser explicadas porque según referencias de medicina humana, las capas intestinales vistas en ecografía no se corresponden directamente con las capas intestinales histológicas. Esto es debido a que la imagen ecográfica de las capas intestinales esta formada por la capa en si, más las interfaces de las capas con diferente impedancia acústica. Así, la capa submucosa esta formada por la submucosa, más la interfase entre la capa mucosa y submucosa, y la interfase entre la submucosa y muscular; mientras que la capa muscular, estaría formada por la capa muscular menos la interfase entre la submucosa y muscular. Esto añadiría grosor a la capa submucosa y restaría grosor a la capa muscular evaluadas ecográficamente (Wiersema y Wiersema 1993), como ocurrió en nuestro estudio, donde el grosor ecográfico de la capa submucosa era mayor, y el de la capa muscular menor en comparación a la histología.

El íleon distal a nivel del pliegue fue el segmento intestinal más grueso en ecografía e histología (Goggin et al., 2000; Di Donato et al., 2014; Winter et al., 2014). La capa mucosa fue la capa mas gruesa en el duodeno disminuyendo progresivamente hasta el intestino más distal como ha sido previamente descrito (Di Donato et al. 2014), probablemente esto es debido a la presencia de vellosidades más grandes y a la mayor cantidad de tejido glandular y linfoide a nivel del intestino proximal (Sarria et al. 2012). La capa submucosa fue la más gruesa en el íleon distal a nivel del pliegue ( $p < 0,05$ ) (Di Donato et al. 2014), lo cual puede ser debido a la función de esta porción del intestino, que actúa como esfínter entre el intestino delgado y grueso, siendo necesaria una mayor cantidad de tejido conectivo a este nivel (Goggin et al. 2000, Di Donato et al. 2014). La capa muscular fue significativamente mas gruesa ( $p < 0,05$ ) en el íleon e íleon distal ecográficamente y únicamente en el íleon distal

histológicamente. Estos hallazgos pueden estar explicados también por la función de la capa muscular, que es responsable de los movimientos peristálticos del intestino, y estos son más intensos a nivel de la unión ileocecólica para que el contenido pueda sobrepasar el esfínter (Sarría et al., 2012). Por último, la capa serosa tuvo valores ecográficos uniformes a lo largo de los diferentes segmentos de intestino (Di Donato et al., 2014; Winter et al., 2014).

### Artículo 3

En este estudio se incluyeron 60 gatos (19 machos enteros, 12 machos castrados, 17 hembras enteras y 12 hembras castradas). Los gatos tenían una edad en un rango de 1.5 meses a 14 años (mediana de la edad fue 2 años). Diez gatos eran < 7 meses, 36 gatos tenían entre 7 meses y 7 años, y 14 gatos eran > 7 años. El peso medio fue 4.02 kg (0.7 – 7.9 kg). Veinticinco gatos pesaron ≤ 3.5 kg, y treinta y cinco gatos pesaron > 3.5 kg.

Las mediciones ecográficas y radiológicas de la longitud de ambos riñones, y cuerpos vertebrales de L5 y L6 se incluyen en la tabla 4.

Tabla 4. Mediciones ecográficas y radiológicas renales y de los cuerpos vertebrales (cm).

	Ecografía (Media ± DE) Rango	Radiografía (Media ± DE) Rango
Riñón izquierdo (RI)	3.77± 0.40 (2.74-4.60)	4.25± 0.53 (3.30-5.49)
Riñón derecho (RD)	3.9± 0.41 (3.06-4.82)	4.36 ± 0.54 (3.42-5.75)
Cuerpo vertebral L5	2.16± 0.23 (1.24-2.66)	2.21 ± 0.31 (1.12-3.01)
Cuerpo vertebral L6	2.14± 0.27 (1.24-2.92)	2.18± 0.30 (1.10-2.90)

DE, Desviación estándar

Los valores ecográficos de longitud renal obtenidos en nuestro estudio se encontraron dentro del rango de valores previamente publicados de 3.0 cm a 4.3 cm (Dennis et al. 2010; Debruyne et al. 2012; Debruyne et al. 2013; d’Anjou y Penninck 2015b). No se observaron diferencias significativas entre las longitudes de ambos riñones, por lo que se usaron todas las mediciones renales para obtener ratios R/L5 y R/L6.

Los valores de los ratios RI/L5, RI/L6, RD/L5, RD/L6, R/L5 y R/L6 se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. Valores de los ratios ecográficos y radiológicos riñón/vértebra.

Ratios	Ecografía	Radiografía
	(Media ± DE) Rango	(Media ± DE) Rango
RI/L5	1.91± 0.17 (1.61-2.48)	1.76± 0.18 (1.41-2.21)
RI/L6	1.93± 0.19 (1.57-2.62)	1.78± 0.20 (1.42-2.41)
RD/L5	1.97± 0.18 (1.61-2.60)	1.82± 0.20 (1.44-2.46)
RD/L6	1.99± 0.21 (1.69-2.75)	1.84± 0.21 (1.51-2.47)
R/L5	1.79± 0.18 (1.74-1.84)	1.94± 0.17 (1.89-1.98)
R/L6	1.81± 0.20 (1.76-1.86)	1.96± 0.20 (1.9-2.02)

DE, Desviación estándar. RI, Riñón izquierdo. RD, Riñón derecho. R, Riñones.

Este estudio demostró una buena concordancia entre las mediciones ecográficas y radiológicas de los riñones, cuerpos vertebrales y ratios.

En nuestro estudio detectamos una influencia de la edad, peso, sexo y estado reproductivo de los pacientes en la longitud renal y de los cuerpos vertebrales de L5 y L6. Sin embargo, no hubo influencia de estas variables en los ratios R/L5 y R/L6.

La longitud de ambos riñones aumentó con la edad (Debruyne et al. 2013b). Hubo diferencias significativas de la longitud del RI entre el grupo de < 7 meses y > 7 años, pudiendo deberse por un estadio inmaduro del riñón en el grupo de gatos menores de 7 meses. Resultados similares a estos se han visto en humana, donde la relación entre el tamaño renal y la edad es lineal hasta los 16 años (Hodson et al. 1962). También se observó un aumento de la longitud de los cuerpos vertebrales con la edad, con diferencias significativas entre el grupo < 7 meses y los otros dos grupos en L6, lo cual podría estar relacionado con que la edad de cierre de las fisuras de los cuerpos vertebrales ocurre entre los 7 y 11 meses de edad (Thrall y Robertson 2016a).

La longitud renal y de los cuerpos vertebrales también aumentó ( $P < 0.05$ ) con el peso. El grupo de animales > 3.5 kg estaba formado por los animales

mayores (> 7 años), por lo que pensamos que en realidad la influencia estaba determinada por la edad, ya que es sorprendente que la longitud de los cuerpos vertebrales estuviese influenciados por el peso. Por otra parte, se ha descrito que la presencia de grasa retroperitoneal e hiliar que puede haber en animales de mayor peso, podría influenciar las mediciones renales (Thrall y Robertson 2016b).

Los gatos machos tuvieron riñones y cuerpos vertebrales más largos ( $P < 0.05$ ) (Park et al. 2008; Debruyne et al. 2013a; Debruyne et al. 2013b). Por lo contrario, hay otros estudios en los que no hay diferencias en el tamaño renal entre sexos (Shiroma et al. 1999; Darawiroj y Choisunirachon 2019).

Los gatos castrados presentaron riñones y cuerpos vertebrales más largos, que los enteros siendo ésta diferencias significativas en los cuerpos vertebrales. Se ha descrito que gatos castrados entre las 7 semanas y 7 meses de edad tenían un retraso en el cierre de las fisis, y por tanto, huesos más largos en comparación a gatos enteros (Root et al. 1997). Esto podría ser una posible explicación para los gatos de nuestro estudio, aunque no sabíamos la edad exacta a la que se realizó la castración de los pacientes, sabiendo únicamente que los gatos estaban esterilizados más de un año antes de realizarse el estudio. Por otra parte, que los riñones presenten mayor tamaño en gatos castrados ya se ha descrito en otros estudios (Tanvetthayanont et al. 2020).

En nuestro estudio, los ratios R/L5 y R/L6 no se vieron influenciados por ninguna de las variables estudiadas (edad, peso, sexo y estado reproductivo), y tampoco hubo diferencias significativas entre ellos. Por este motivo, los ratios pueden ser considerados independientes de las variables estudiadas y proporcionan una información de mayor utilidad en comparación a una dimensión lineal (Feeney y Johnston 2007; Sema et al. 2016). Además, se considera un método fácil de realizar y se pueden emplear ambos ratios para evaluar el tamaño renal mediante ecografía. No obstante, los autores recomiendan usar el ratio R/L6:  $1.81 \pm 0.20$  (1.76 -1.86), ya que el cuerpo vertebral de L6 es más fácil de identificar en comparación a L5, tal y como se

ha descrito previamente en perros (Barella et al. 2012), pudiendo usar el ratio R/L5:  $1.79 \pm 0.18$  (1.74 -1.84) de forma alternativa.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó el ratio glándula adrenal/aorta para estimar un valor ecográfico de referencia de la glándulas adrenales en perros sin enfermedad adrenal. Este ratio se vio influenciado únicamente por el peso corporal, lo que indica que este factor debería tenerse en cuenta cuando se evalúa dicho ratio. Así, los valores obtenidos para el ratio adrenal/Ao fueron  $0.8 \pm 0.17$  (0.41-1.49) en perros de <10 kg,  $0.68 \pm 0.15$  (0.4-1.06) en perros de 10-20 kg, y  $0.61 \pm 0.12$  (0.31-0.83) en perros de > 20kg.
2. Se realizaron mediciones ecográficas e histológicas del grosor de la pared y de sus capas en las diferentes porciones del intestino delgado, en cadáveres de gatos sin enfermedad intestinal.
  - a. Las mediciones ecográficas obtenidas en los planos longitudinales y transversales, no presentaron diferencias a excepción del íleon a nivel de los pliegues. Se observaron mediciones mayores de la capa mucosa y muscular, y menores de la submucosa en el plano longitudinal en comparación al transversal. Por esto, solo se tuvo en cuenta el plano transversal en el íleon distal a nivel de los pliegues, ya que, debido a la morfología de dicho segmento, por presencia de pliegues se reduce la distinción de las capas en el plano longitudinal.
  - b. Las mediciones ecográficas e histológicas del grosor total de la pared intestinal, y de las diferentes capas en los diferentes tramos de intestino, mostraron una buena concordancia, a excepción de las capas submucosa y muscular del duodeno. Siendo el grosor ecográfico de la capa submucosa mayor y el de la capa muscular menor en comparación grosor histológico.
3. Se estableció el ratio ecográfico longitud del riñón/longitud de la vértebra (L6) en gatos sin enfermedad renal para obtener un valor de referencia del riñón. El ratio riñón/L6 obtenido  $1.81 \pm 0.20$  (1.76 -1.86), no se vio influenciado por ninguna de las variables estudiadas edad, peso, sexo o estado gonadal de los



animales, por lo que se consideró que es un método útil y práctico proporcionando una información de mayor utilidad que una dimensión lineal.

## **EXTENDED SUMMARY**



## EXTENDED SUMMARY

### INTRODUCTION

The term "radiological measurements" includes all the measurements made with the different diagnostic imaging (DI) modalities (Lamb and Nelson 2015).

One of the utilities of these measurements is to establish reference values of structures or organs considered normal, to subsequently detect abnormal cases, in order to help us identify a pathology and make a diagnosis (Lamb and Nelson 2015).

In veterinary medicine, there are multitude of reference values based on measurements made with the different diagnostic techniques (radiology, ultrasound, CT and MRI) (Lamb and Nelson 2015). Moreover, taking into account the anatomical variations between species, and within the same species, between different breeds, anatomical reference structures such as the Aorta (Ao) or vertebrae, have been used to create ratios that increase the validity of these measurements (Buchanan and Bucheler 1995; d'Anjou et al. 2004; Mareschal et al. 2007; Trevail et al. 2011; Sohn et al. 2016), and provide more useful information than a simple linear dimension (Feeney et al. 2007). Also, in an attempt to increase the validity of these measurements, there are studies where they have been correlated, with macroscopic necropsy findings (Grooters et al. 1995) or with histopathology (Wiersema and Wiersema 1993).

There are certain organs, such as the adrenal glands, intestine or kidneys, where their ultrasonographic evaluation is a fundamental part of the diagnostic protocol (Barthez et al. 1998; Debruyne et al. 2012; Griffin 2019). Multiple pathologies that can alter the size of these organs have been described, including pituitary-dependent hyperadrenocorticism or hypoadrenocorticism in the case of the adrenal glands (Barthez et al 1995; Grooters et al. 1996; Wenger et al. 2010); inflammatory bowel diseases or neoplasms (Zwingenberger et al. 2010; Daniaux et al. 2014); or acute or chronic renal disease, or feline infectious peritonitis, among others, in the case of the kidneys (Nyland et al. 1995; Dennis et al. 2010; Debruyne et al. 2012; d'Anjou and

Penninck 2015). Therefore, establishing a baseline ultrasonographic measurement of these organs is especially important.

There is a wide range of determined adrenal ultrasonographic values in healthy dogs (Barthez et al. 1995; Douglas et al. 1997; Mogenicato et al. 2011; de Chalus et al. 2013; Soulsby et al. 2015; Bento et al. 2016). However, there is no information about its sonographic evaluation in relation to any reference anatomical structure, like the aorta, that varies according to the size of the animal. Reference ultrasonographic values of the small intestine in healthy cats are also described in the literature (Newell et al. 1999; Goggin et al. 2000; Di Donato et al. 2014; Winter et al. 2014), although there are no studies describing the correlation with the histologic appearance. Finally, to determine the renal size in dogs and cats, there are ultrasonographic methods using the aorta as an anatomical structure of reference (Mareschal et al. 2007; Tanvetthayanont 2020). However, in cats there are no reference values for other anatomical structures, such as the vertebrae which presents less variability than the aorta.

## **OBJECTIVES**

For these reasons, the following objectives were proposed in this doctoral thesis:

1. To estimate the ultrasonographic thickness of the adrenal gland in dogs without adrenal gland disease, by establishing an adrenal gland-to-Ao ratio, using the diameter of the Ao as an anatomical reference structure. To establish the effect of body weight, sex and age of the animals, on the adrenal gland-to-Ao ratio (Article 1).

2. To perform ultrasonographic measurements of the wall and layers of the small intestine in cat cadavers without gastrointestinal pathology, in order to determine the relationship between the ultrasonographic longitudinal and transverse planes, and to establish the agreement between the ultrasonographic and histological measurements (Article 2).

3. To estimate the length of the kidneys by ultrasound and radiography, in cats without renal disease, and to establish a kidney-to-vertebral body ratio, using the length of the lumbar vertebrae (L5 and L6), as an anatomical reference structure. To determine the effect of age, body weight, sex and gonadal status of the animals, on the renal and vertebral length and on the kidney-to-vertebral body ratios (Article 3).

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Article 1**

This study was approved by the Ethics Committee of the University of Murcia (434/18) and an informed consent was obtained from the owners of the animals included.

The study was performed using dogs that attended to the Veterinary Teaching Hospital of the University of Murcia, to carry out an abdominal ultrasound. The animals were included in the study when adrenal disease was not determined, based on history, physical examination, as well as hematology, biochemistry and urinalysis.

The dogs were divided into three body weight categories (small size < 10 kg, medium size 10-20 kg, large size > 20 kg), into four age groups (< 1 year, 1-5 years, 5-10 years, and >10 years), and two sex categories (males and females).

Abdominal ultrasounds were performed using a 3-8 MHz microconvex and a 4-13 MHz linear transducers (both MyLab 7, Esaote, Genova, Italy), modifying the ultrasonographic parameters in each dog, to obtain the maximum image quality of the adrenal glands. The animals were manually restrained to perform the ultrasounds, and prior to the examination the abdomen was clipped, cleaned with a 50% alcohol-water solution and acoustic gel was applied. The technique used to locate the adrenal glands was the same as previously described by Matton in 2015. Images of both adrenal glands and the aorta were obtained in the sagittal planes. Measurements were made at the caudal pole of both adrenal glands (dorsoventral dimension in the longitudinal plane

"thickness") and of the maximum diameter of the aortic lumen (immediately cranial to the origin of the left renal artery). A cineloop of the aorta was reviewed, in order to perform the measurements at its maximum luminal diameter. The measurements were obtained, using an image analysis program (MIP 4.5 advanced version 5.01.02), by the same investigator, and each measurement was performed three times. Subsequently, three different ratios were calculated: left adrenal gland thickness (LA)/aortic luminal diameter (LA/Ao) ratio, right adrenal gland thickness (RA)/aortic luminal diameter (RA/Ao) ratio, and ratio of the mean of the thickness of both adrenal glands (mA)/aortic luminal diameter (mA/Ao) ratio. Finally, a statistical analysis was performed using IBM SPSS V.24.0 (SPSS, Chicago, Illinois, USA), and an ANOVA test was carried out to analyze the effect of body weight, age and sex on the ratios. When the ANOVA test determined a significant effect, the means were compared with a Bonferroni test and were considered significant when  $P \leq 0.05$ .

## **Article 2**

This study was approved by the Ethics Committee of the University of Murcia (401/2017).

Seventeen fresh cadavers of adult cats (6 males and 11 females) with a mean body weight of 3.6 kg (range 2.8-8.6 kg) were used in this study. The animals came from a local animal shelter and were euthanized for reasons not related to gastrointestinal tract disease.

Abdominal ultrasound scans were performed immediately after euthanasia of the animals, which were fasted for at least 12 hours. All the animals were scanned by the same operator, with a 4-13 MHz linear transducer (MyLab Twice LA523 Esaote, Genova, Italy), using the maximum frequency. The cadavers were positioned in dorsal, and right and left lateral recumbences to evaluate the different portions of the intestinal tract. The abdomen was prepared clipping the ventral area, with cleaning of the skin and application of acoustic gel. Images were acquired, in longitudinal and transverse ultrasonographic planes, of the duodenum, jejunum, ileum (2-3 cm oral to the

ileocecocolic junction (ICCJ)) and distal ileum at the level of the ICCJ. Images were performed at the level of the descending duodenum, ventral or ventrolateral to the right kidney; in the jejunum in the portions close to the jejunal lymph nodes; and to locate the ICCJ, the transducer was directed medially towards the midline of the abdomen, from the descending duodenum, until the "wagon-wheel" sign was observed. Finally, to image the ileum, the transducer was directed caudally to make measurements 2-3 cm orally to the ICCJ.

The images were examined with an image analysis program (MIP 4.5 Advanced Version 5.01.02), always by the same investigator. The layers of the different intestinal portions were measured. Three measurements of each layer (mucosal, submucosal, muscular and serosal) were made, placing the calipers on the outer edge of each intestinal layer, both in the longitudinal and transverse ultrasonographic planes. In addition, two different measurements were obtained at the level of the distal ileum (ICCJ) in the transverse plane, for the mucosa and submucosa, one at the level of the folds and the other between intestinal folds. Subsequently, an average of the three measurements was calculated, and the total thickness of the intestinal wall was obtained by summation of the value of the different layers.

Immediately after ultrasonography, dissection of the cadavers was carried out and 2-3 cm long samples were taken from the duodenum, jejunum, ileum and distal ileum, at locations similar to where the ultrasonographic images had been obtained. The samples were prepared, fixed in 10% neutral-buffered formalin, embedded in paraffin wax, sectioned at 4  $\mu\text{m}$ , and stained with hematoxylin-eosin. Histological measurements of the mucosal, submucosal, and muscular layers, of all portions of intestine, were performed in the areas where there were no lymphoid aggregates; and at the ICCJ level, two different measurements of the mucosal and submucosal layers were taken, at the level of the intestinal folds and between folds. Each measurement was performed 3 times and a mean was calculated, while the total intestinal wall thickness was obtained by summation of the measurements of the different intestinal layers.



All measurements were performed by the same investigator, different from the one who obtained the ultrasonographic measurements.

A statistical analysis using the R 3.2.2 software (ANOVA and Tukey's post hoc test), was performed to compare the ultrasonographic and histological measurements of each intestinal layer in the different intestinal segments. A Welch's test was used to compare ultrasound measurements in the transverse and longitudinal planes. Values were considered statistically significant when  $P \leq 0.05$ . Finally, a Bland-Altman analysis was performed to evaluate the agreement between ultrasonographic and histologic measurements of intestinal layers in the different intestinal segments, using ultrasonographic measurements of the longitudinal plane in duodenum, jejunum, and ileum and transverse plane measurements in distal ileum (ICCJ).

### **Article 3**

This study was approved by the Ethics Committee of the University of Murcia (610/2020) and an informed consent was obtained from the owners of those animals included in the study.

The cats used in this study were animals that attended the Veterinary Teaching Hospital of the University of Murcia for a routine abdominal ultrasonography. The animals were included in the study when it was demonstrated that they did not present renal disease based on history, physical examination, hydration status, hematology, biochemistry and urinalysis results, as well as absence of ultrasound alterations. In addition, the cats were negative for feline leukemia and immunodeficiency virus.

The animals were divided into three age groups (< 7 months, 7 months - 7 years and > 7 years), two body weight categories ( $\leq 3.5$  kg and  $> 3.5$  kg), two sex categories (female and male), and two gonadal status categories (intact and neutered).

The patients were examined after fasting for at least 12 hours. First, ventrodorsal abdominal radiographs were acquired. Next, abdominal ultrasonography was performed. The abdomen was clipped, the skin was cleaned and acoustic gel was applied. Ultrasonography was performed while

the patients were conscious with manual restraint, positioning the cats in dorsal recumbency to assess the kidneys and in right lateral recumbency to assess the vertebral bodies. A 4-13 MHz transducer (MyLab Twice LA523 Esaote, Genova, Italy) was used, and the ultrasonographic parameters were adapted to obtain the best images of the kidneys and vertebrae. Images of both kidneys were performed in the mid-sagittal plane (characterized by the visualization of two parallel hyperechogenic bands corresponding to the pelvic diverticula), and in a longitudinal plane of the vertebral bodies of L5 and L6. The ultrasonographic appearance of the vertebral bodies is characterized by a curvilinear hyperechoic line with acoustic shadowing and two cranial and caudal spaces between this line, corresponding to the intervertebral discs. In order to visualize the vertebral bodies of L5 and L6, the lumbosacral junction was used as a landmark and the transducer was then moved cranially.

Subsequently, a DICOM image viewer (OSIRIX MD 12.0.3, Geneva, Switzerland) was used to measure the length of both kidneys and both vertebral bodies on ventrodorsal radiographs and ultrasound images. The measurement of the renal length in the ultrasound images was performed from the cranial pole to the caudal pole of the kidney passing through the center of the renal pelvis, and in the vertebrae the artifact caused by the intervertebral discs delimiting the vertebral endplates was used. The radiographic images were calibrated based on a metal plate placed on one side of the image. Each measurement was made three times.

Four different ratios were obtained with each imaging modality: left kidney length/L5 length (LK/L5), right kidney length/L5 length (RK/L5), left kidney length/L6 length (LK/L6), and right kidney length/L6 length (RK/L6).

A Bland-Altman analysis was performed, using the R 4.0.3 software, to assess the agreement between radiographic and ultrasound measurements. Finally, the effect of age, body weight, sex and gonadal status on kidney length, vertebral body length and ratios was determined using a Student's t-test and one-way ANOVA. Values were considered statistically significant when  $P \leq 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

### Article 1

A total of 234 dogs (120 intact female and 114 intact male dogs) aged from 6 months to 18 years, with body weight between 0.8 - 32 kg, were included. One hundred and seven dogs weighed < 10 kg, 63 weighed 10 - 20 kg, and 64 dogs weighed > 20 kg. Twenty-nine dogs were < 1 year, 77 were between 1- 5 years, 83 were between 5-10 years, and 45 > 10 years.

Table 1 summarizes the reference values obtained for the thickness of the left and right adrenal glands, the luminal diameter of the Ao and the Am/Ao ratio.

Structures and ratio	Measurements
	(Mean ± SD) Range
LA ( <u>Dorsoventral</u> dimension "Thickness") (cm)	0.47± 0.10 (0.21-0.78)
RA ( <u>Dorsoventral</u> dimension "Thickness") (cm)	0.51 ± 0.12 (0.24-1.65)
<u>Ao</u> luminal diameter (cm)	0.71 ± 0.22 (0.24-1.65)
Ratio Am/ <u>Ao</u>	0.73± 0.17 (0.31 - 1.49)

SD, Standard deviation. LA, left adrenal. RA, right adrenal. Ao, Aorta. Am, mean of the thickness of both adrenals.

Both adrenals were identified in each dog, although an adequate image of the right adrenal was not obtained in nine dogs weighing more than 20 kg. Therefore, it was determined that the evaluation of the RA is more difficult in large dogs, as it has been described in other studies (Grooters et al. 1995). All the parameters evaluated (adrenal gland thickness, aortic luminal diameter, and Am/Ao ratio) were influenced by the body weight. The adrenal gland thickness increased as the patient body weight also increased (de Chalus et al 2013; Soulsby et al. 2015; Bento et al. 2016), as well as the Ao diameter, also described in human medicine (Jasper et al. 2014). However, the adrenal (Am)/Ao ratio decreased as the patient body weight increased. This indicates that the body weight should be considered when assessing adrenal gland size or adrenal (Am)/Ao ratio on ultrasonography in dogs without adrenal disease.

On the other hand, the results indicated that the thickness of the left adrenal and the mean thickness of both adrenals ( $A_m$ ) increases with age (Grooters et al. 1996; Mogicato et al. 2011; de Chalus et al. 2013; Soulsby et al. 2015; Bento et al. 2016). This could be due to changes in the regulation of the hypothalamic-pituitary axis with age (Goy-Thollot et al. 2007). In addition, it has been described that older animals are predisposed to systemic diseases, which induces an increase in adrenal gland size (Grooters et al. 1996; Douglass et al. 1997). However, this is contradictory to other references in the literature where age did not influence adrenal gland size (Barthez et al. 1995; Wenger et al. 2010; Choi et al. 2011).

The use of an adrenal/ $A_o$  ratio during ultrasonographic evaluation should have a higher accuracy than the single measurement of adrenal gland thickness, considering that this ratio was only influenced by the body weight of the animals, with no influence of sex or age. The values obtained for the adrenal ( $A_m$ )/ $A_o$  ratio in dogs without adrenal disease were  $0.8 \pm 0.17$  (0.41-1.49) in dogs <10 kg,  $0.68 \pm 0.15$  (0.4-1.06) in dogs 10-20 kg, and  $0.61 \pm 0.12$  (0.31-0.83) in dogs > 20kg.

## **Article 2**

Seventeen fresh cadavers of adult cats (6 males and 11 females) with a mean body weight of 3.6 kg (2.8-8.6 kg) were included.

Ultrasonographic measurements of the different intestinal layers and total wall thickness in the longitudinal and transverse planes of the different intestinal portions are summarized in Table 2, being similar values to those previously described (Di Donato et al. 2014; Winter et al. 2014). The summary of the histological measurements is observed in Table 3.

Table 2. Ultrasonographic measurements on longitudinal and transverse planes of the duodenal, jejunal, ileal and ileocecolic junction wall layer thickness (mm).

Layer	Duodenum		Jejunum		Ileum		Distal ileum (ICCJ)		
	Mean $\pm$ SD		Mean $\pm$ SD		Mean $\pm$ SD		Mean $\pm$ SD		
	Range		Range		Range		Range		
	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal	Transverse	
								Fold	Between folds
Mucosa	1.52 $\pm$ 0.13 (1.22-1.75)	1.51 $\pm$ 0.11 (1.30-1.69)	1.25 $\pm$ 0.07 (1.11-1.38)	1.21 $\pm$ 0.16 (1.00-1.53)	1.20 $\pm$ 0.16 (0.91-1.38)	1.19 $\pm$ 0.17 (0.96-1.62)	1.22 $\pm$ 0.14 (1.04-1.42)	0.64 $\pm$ 0.12 (0.43-0.86)	0.63 $\pm$ 0.11 (0.45-0.79)
Submucosa	0.27 $\pm$ 0.05 (0.18-0.33)	0.28 $\pm$ 0.04 (0.21-0.35)	0.28 $\pm$ 0.05 (0.19-0.37)	0.30 $\pm$ 0.05 (0.23-0.39)	0.37 $\pm$ 0.05 (0.32-0.49)	0.32 $\pm$ 0.08 (0.19-0.42)	0.34 $\pm$ 0.07 (0.26-0.49)	1.08 $\pm$ 0.11 (0.70-1.23)	0.36 $\pm$ 0.08 (0.22-0.51)
Muscularis	0.46 $\pm$ 0.08 (0.30-0.63)	0.44 $\pm$ 0.09 (0.28-0.61)	0.55 $\pm$ 0.10 (0.37-0.73)	0.51 $\pm$ 0.10 (0.31-0.68)	0.86 $\pm$ 0.16 (0.60-1.07)	0.86 $\pm$ 0.13 (0.69-1.09)	0.91 $\pm$ 0.14 (0.58-1.11)	0.75 $\pm$ 0.14 (0.50-0.97)	0.75 $\pm$ 0.14 (0.50-0.97)
Serosa	0.20 $\pm$ 0.04 (0.14-0.28)	0.23 $\pm$ 0.04 (0.15-0.29)	0.23 $\pm$ 0.04 (0.18-0.28)	0.23 $\pm$ 0.04 (0.15-0.28)	0.26 $\pm$ 0.03 (0.22-0.35)	0.23 $\pm$ 0.04 (0.15-0.28)	0.25 $\pm$ 0.06 (0.15-0.38)	0.23 $\pm$ 0.04 (0.15-0.29)	0.23 $\pm$ 0.04 (0.15-0.29)
Total wall thickness	2.44 $\pm$ 0.19 (2.15-2.88)	2.47 $\pm$ 0.19 (2.10-2.83)	2.31 $\pm$ 0.16 (2.14-2.62)	2.25 $\pm$ 0.21 (1.92-2.62)	2.69 $\pm$ 0.29 (2.14-3.16)	2.61 $\pm$ 0.23 (2.31-2.77)	2.72 $\pm$ 0.26 (2.33-3.15)	2.71 $\pm$ 0.21 (2.47-2.99)	1.98 $\pm$ 0.16 (1.77-2.29)

SD, Standard deviation

Table 3. Histological measurements of the duodenal, jejunal, ileal and ileocecolic junction wall layer thickness (mm).

Layer	Duodenum		Jejunum		Ileum		Distal ileum (ICCJ)	
	Mean $\pm$ DE		Mean $\pm$ DE		Mean $\pm$ DE		Mean $\pm$ DE	
	Range		Range		Range		Range	
							Fold	Between folds
Mucosa	1.38 $\pm$ 0.18 (1.08-1.87)		1.24 $\pm$ 0.19 (0.87-1.52)		1.03 $\pm$ 0.15 (0.72-1.25)		0.74 $\pm$ 0.14 (0.50-0.98)	0.74 $\pm$ 0.14 (0.50-0.98)
Submucosa	0.24 $\pm$ 0.07 (0.18-0.33)		0.20 $\pm$ 0.06 (0.11-0.31)		0.27 $\pm$ 0.10 (0.13-0.35)		1.31 $\pm$ 0.32 (0.74-2.06)	0.36 $\pm$ 0.07 (0.45-0.79)
Muscularis	0.69 $\pm$ 0.12 (0.52-0.93)		0.90 $\pm$ 0.13 (0.76-1.12)		0.97 $\pm$ 0.14 (0.75-1.30)		1.25 $\pm$ 0.31 (0.73-1.95)	1.25 $\pm$ 0.31 (0.73-1.95)
Grosor total pared intestinal	2.38 $\pm$ 0.18 (1.96-2.62)		2.35 $\pm$ 0.26 (1.87-2.74)		2.27 $\pm$ 0.19 (2.00-2.71)		3.30 $\pm$ 0.56 (2.28-4.67)	2.35 $\pm$ 0.35 (1.78-3.1)

SD, Standard deviation.

Regarding the ultrasonographic measurements, in this study no significant differences were found between the longitudinal and transverse planes in duodenum, jejunum and ileum. However, there were differences ( $p < 0.05$ ) in the distal ileum at the level of the intestinal fold, where thicker measurements of the mucosal and muscularis layers, and thinner measurements of the submucosa were observed in the longitudinal plane compared to the transverse. This finding is due to the morphology of that segment, since the presence of folds reduces the distinction of the layers in the longitudinal plane (Di Donato et al. 2014).

This study showed good agreement between ultrasonographic and histologic measurements of the total wall thickness in the different intestinal segments. There was also good agreement in the thickness of the different layers with the exception of the submucosal and muscularis at the level of the duodenum ( $p < 0.05$ ). These differences could be explained because, according

to human medicine references, the intestinal layers seen on ultrasound do not directly correspond to the histological intestinal layers. This is because the ultrasonographic image of the intestinal layers is formed by the layer itself, plus the interfaces of the layers with different acoustic impedance. Thus, the submucosal layer is formed by the submucosa, plus the interface between the mucosal and submucosal layers, and the interface between the submucosa and muscularis; while the muscularis layer would be formed by the muscularis layer minus the interface between the submucosa and muscularis. This would add thickness to the submucosal layer and subtract thickness to the muscularis layer evaluated sonographically (Wiersema and Wiersema 1993), as it occurred in our study, where the submucosal was thicker and the muscularis layer was thinner on ultrasound compared to the histology.

The distal ileum at the level of the fold was the thickest intestinal segment on ultrasonography and histology (Goggin et al., 2000; Di Donato et al., 2014; Winter et al., 2014). The mucosal layer was the thickest layer in the duodenum decreasing progressively until the most distal intestine, as previously described (Di Donato et al. 2014). This is probably due to the presence of larger villi and a greater amount of glandular and lymphoid tissue at the level of the proximal intestine (Sarria et al. 2012). The submucosal layer was thickest in the distal ileum at the level of the fold ( $p < 0.05$ ) (Di Donato et al. 2014), which may be due to the function of this portion of the intestine, which acts as a sphincter between the small and large intestine, therefore needing a greater amount of connective tissue at this level (Goggin et al. 2000, Di Donato et al. 2014). The muscularis layer was significantly thicker ( $p < 0.05$ ) in the ileum and distal ileum ultrasonographically and only in the distal ileum histologically. These findings may also be explained by the function of the muscularis layer, which is responsible for the peristaltic movements of the intestine, and these are more intense at the level of the ileocecolic junction so that the contents can pass the sphincter (Sarria et al. 2012). Finally, the serosal layer had uniform sonographic values along the different bowel segments (Di Donato et al. 2014; Winter et al. 2014).

### Article 3

Sixty cats (19 intact males, 12 neutered males, 17 intact females, and 12 spayed females) were included in this study. The cats ranged in age from 1.5 months to 14 years (median age was 2 years). Ten cats were < 7 months, 36 cats were between 7 months and 7 years, and 14 cats were > 7 years. The mean body weight was 4.02 kg (0.7 - 7.9 kg). Twenty-five cats weighed  $\leq$  3.5 kg, and thirty-five cats weighed > 3.5 kg.

Ultrasonographic and radiological measurements of the length of both kidneys, and vertebral bodies of L5 and L6 are included in Table 4.

Table 4. Ultrasonographic and radiographic measurements of renal and vertebral bodies length (cm).

	Ultrasound (Mean $\pm$ SD) Range	Radiograph (Mean $\pm$ SD) Range
Left Kidney (LK)	3.77 $\pm$ 0.40 (2.74-4.60)	4.25 $\pm$ 0.53 (3.30-5.49)
Right Kidney (RK)	3.9 $\pm$ 0.41 (3.06-4.82)	4.36 $\pm$ 0.54 (3.42-5.75)
Vertebral body L5	2.16 $\pm$ 0.23 (1.24-2.66)	2.21 $\pm$ 0.31 (1.12-3.01)
Vertebral body L6	2.14 $\pm$ 0.27 (1.24-2.92)	2.18 $\pm$ 0.30 (1.10-2.90)

SD, Standard deviation

The ultrasonographic values of the kidney length obtained in our study were within the range of previously published values of 3.0 cm to 4.3 cm (Dennis et al. 2010; Debruyne et al. 2012; Debruyne et al. 2013; d'Anjou and Penninck 2015b). No significant differences were observed between the lengths of both kidneys, so all kidney measurements were used to obtain K/L5 and K/L6 ratios. The values of LK/L5, LK/L6, RK/L5, RK/L6, K/L5 and K/L6 ratios are summarized in Table 5.

Table 5. Ultrasonographic and radiographic ratios of kidney to vertebral bodies length.

Ratios	Ultrasound (Mean ± SD) Range	Radiograph (Mean ± SD) Range
LK/L5	1.91± 0.17 (1.61-2.48)	1.76± 0.18 (1.41-2.21)
LK/L6	1.93± 0.19 (1.57-2.62)	1.78± 0.20 (1.42-2.41)
RK/L5	1.97± 0.18 (1.61-2.60)	1.82± 0.20 (1.44-2.46)
RK/L6	1.99± 0.21 (1.69-2.75)	1.84± 0.21 (1.51-2.47)
K/L5	1.79± 0.18 (1.74-1.84)	1.94± 0.17 (1.89-1.98)
K/L6	1.81± 0.20 (1.76-1.86)	1.96± 0.20 (1.9-2.02)

SD, standard deviation. LK, Left kidney. RK, Right kidney. K, Kidneys.

This study demonstrated good agreement between ultrasound and radiological measurements of the kidneys, vertebral bodies and ratios.

In our study we detected an influence of the patients' age, body weight, sex and gonadal status on the renal and vertebral body lengths of L5 and L6. However, these variables did not influence the K/L5 and K/L6 ratios.

The length of both kidneys increased with age (Debruyne et al. 2013b). There were significant differences ( $P < 0.05$ ) in the length of the LK between the  $< 7$  months and  $> 7$  years group, which may be due to an immature stage of the kidney in the group of cats younger than 7 months. Similar results to these have been seen in humans, where the relationship between kidney size and age is linear up to 16 years of age (Hodson et al. 1962). An increase in vertebral body length with age was also observed, with significant differences ( $P < 0.05$ ) between the  $< 7$  months group and the other two groups at L6, which could be related to the age of closure of the physis, occurring between 7 and 11 months of age (Thrall and Robertson 2016a).

Renal and vertebral body length also increased ( $P < 0.05$ ) with the body weight. The group of animals  $> 3.5$  kg consisted of older animals ( $> 7$  years), so we think that, in fact, the influence was determined by the age, as it is surprising that the length of the vertebral bodies was influenced by the body weight. On the other hand, it has been described that the presence of retroperitoneal and



hilar fat, that may be present in heavier animals, could influence renal measurements (Thrall and Robertson 2016b).

Male cats had longer kidneys and vertebral bodies ( $P < 0.05$ ) (Park et al. 2008; Debruyne et al. 2013a; Debruyne et al. 2013b). In contrast, there are other studies in which there are no differences in kidney size between sexes (Shiroma et al. 1999; Darawiroj and Choisunirachon 2019).

Neutered cats had longer kidneys and vertebral bodies than intact cats, with significant differences in vertebral bodies ( $P < 0.05$ ). It has been described that neutered cats between 7 weeks and 7 months of age had delayed physal closure, and therefore longer bones compared to intact cats (Root et al. 1997). This could be a possible explanation for the cats in our study, although we did not know the exact age of neutering of our patients, knowing only that the cats were neutered more than a year before the study was performed. On the other hand, it has been described in other studies that kidneys present a larger size in neutered cats (Tanvetthayanont et al. 2020).

In our study, the K/L5 and K/L6 ratios were not influenced by any of the variables studied (age, body weight, sex and gonadal status), nor were there significant differences between them. For this reason, the ratios can be considered independent from the variables studied and provide more useful information compared to a linear dimension (Feeney and Johnston 2007; Sema et al. 2016). Moreover, it is considered an easy method to perform and both ratios can be used to assess renal size by ultrasonography. However, the authors recommend using the K/L6 ratio:  $1.81 \pm 0.20$  (1.76 -1.86), as the vertebral body of L6 is easier to identify compared to L5, as previously described in dogs (Barella et al. 2012), and the K/L5 ratio:  $1.79 \pm 0.18$  (1.74 - 1.84) can be used alternatively.

## CONCLUSIONS

1. The adrenal gland/aorta ratio was determined to estimate an adrenal gland ultrasonographic reference value in dogs without adrenal disease. This ratio was influenced only by body weight, indicating that this factor should be

taken into account when evaluating the ratio. Thus, the values obtained for the adrenal/Ao ratio were  $0.8 \pm 0.17$  (0.41-1.49) in dogs <10 kg,  $0.68 \pm 0.15$  (0.4-1.06) in dogs 10-20 kg, and  $0.61 \pm 0.12$  (0.31-0.83) in dogs > 20kg.

2. Ultrasonographic and histologic measurements of wall thickness and its layers in the different portions of the small intestine were obtained in cat cadavers without intestinal disease.

- a. The ultrasonographic measurements performed in the longitudinal and transverse planes showed no differences except for the ileum at the level of the intestinal folds. Thicker measurements of the mucosal and muscularis layer and thinner measurements of the submucosa were observed in the longitudinal plane compared to the transverse plane. For this reason, only the transverse plane was taken into account in the distal ileum at the level of the folds, since due to the morphology of this segment, the presence of folds reduces the distinction of the layers in the longitudinal plane.
- b. The ultrasonographic and histological measurements of the total wall thickness, and of the different layers in the different sections of the intestine, showed good agreement, except for the submucosal and muscularis layers at the level of the duodenum. The ultrasonographic measurements of the submucosal layer was thicker and the muscularis layer was thinner comparing with the histology.

3. The ultrasonographic ratio kidney length/vertebral length (L6) was established in cats without renal disease to obtain a reference value of the kidney. The kidney/L6 ratio obtained  $1.81 \pm 0.20$  (1.76 -1.86), was not influenced by any of the variables studied (age, body weight, sex or gonadal status of the animals). It was, therefore, considered a useful and practical method providing more useful information than a linear dimension.

## **BIBLIOGRAFÍA**



## BIBLIOGRAFÍA

Barberet V., Pey P., Duchateau L., Combes A., Daminet S., Saunders J. 2010. Intra- and interobserver variability of ultrasonographic measurements of the adrenal glands in healthy beagles. *Vet Radiol Ultrasound*. 51:656-660.

Barella G., Lodi M., Sabbadin L.A., Faverzani S. 2012. A new method for ultrasonographic measurement of kidney size in healthy dogs. *J Ultrasound*. 15:186–91.

Barrett R.B., Kneller S.K. 1972. Feline kidney mensuration. *Acta Radiol Suppl*. 319:279.

Barthez P., Nyland T.G., Feldman E.C. 1995. Ultrasonographic evaluation of the adrenal glands in dogs. *J Am Vet Med Assoc*. 207:1180–1183.

Barthez P., Nyland T.G., Feldman E.C. 1998. Ultrasonography of the adrenal glands in the dog, cat and ferret. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 28(4):869-885.

Bento P.L., Center S.A., Randolph J.F., Yeager A.E., Bicalho R.C. 2016. Associations between sex, body weight, age, and ultrasonographically determined adrenal gland thickness in dogs with non-adrenal gland illness. *J Am Vet Med Assoc*. 248:652–60.

Beukers M., Grosso F.V., Voorhout G. 2013. Computed tomographic characteristics of presumed normal canine abdominal lymph nodes. *Vet Radiol Ultrasound*. 54:610–617.

Besso J.G., Penninck D., Gliatto J.M. 1997. Retrospective ultrasonographic evaluation of adrenal lesions in 26 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 38:448–55.

Besso J.G., Rault D., Begon D. 2004. Feline cecum and ileoceocolic junction: normal ultrasonographic features and clinical applications [abstract from the annual conference of the European association of veterinary diagnostic imaging]. *Vet Radiol Ultrasound*; 45 (6): 599.

Brinkman E.L., Biller D.S., Armbrust L.J., O'Brien R.T. 2007. The clinical utility of the right lateral interscostal ultrasound scan technique in dogs. *J Am Anim Hosp Assoc*. 43:179-186.

Buchanan J.W., Bucheler J. 1995. Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. *J Am Vet Med Assoc*. 206:194–199.

Choi J, Kim H, Yoon J. 2011. Ultrasonographic adrenal gland measurements in clinically normal small breed dogs and comparison with pituitary-dependent hyperadrenocorticism. *J Vet Med Sci*. 73:985–989.

Ciasca T.C., David F.H., Lamb C.R. 2013. Does measurement of small intestinal diameter increase diagnostic accuracy of radiography in dogs with suspected intestinal obstruction? *Vet Radiol Ultrasound*. 54: 207-211.

Crouch J.E. 1969. Features of the jejunum, ileum, colon rectum and anal canal. En: Crouch J.E., Lackey M.B. (Eds), *Text-Atlas of cat anatomy*. 1<sup>st</sup> ed. Lea & Febiger. Philadelphia. 147-148.

d'Anjou M.A., Penninck D., Cornejo L., Pibarot P. 2004. Ultrasonographic diagnosis of portosystemic shunting in dogs and cats. *Vet Radiol Ultrasound*. 45:424–437.

d'Anjou M.A, Penninck D. 2015a. Adrenal Glands. En: Penninck D., d'Anjou M.A. (Eds), *Atlas of small animal ultrasonography*. 2nd ed. Wiley Blackwell. 387-402.

d'Anjou M.A, Penninck D. 2015b. Kidneys and ureters. En: Penninck D., d'Anjou M.A. (Eds), Atlas of small animal ultrasonography. 2nd ed. Wiley Blackwell. 331-362.

Daniaux L.A., Laurenson M.P., Marks S.L., Moore P.F., Taylor S.L., Chen R.X., Zwingenberger A.L. 2014. Ultrasonographic thickening of the muscularis propria in feline small intestinal small cell-T lymphoma and inflammatory bowel disease. *J Feline Med Surg.* 16(2): 89-98.

Darawiroj D., Choisunirachon N. 2019. Morphological assessment of cat kidneys using computed tomography. *Anat Histol Embryol.* 48:358– 65.

De Chalus T., Combes A., Bedu A.S., Pey P., Daminet S., Duchateau L., Saunders J.H. 2013. Ultrasonographic adrenal gland measurements in healthy Yorkshire terriers and Labrador Retrievers. *Anat Histol Embryol.* 42:57-64.

Debruyn K., Haers H., Combes A., Paepe D., Peremans K., Vanderperren K., Saunders J.H. 2012. Ultrasonography of the feline kidney. Technique, anatomy and changes associated with disease. *J Feline Med Surg.* 14:794–803.

Debruyn, K., Paepe, D., Daminet, S., Combes A., Duchateau L., Peremans K., Saunders J.H. 2013a. Comparison of renal ultrasonographic measurements between healthy cats of three cat breeds: ragdoll, British shorthair and Sphynx. *J Feline Med Surg.* 15(6): 478–482.

Debruyn K., Paepe D., Daminet S., Combes A., Duchateau L., Peremans K., Saunders J.H. 2013b. Renal dimensions at ultrasonography in healthy Ragdoll cats with normal kidney morphology: correlation with age, gender and bodyweight. *J Feline Med Surg.* 15(12):1046–51.

Delaney F., O'Brien R., Waller K. 2003. Ultrasound evaluation of small bowel thickness compared to weight in normal dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 44:577-580.

Dennis R., McConnell F. Diagnostic imaging of the urinary tract. In: Elliott J., Grauer G.F. (eds). *BSAVA manual of canine and feline nephrology and urology*. 2nd ed. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association, 2007, 126–141.

Dennis R., Kirberger R.M., Barr F., Wrigley R.H. 2010. *Handbook of small animal radiology and ultrasound: techniques and differential diagnoses*. 2nd ed. Edinburgh: Elsevier, 305–308.

Di Donato P., Penninck D., Pietra M., Cipone M., Diana A. 2014. Ultrasonographic measurement of the relative thickness of intestinal wall layers in clinically healthy cats. *J Feline Med Surg*. 16(4): 333-339.

Diana A., Pietra M., Guglielmini C., Boari A., Bettini G., Cipone M. 2003. Ultrasonographic and pathologic features of intestinal smooth muscle hypertrophy in cats. *Vet Radiol Ultrasound*; 44: 566-569.

Douglass J.P., Berry C.R., James S. 1997. Ultrasonographic adrenal gland measurements in dogs without evidence of adrenal disease. *Vet Radiol Ultrasound*. 38:124–130.

Drost W.T., Henry G.A., Meinkoth J.H., Woods J.P., Lehenbauer T.W. 2000. Quantification of hepatic and renal cortical echogenicity in clinically normal cats. *Am J Vet Res*. 61: 1016–1020.

Evans S.E., Bonczynski J.J., Broussard J.D. 2006. Comparison of endoscopic and full-thickness biopsy specimens for diagnosis of inflammatory bowel



disease and alimentary tract lymphoma in cats. *J Am Vet Med Assoc.* 229:1447–1450.

Evans H.E., de Lahunta A. 2010. The abdomen, pelvis and pelvic limb. En: Evans H.E., de Lahunta A. (eds). *Guide to the dissection of the dog.* 7th ed. St. Louis, Missouri, Saunders Elsevier. 145-161.

Feency D.A., Johnson G.R., Klaunsner J.S., Perman V., Leininger J.R., Tomlinson M.J. 1987. Canine prostatic disease: Comparison of radiographic appearance with morphologic and microbiologic findings. *J Am Vet Med Assoc.* 190: 1018-1026.

Feeney D.A., Johnston G.R. 2007. Kidneys and ureters. In: Thrall DE, editor. *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology.* 5th edition. St. Louis, MO: Elsevier/Saunders. 693–707.

Finco D.R., Stiles N.S., Kneller S.K., Lewis R.E., Barrett R.B. 1971. Radiologic estimation of the kidney size of the dog. *J Am Vet Medic Assoc.* 159:995–1002.

Goggin J.M., Biller D.S., Debey B.M., Pickar J.G., Mason D., 2000. Ultrasonographic measurement of gastrointestinal wall thickness and the ultrasonographic appearance of the ileocolic region in healthy cats. *J Am Anim Hosp Assoc.* 36, 224–228.

Goodman L.R. 2007. *Felson's principles of chest roentgenology,* 3rd ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 197.

Goy-Thollot I., Decosne-Junot C., Bonnet JM. 2007. Influence of aging on adrenal responsiveness in a population of eleven healthy beagles. *Res Vet Sci.* 82:195-201.

Graham J.P., Lord P.F., Harrison J.M., 1998. Quantitative estimation of intestinal dilation as a predictor of obstruction in the dog. *J Small Anim Pract.* 39 (11): 521-524.

Graham J. 2008. Adrenal glands. En: Penninck D., d'Anjou M.A. (Eds), Atlas of small animal ultrasonography. 1st ed. Wiley Blackwell. 385-396.

Griffin S. 2019. Feline abdominal ultrasonography: What's normal? What's abnormal? The normal gastrointestinal tract. *J Feline Med Surg.* 21(11): 1039-1046.

Grooters A.M., Biller D.S., Merryman J. 1995. Ultrasonographic parameters of normal canine adrenal glands: Comparison to necropsy findings. *Vet Radiol Ultrasound.* 36:126–130.

Grooters A.M., Biller D.S., Theisen S.K., Miyabayashi T. 1996. Ultrasonographic characteristics of the adrenal glands in dogs with pituitary-dependent hyperadrenocorticism: comparison with normal dogs. *J Vet Intern Med.* 10:110–115.

Hansson K., Haggstrom J., Kwart C., Lord P. 2002. Left atrial to aortic root indices using two-dimensional and M-mode echocardiography in cavalier King Charles spaniels with and without left atrial enlargement. *Vet Radiol Ultrasound.* 43:568–575.

Harvey C.E., Fink E.A. 1982. Tracheal diameter: Analysis of radiographic measurements in brachycephalic and non-brachycephalic dogs. *J Am Anim Hosp Assoc.* 18, 570-576.

Hoerauf A., Reusch C. 1996. Ultrasonographic evaluation of the adrenal glands in healthy dogs, dogs with Cushing's disease due to functional adrenal tumors and dogs with Addison's disease [Abstract]. *Vet Radiol Ultrasound.* 37:488.

Hoey S., Heder B., Hetzel S., Waller K. 2016. Use of computed tomography for measurement of kidneys in dogs without renal disease. *J Am Vet Med Assoc.* Feb 1;248(3):282-7.

Hodson C.J., Drewe J.A., Karn M.N., King A. 1962. Renal size in normal children. *Arch Dis Child.* 37:616–22.

Hudson J. 2020a. Imaging the Abdomen. Normal Gastrointestinal Anatomy. En: Holland M., Hudson J. (Eds), *Feline diagnostic imaging.* 1<sup>st</sup> ed. Wiley Blackwell. 333-346.

Hudson J. 2020b. Imaging the Abdomen. Normal Urinary System. En: Holland M., Hudson J. (Eds), *Feline diagnostic imaging.* 1<sup>st</sup> ed. Wiley Blackwell. 439-454.

Jasper A., Harshe G., Keshava S.N., Kulkarni G., Stephen E., Agarwal S. 2014. Evaluation of normal abdominal aortic diameters in the Indian population using computed tomography. *J Postgrad Med.* 60:57–60.

Kantrowitz B.M., Nyland T.G., Feldman E.C. 1986. Adrenal ultrasonography in the dog. *Vet Radiol Ultrasound.* 27(3): 91-96

Keats T.E., Siström C. 2001. *Atlas of radiologic measurement,* 7th ed. Philadelphia: Harcourt Health Sciences.

Kerr JB. 1999. Gastrointestinal tract. En: Kerr JB (Ed) *Atlas of functional histology.* London: Mosby, Elsevier Health Sciences. 235-262.

Lamb C.R., Wikeley H., Boswood A., Pfeiffer D.U. 2001. Use of breed-specific ranges for the vertebral heart scale as an aid to the radiographic diagnosis of cardiac disease in dogs. *Vet Record.* 148:707–711.

Lamb C.R., Nelson J.R. 2015. Diagnostic accuracy of test based on radiologic measurements of dogs and cats: A systematic review. *Vet Radiol Ultrasound*. 56 (3): 231-244.

Larson MM. 2009. The kidneys and ureters. In: O'Brien R and Barr F (eds). BSAVA manual of canine and feline abdominal imaging. 1st ed. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association, 185–204.

Laurenson M.P., Skorupski K.A., Moore P.F., Zwingenberger A. 2011. Ultrasonography of intestinal mast cell tumors in the cat. *Vet Radiol Ultrasound*. 52: 330–334.

Le Roux A., Rademacher N., Saelinger C., Rodriguez D., Pariaut R., Gaschen L. 2012. Value of tracheal bifurcation angle measurement as a radiographic sign of left atrial enlargement in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 53:28–33.

Le Roux A.B., Granger L.A., Wakamatsu N., Kearney M.T., Gaschen L. 2016. Ex vivo correlation of ultrasonographic small intestinal wall layering with histology in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 57(5):534-45.

Lingard A.E., Briscoe K., Beatty J.A., Moore A.S., Crowley A.M., Krockenberger M., Churcher R.K., Canfield P.J., Barrs V.R. 2009. Low-grade alimentary lymphoma: clinicopathological findings and response to treatment in 17 cases. *J Fel Med Surg*. 11, 692-700.

Litster A.L., Buchanan J.W. 2000. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs of cats. *J Am Vet Med Assoc*. 216:210–214

Mannion P. 2006. Diagnostic ultrasound in small animal practice. 1st ed. Oxford: Blackwell Science. 109–127.

Mareschal A., d'Anjou M.A., Moreau M., Alexander K., Beauregard G. 2007. Ultrasonographic measurement of kidney-to-aorta ratio as a method of estimating renal size in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 48 (5): 434–438.

Mavropoulou A, Grandi G, Calvi L, Passeri B., Volta A., Kramer L.H., Quintavalla C. 2010. Disseminated histoplasmosis in a cat in Europe. *J Small Anim Pract*. 51: 176–180.

Mattoon JS. 2015. Abdominal ultrasound scanning techniques. En: Mattoon JS, Nyland TG. (Eds). *Small animal diagnostic ultrasound*. 3rd edn. Saunders. 94–127.

Melián C., Pérez-López L., Saavedra P., Ravelo-García A.G., Santos Y., Jaber J.R. 2021. Ultrasound evaluation of adrenal gland size in clinically healthy dogs with hyperadrenocorticism. *Vet Rec*. e80:1-9.

Mogicato G., Layssol-Lamour C., Conchou F. 2011. Ultrasonographic evaluation of the adrenal glands in healthy dogs: repeatability, reproducibility, observer-dependent variability, and effect of bodyweight, age and sex. *Vet Rec*. 168:130–134.

Morgan J.P. 1981. The upper gastrointestinal examination in the cat: normal radiographic appearance using positive contrast medium. *Vet Radiol Ultrasound*. 22:159–169.

Newell S.M., Graham J.P., Roberts G.D. 1999. Sonography of the normal feline gastrointestinal tract. *Vet Radiol Ultrasound*. 1:40-43.

Nyland T.G., Mattoon J.S., Herrgesell E.J., Wisner E.R. 1995. Urinary tract. En: Nyland TG, Mattoon JS, editors. *Veterinary Diagnostic Ultrasound*. 1st edition. Philadelphia, PA: WB Saunders. 158–95.

Nyland T.G., Neelis D.A., Mattoon J.S. 2015. Gastrointestinal tract. En: Nyland TG and Mattoon JS (eds). Small animal diagnostic ultrasound. 3rd ed. St Louis, MO: Elsevier Saunders. 468–500.

O'Brien T.R. 1978. Large Intestine. En: Radiographic diagnosis of abdominal disorders in the dog and cat. Philadelphia: Saunders. 352–395

Pagani E., Tarducci A., Borrelli A., Lotti B., Tursi M., Zanatta R. 2017. Accuracy of Ultrasonographic measurements of adrenal glands in dogs: Comparison with necroscopic findings. *Anat Histol Embryol.* Apr; 46(2):187-194.

Park I., Lee H., Nam S., Choi R., Oh K., Son C.H., Hyun C. 2008. Ultrasonographic evaluation of renal dimension and resistive index in clinically healthy Korean domestic shorthair cats. *J Vet Science.* 9:415–9.

Penninck D., d'Anjou M.A. 2015. Gastrointestinal tract. En: Penninck D., d'Anjou M.A. (Eds), Atlas of small animal ultrasonography. 2nd ed. Wiley Blackwell.

Pineiro M.I.R., de Fornel-Thibaud P., Benchekroun G., Garnier F., Maurey-Guenec C., Delisle F. 2011. Use of computed tomography adrenal gland measurement for differentiating ACTH dependence from ACTH independence in 64 dogs with hyperadrenocorticism. *J Vet Intern Med.* 25:1066–1074.

Robinson P.J. 1997. Radiology's Achilles' heel: error and variation in the interpretation of the Röntgen image. *Br J Radiol.* 70(839):1085–1098.

Root M.V., Johnston S.D., Olson P.N. 1997. The effect of prepuberal and postpuberal gonadectomy on radial physeal closure in male and female domestic cats. *Vet Radiol Ultrasound.* 38:42–7.

Rose A.M., Johnstone T., Finch S., Beck C. 2017. The effect of recumbency position on the ultrasound measurement of the canine adrenal gland in non-adrenal gland illness. *Vet Med: Research and Reports*. 8:87-96

Sanchez X., Prandi D., Llabrés-Díaz F., García E., Bussadori C. 2018. A radiographic measurement of left atrial size in dogs. *Ir Vet J*. Dec 17;71:25.

Sarria R., Latorre R., Henroteaux M., Henroteaux N., Soria F., Pérez-Cuadrado E. 2012. Morphometric study of the layers of the canine small intestine at five sampling sites. *The Veterinary Journal*. 192: 498-502.

Sema D., Banzato T., Bellini L., Contiero B., Zotti A. 2016. Kidney measures in domestic rat: a radiographic study and a comparison to ultrasonographic reference values. *J Exotic Pet Med*. 25:157–62.

Shiroma J.T., Gabriel J.K., Carter R.L., Scruggs S.L., Stubbs PW. 1999. Effect of reproductive status on feline renal size. *Vet Radiol Ultrasound*. 40: 242–245.

Sohn J., Yun S., Lee J., Chang D., Choi M., Yoon J. 2016. Reestablishment of radiographic kidney size in Miniature Schnauzer dogs. *J Vet Med Sci*. 78 (12):1805-1810.

Soulsby S.N., Holland M., Hudson J.A., Behrend E.N. 2015. Ultrasonographic evaluation of adrenal gland size compared to body weight in normal dogs. *Vet Radiol and Ultrasound*. 56:317–326.

Tanvetthayanont P., Ponglowhapan S., Thanaboonnipat C., Choisunirachon N. 2020. Impact of gonadal status on ultrasonographic renal parenchymal dimensions in healthy cats. *J Feline Med Surg*. 22:1148–54.

Thrall D.E., Robertson I.A. 2016a. Basic imaging principles and physeal closure time. En: Thrall D.E., Robertson I.A., editors. *Atlas of Normal Radiographic*

Anatomy and Anatomic Variant in the Dog and the Cat. 2nd edition. St. Louis, MO: Elsevier Saunders. 1–19.

Thrall D.E. Robertson I.A. 2016b. The abdomen. En: Thrall D.E., Robertson I.A., editors. Atlas of Normal Radiographic Anatomy and Anatomic Variant in the Dog and the Cat. 2nd edition. St. Louis, MO: Elsevier Saunders. 257– 65.

Tirkes T., Hollar M.A., Tann M., Kohli M.D., Akisk F., Sandrasegaran K. 2013. Response criteria in oncologic imaging: review of traditional and new criteria. *Radiographics* 33:1323–1341.

Trevail T., Gunn-Moore D., Carrera I., Courcier E., Sullivan M. 2011. Radiographic diameter of the colon in normal and constipated cats and in cats with megacolon. *Vet Radiol Ultrasound*. Sep-Oct; 52(5):516-20.

Tucker S., Penninck D.G., Keating J.H., Webster C.R.L. 2014. Clinicopathological and ultrasonographic features of cats with eosinophilic enteritis. *J Feline Med Surg*. 16(12): 950–956.

Valdès-Martinez A., Cianciolo R., Mai W. 2007. Association between renal hypoechoic subcapsular thickening and lymphosarcoma in cats. *Vet Radiol Ultrasound*. 48:357 – 360.

Wenger M., Mueller C., Kook P.H., Reusch C.E. 2010. Ultrasonographic evaluation of adrenal glands in dogs with primary hypoadrenocorticism or mimicking diseases. *Vet Rec*. 167:207–210.

Wiersema M.J., Wiersema L.M. 1993. High-resolution 25-megahertz ultrasonography of the gastrointestinal wall: histological correlates. *Gastrointest Endos*. 39 (4): 449-504.



Winter M.D., Londono L., Berry C.R., Hernández J.A. 2014. Ultrasonographic evaluation of relative gastrointestinal layer thickness in cats without clinical evidence of gastrointestinal tract disease. *J Feline Med Surg.* 16(2): 118-124.

Zwingenberger A.L., Marks S.L., Baker T.W. 2010. Ultrasonographic evaluation of the muscularis propria in cats with diffuse small intestinal lymphoma or inflammatory bowel disease. *J Vet Intern Med.* 24: 289-292.



## APÉNDICE

# ÍNDICE DE IMPACTO

Clarivate

Journal Citation Reports™ Journals Categories Publishers Countries/Regions My favorites Sign In Register

Home > Journal profile

JCR YEAR  
2020

## VETERINARY RECORD

ISSN  
0042-4900

EISSN  
2042-7670

JCR ABBREVIATION  
VET REC

ISO ABBREVIATION  
Vet. Rec.

### Journal's performance

Journal Impact Factor

2020 JOURNAL IMPACT FACTOR	JOURNAL IMPACT FACTOR WITHOUT SELF CITATIONS	Journal Impact Factor contributing items	Citing Sources (252)
<b>2.695</b>	2.480	Citable items (321)	

#### Journal information

EDITION  
Science Citation Index Expanded (SCIE)

CATEGORY  
VETERINARY SCIENCES - SCIE

LANGUAGES English	REGION ENGLAND	1ST ELECTRONIC JCR YEAR 1997
----------------------	-------------------	---------------------------------

#### Publisher information

PUBLISHER WILEY	ADDRESS 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ	PUBLICATION FREQUENCY 50 issues/year
--------------------	---	---

Home > Journal profile  
JCR YEAR  
2018

# VETERINARY JOURNAL

[View title change](#)

ISSN  
1090-0233

EISSN  
1532-2971

JCR ABBREVIATION  
VET J

ISO ABBREVIATION  
Vet. J.

**Journal information**

EDITION  
Science Citation Index Expanded (SCIE)

CATEGORY  
VETERINARY SCIENCES - SCIE

LANGUAGES English	REGION ENGLAND	1ST ELECTRONIC JCR YEAR 1997
----------------------	-------------------	---------------------------------

**Publisher information**

PUBLISHER ELSEVIER SCI LTD	ADDRESS THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND	PUBLICATION FREQUENCY 12 Issues/year
-------------------------------	--	---

## Journal's performance

### Journal Impact Factor

2018 JOURNAL IMPACT FACTOR  
**1.919**  
[View calculation](#)

JOURNAL IMPACT FACTOR WITHOUT SELF CITATIONS  
1.833  
[View calculation](#)

**Journal Impact Factor contributing items**

---

Citable items (384) Citing Sources (274)

Clarivate

Journal Citation Reports™ Journals Categories Publishers Countries/Regions My favorites Sign In Register

Home > Journal profile

JCR YEAR  
2021

# Frontiers in Veterinary Science

Open Access since 2014

ISSN  
N/A

EISSN  
2297-1769

JCR ABBREVIATION  
FRONT VET SCI

ISO ABBREVIATION  
Front. Vet. Sci.

## Journal's performance

Journal Impact Factor

2021 JOURNAL IMPACT FACTOR	JOURNAL IMPACT FACTOR WITHOUT SELF CITATIONS	Journal Impact Factor contributing items	
<b>3.471</b>	3.121	<u>Citable items (1,575)</u>	Citing Sources (1,023)

**Journal information**

EDITION  
Science Citation Index Expanded (SCIE)

CATEGORY  
VETERINARY SCIENCES - SCIE

LANGUAGES English	REGION SWITZERLAND	1ST ELECTRONIC JCR YEAR 2018
----------------------	-----------------------	---------------------------------

**Publisher information**

PUBLISHER FRONTIERS MEDIA SA	ADDRESS AVENUE DU TRIBUNAL FEDERAL 34, LAUSANNE CH-1015, SWITZERLAND	PUBLICATION FREQUENCY 1 issue/year
---------------------------------	--	---------------------------------------

