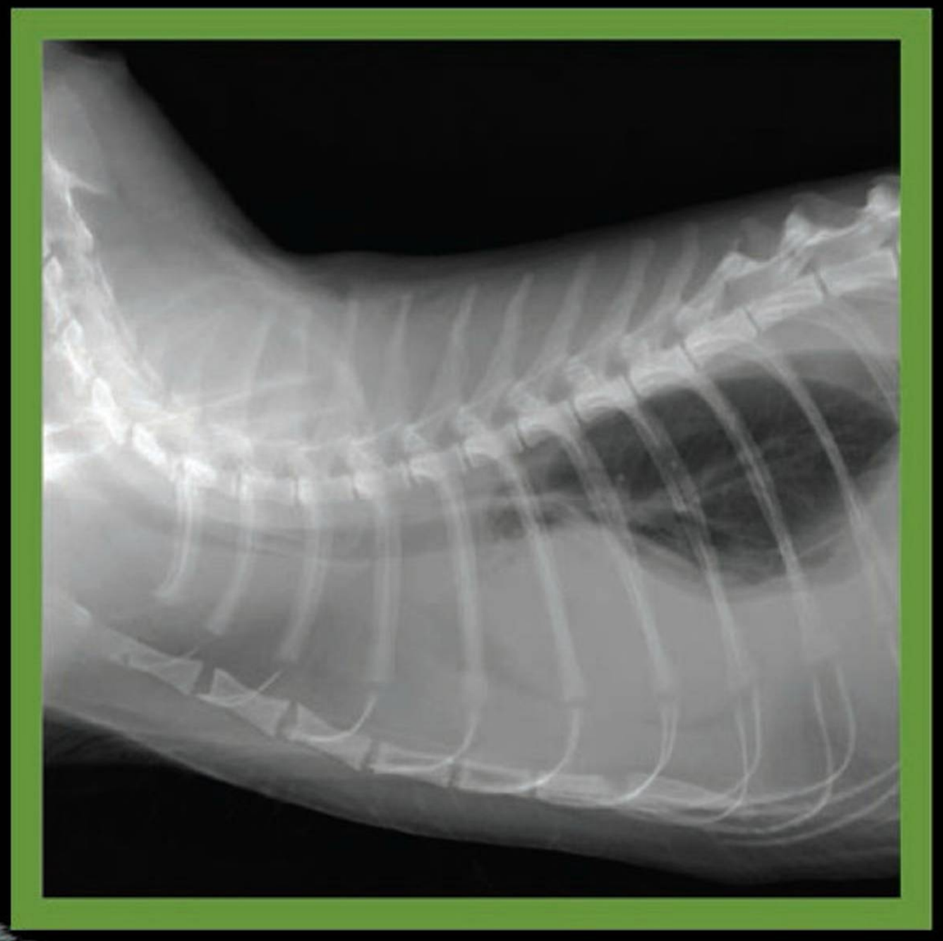
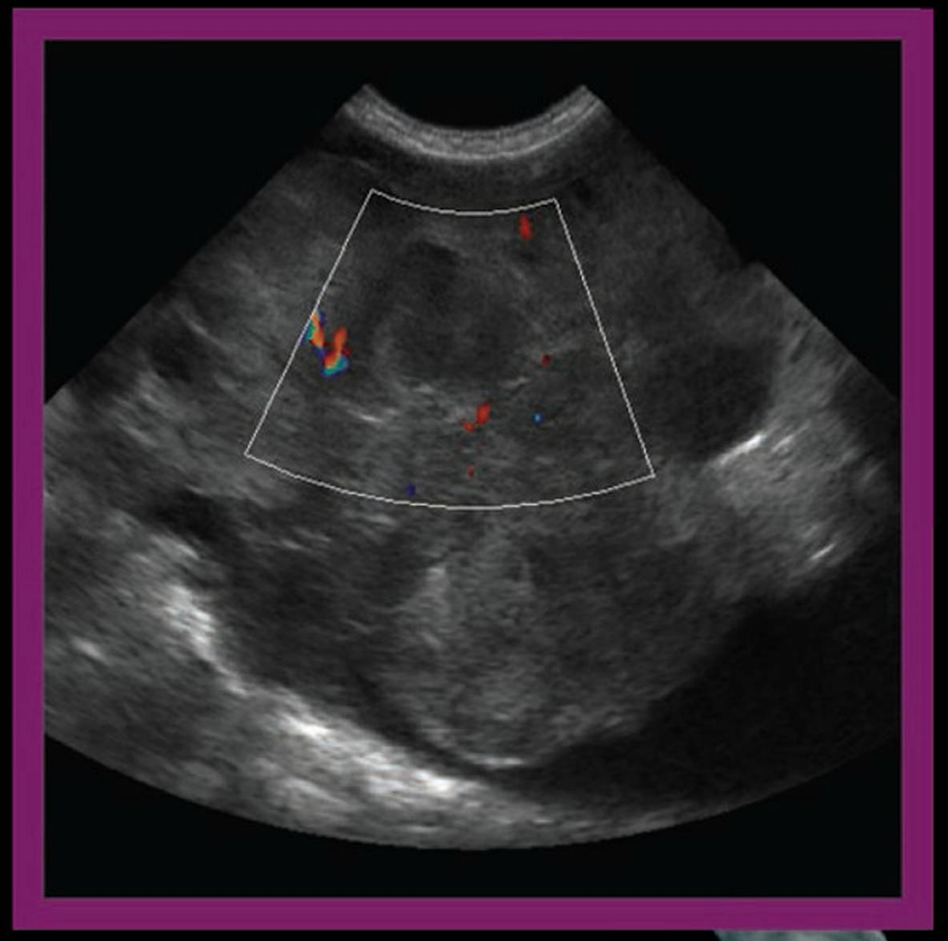
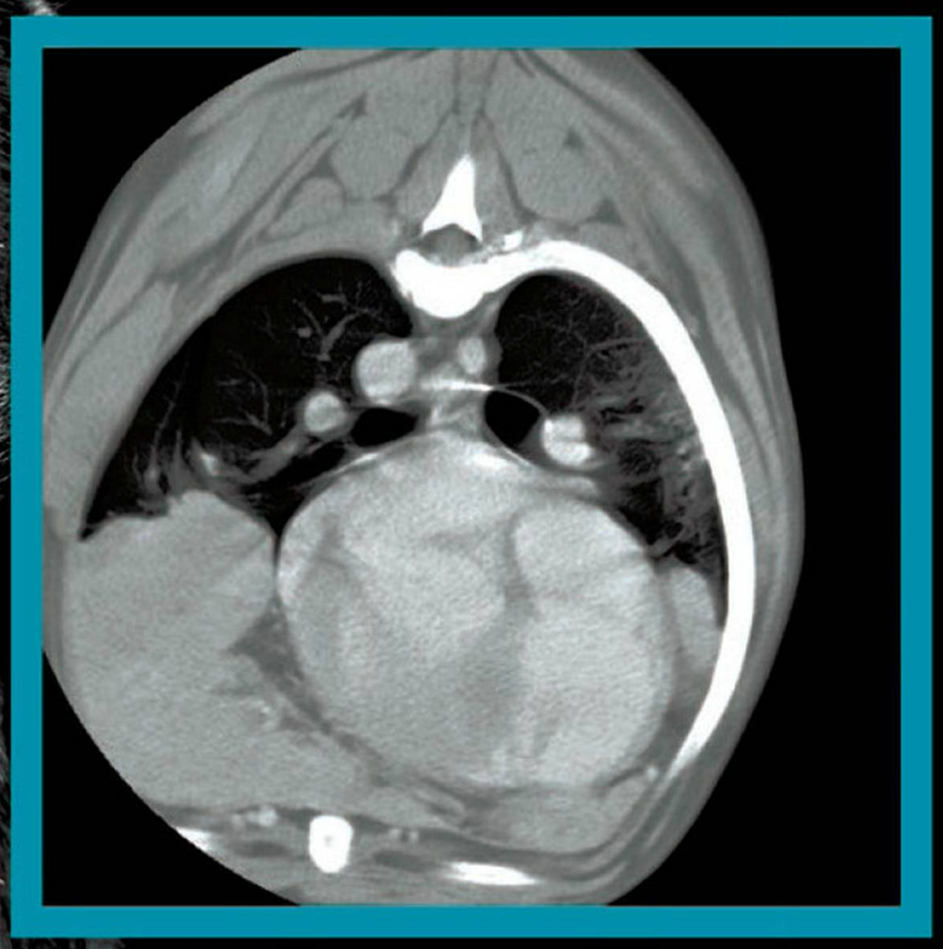
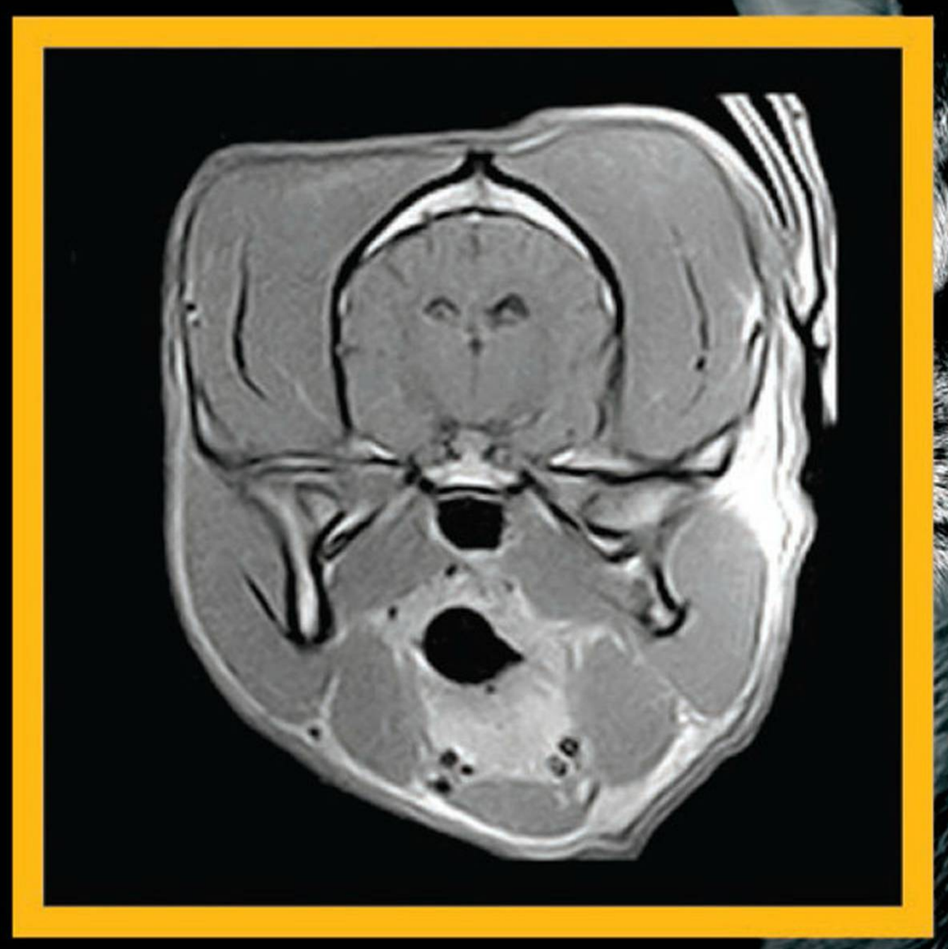
ATLAS VETERINARIO DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

Fernando Liste Burillo









SERVET

Atlas veterinario de diagnóstico por imagen

Reservados todos los derechos.

No puede reproducirse ni total ni parcialmente, almacenarse en un sistema de recuperación o transmitirse en forma alguna por medio de cualquier procedimiento, sea éste mecánico, electrónico, de fotocopia, grabación o cualquier otro sin el previo permiso escrito del editor.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70 / 93 272 04 47).

Advertencia:
La ciencia veterinaria está sometida a constantes cambios evolutivos. Del mismo modo que la farmacología y el resto de las ciencias también lo están. Así pues, es responsabilidad ineludible del veterinario clínico, basándose en su experiencia profesional, la determinación y comprobación de la dosis, el método, el periodo de administración y las contraindicaciones de los tratamientos aplicados a cada paciente.

Ni el editor ni el autor asumen responsabilidad alguna por los daños y/o perjuicios que pudieran generarse a personas, animales o propiedades como consecuencia del uso o la aplicación correcta o incorrecta de los datos que aparecen en esta obra.

© 2010 Grupo Asís Biomedia S.L.
Plaza Antonio Beltrán Martínez, nº 1, planta 8 - letra I
(Centro empresarial El Trovador)
50002 Zaragoza - Spain

Diseño y compaginación:
Servet editorial - Grupo Asís Biomedia S.L.
www.grupoasis.com

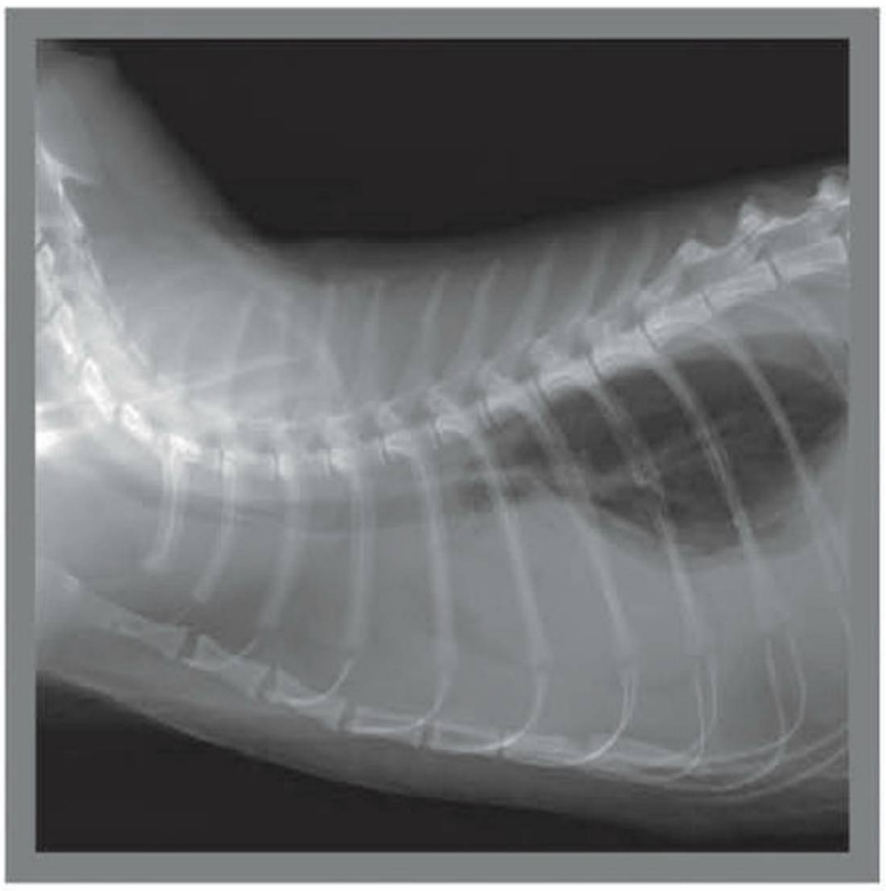
Impreso por:
mcc graphics
Planta Elkar
Larrondo Beheko Etorbidea, Edif. 4
48180 Loiu (Bizkaia)

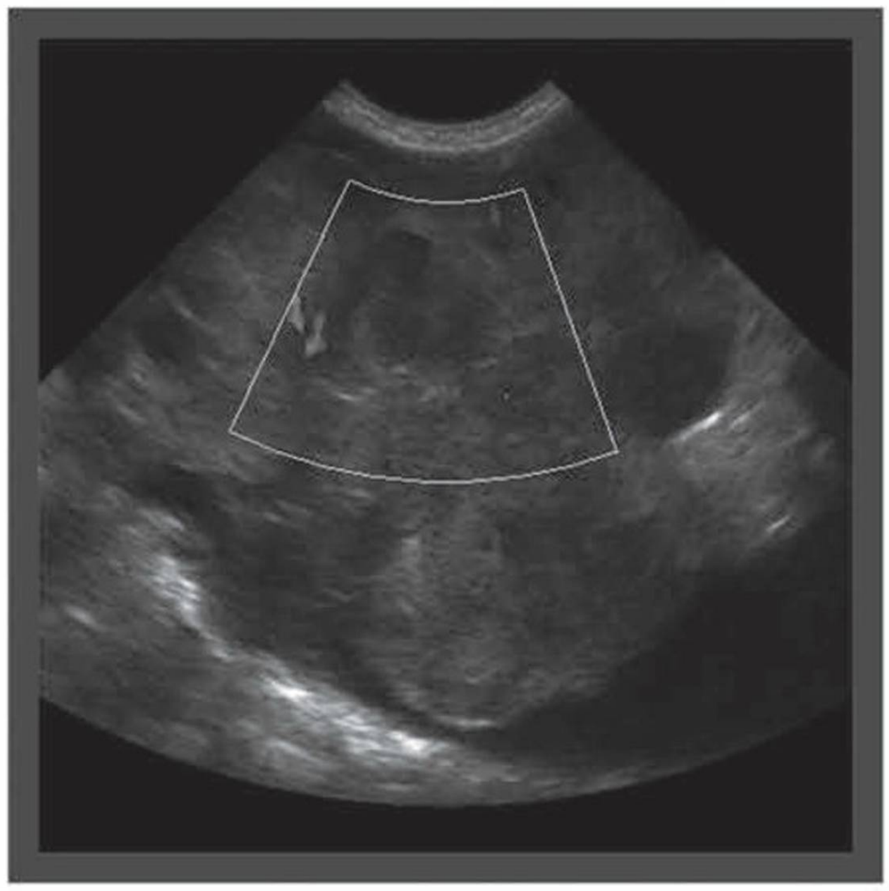
ISBN: 78-84-92569-34-2

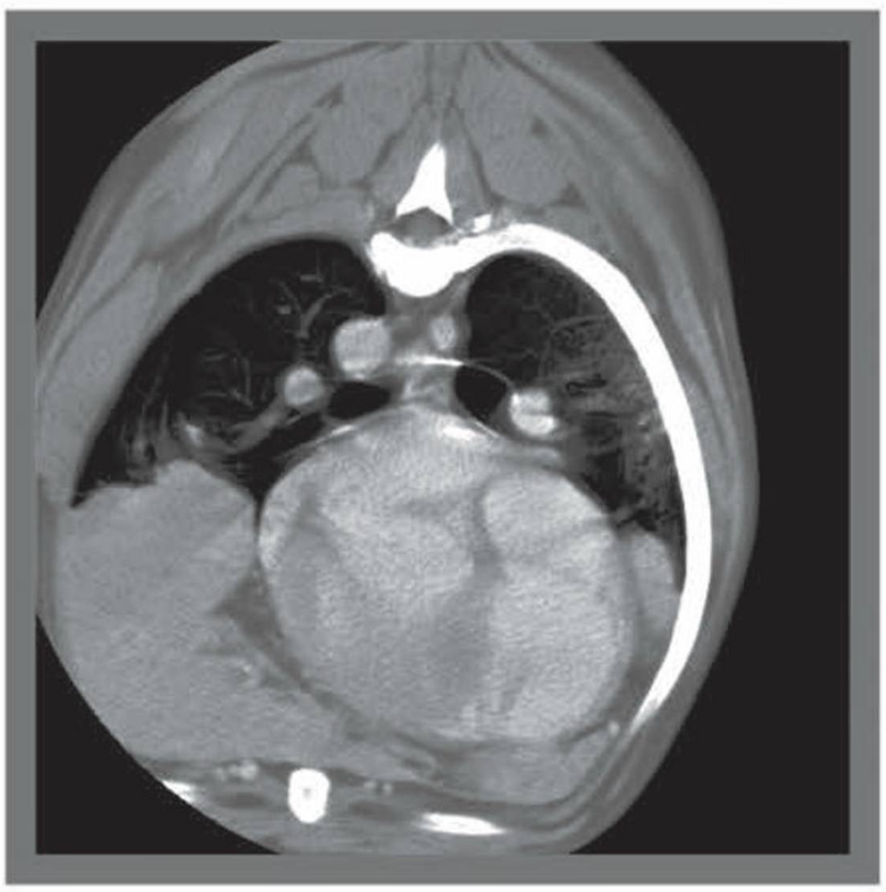
Impreso en España

ATLAS VETERINARIO DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

Fernando Liste Burillo







SERVET

¡¡Ay Cala, qué paliza, qué paliza...!!”

A mis padres, Fernando y Alicia.

AUTORES

Fernando Liste Burillo (Coordinador de la obra)

- Doctor en Veterinaria por la Universidad de Zaragoza.
- Profesor Agregado de Radiología Veterinaria del Departamento de Medicina y Cirugía Animal y Responsable del Servicio de Diagnóstico por Imagen del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad CEU-Cardenal Herrera de Valencia.
- Director del Servicio de Diagnóstico por Imagen *online* www.radiologiaveterinaria.es

Isidro Mateo Pampliega

Responsable del Servicio de Neurología y Neurocirugía
del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad Alfonso X
el Sabio de Madrid.

Sergio P. Monteagudo Franco

Responsable del Servicio de Diagnóstico por Imagen
del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad Alfonso X
el Sabio de Madrid.

Alberto Muñoz González (Colaborador)

Director de la empresa Resonancia Magnética Veterinaria.
Profesor Titular de Radiología y Medicina Física en la Facultad
de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.

PRÓLOGO

PRÓLOGO

Quienes escriben el prólogo de libros científico-técnicos suelen ser personas expertas en el ámbito que aborda la obra, tal como aconseja el sentido común. Advierto al lector de que no es así en este caso.

Conocí a Fernando allá por el verano de 1997 cuando, tras el proceso de búsqueda y selección curricular para contratar un profesor de Anatomía y Embriología para la entonces recién nacida Licenciatura de Veterinaria del Centro Universitario San Pablo-CEU (hoy Universidad CEU-Cardenal Herrera), llegó a la definitiva fase de entrevistas personales ante la comisión decisoria de la que yo formaba parte. Previamente, habíamos decidido que la persona que buscábamos debía ser en realidad la primera pieza del futuro Departamento de Medicina y Cirugía Animal, del que más adelante sería su primer director. Y la decisión no fue difícil porque Fernando tenía ese perfil clínico. Venía del Hospital Clínico de la Facultad de Veterinaria de Massachusetts, donde había estado especializándose en el diagnóstico por imagen y en eso pensaba seguir.

Fueron años intensos, en los que Fernando fue poco a poco dirigiendo su docencia hacia disciplinas como Anatomía Clínica o Radiología, al mismo tiempo que iba implementando el Servicio de Diagnóstico por Imagen del Hospital Veterinario. Desde aquellos tiempos conozco su forma de ser y de trabajar, metódica, ordenada, meticulosa, exigente y con afán de superación. Su tenacidad reivindicando la mejora permanente de las instalaciones y equipos necesarios hizo posible, no sin disputas tan acaloradas como amistosas, que el diagnóstico por imagen se fuera ampliando hasta incluir radiología, ecografía, endoscopia y TC.

Así que estamos ante la obra de un académico clínico, de alguien a quien le gusta enseñar la disciplina que le apasiona. Por esa doble condición, de profesor y de médico veterinario, si de algo puede estar seguro el lector es de que este Atlas Veterinario de Diagnóstico por Imagen está concebido como una herramienta de aprendizaje y consulta, sistemáticamente organizada e ilustrada. Conociendo a su autor no podría ser de otra forma.

Enrique Blas Ferrer

Catedrático de Nutrición Animal del Departamento
de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia.

PREFACIO

Una imagen vale más que mil palabras

Esta frase, un tópico *voyeurístico* extraído del ámbito del periodismo, toma fuerza con ocasión de la presentación del libro que el lector tiene entre sus manos. Pero con algún matiz.

Y es que en la evolución de la humanidad, la invención primero del lenguaje oral y luego el escrito –*la palabra*- ha sido fundamental para distinguir al *Homo sapiens* del resto de las especies. Recordemos que los niños son progresivamente más reconocibles como humanos semejantes a nosotros cuando comienzan a desarrollar su capacidad de hablar y comunicar. A principios del siglo XX, el acceso universal del cinematógrafo a todas las clases sociales se produjo cuando las imágenes que se proyectaban empezaron a mezclarse con el lenguaje hablado en lo que fue la creación del cine sonoro. En el ámbito familiar, suelo acordarme de las palabras que mi madre dedicaba a mi gato: *"Míralo, sólo le falta hablar"*. Otra muestra más del reconocimiento de la capacidad *humanizadora* del lenguaje.

También la capacidad de resolución de conflictos en las distintas escalas de sociedades humanas tiene mucho que ver con la presencia o ausencia de una comunicación interpersonal efectiva entre los interlocutores. Como muestra, sirva esta anécdota vivida en primera persona hace pocos días: un médico de familia era incapaz de leer el mensaje escrito con caligrafía ilegible que otro colega especialista le enviaba con urgencia con respecto a un paciente que en este caso era mi padre.

La ciencia médica necesita del lenguaje para caracterizar las dolencias que aquejan a los pacientes y expresar su importancia relativa con respecto de una situación de normalidad. Todo un mundo de matices que en el caso de la interpretación diagnóstica de las imágenes es muy importante abordar. Y es que en el caso que nos ocupa, *una imagen sin palabras* para el lector no iniciado es, en muchas ocasiones, un vacío diagnóstico.

Este Atlas Veterinario de Diagnóstico por Imagen pretende ser una herramienta útil en una serie de disciplinas técnicas que están siendo cada vez más accesibles para el veterinario clínico de pequeños animales. Clásicamente, la enseñanza de la radiología en las facultades españolas de veterinaria no ha sido impartida como una disciplina independiente

sino integrada dentro de la medicina interna o la cirugía. Asimismo, los Planes de Estudios de las distintas Licenciaturas de Veterinaria no han dedicado sino un número escaso de horas a estas disciplinas, hecho sorprendente teniendo en cuenta el gran apoyo que para el veterinario en ejercicio supone el uso de estas técnicas. Sólo el futuro dirá lo que nos depara Bolonia a este respecto.

Para el desarrollo de esta obra se ha optado por separar los contenidos en 6 capítulos diferentes, pretendiendo evaluar de manera global la utilidad de cada una de las técnicas de imagen en las distintas regiones anatómicas del perro y el gato. Así, tras una explicación de cada uno de los fundamentos de las técnicas, se realiza un repaso pormenorizado de la anatomía normal y los patrones patológicos encontrados en el tórax, el abdomen, el cráneo, la columna vertebral y las extremidades, aportando su correspondiente bibliografía al final de cada uno de los temas.

No me gustaría terminar estas palabras de introducción sin antes mencionar mi gratitud hacia Sergio e Isidro, que han sido coautores de algunos capítulos y sin cuya colaboración no hubiera sido posible la consecución de los objetivos previstos. De igual manera, felicitar la espléndida labor de edición que, en mi opinión, la editorial Servet ha plasmado en un tiempo récord. Gracias Tatiana por tu dedicación y profesionalidad.

Como coordinador de la obra, mi deseo ha sido dotar a los contenidos de una gran utilidad, tanto desde el punto de vista docente para el estudiante de la materia durante la Licenciatura como para el profesional veterinario que, a pie de clínica, necesita de un apoyo técnico en un momento determinado.

Que ambos lo disfrutéis.

Fernando Liste Burillo
Valencia, octubre de 2010

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

TÉCNICAS 2

Radiología 4

Tablas radiográficas sugeridas para distintas áreas anatómicas 8

Tomografía computerizada 10

Ecografía 12

Resonancia magnética 14

Principios básicos de la RM 15

Potenciación o ponderación de la imagen: secuencias ponderadas en T1 y T2 16

Secuencias de inversión-recuperación 17

Formación de la imagen 19

Consideraciones especiales 19

¿Qué método de diagnóstico por imagen emplear? 20

Bibliografía 22

DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DEL TÓRAX 24

Anatomía radiográfica y aproximación diagnóstica 26

Anatomía radiográfica del corazón 27

Evaluación del tamaño cardiaco 30

Campo pulmonar y espacio pleural 40

Mediastino 42

Diafragma 44

Estructuras esqueléticas torácicas y abdomen craneal 46

Anatomía tomográfica del tórax 46

Cardiomegalia 50

Patrones pulmonares 55

Patrón intersticial 56

Patrón alveolar 58

Patrón bronquial 63

Patrón vascular 66

Ecografía torácica no cardiaca 68

Tomografía computerizada del pulmón 69

Alteraciones del espacio pleural 71

Alteraciones del mediastino 74

Alteraciones esofágicas 78

Alteraciones del diafragma 81

Bibliografía 86

DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DEL ABDOMEN 90

Anatomía radiográfica del abdomen: aproximación diagnóstica 92

El contraste radiográfico abdominal 93

Anatomía tomográfica del abdomen 100

El hígado 102

Hepatomegalia 104

Disminución del tamaño hepático 106

El bazo 110

Esplenomegalia 110

ÍNDICE DE CONTENIDOS

El páncreas 113

El tracto gastrointestinal 114

Estómago 114

Estudios de contraste 116

Intestino delgado 119

Intestino grueso 121

Sistema urogenital 123

Tracto urinario superior: riñones y uréteres 123

Tracto urinario inferior: vejiga, uretra y próstata 127

Tracto genital 131

Útero y ovarios 131

Testículos 135

Glándulas adrenales 136

Nódulos linfáticos 138

Ecografía abdominal intervencionista 140

Bibliografía 142

DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DE LA CABEZA 146

Anatomía radiográfica, tomografía computerizada y resonancia magnética de la cabeza 148

Técnicas utilizadas para la exploración del encéfalo 148

Radiología convencional 148

Ecografía 148

Tomografía computerizada 148

Resonancia magnética 149

Otras técnicas 150

Consideraciones neuroanatómicas 150

Técnicas utilizadas para la exploración del cráneo, senos y oído 153

Radiología 153

Ecografía 156

Tomografía computerizada 156

Resonancia magnética 158

Encéfalo: lesiones intracraneales 159

Parámetros a tener en cuenta 159

Origen anatómico de la lesión 159

Presencia de lesiones únicas o múltiples 160

Localización 160

Forma 160

Márgenes 160

Patrón de crecimiento 160

Intensidad de la señal o densidad radiológica 160

Realce o captación de contraste 161

Lesiones extra-axiales 161

Lesiones dependientes del cráneo 161

Lesiones dependientes de las meninges 161

Lesiones dependientes de los nervios periféricos 164

Lesiones dependientes de los plexos coroideos 164

Lesiones intra-axiales 166

Enfermedad cerebrovascular 166

Lesiones isquémicas (infarto cerebral) 166

Lesiones hemorrágicas 166

Enfermedades inflamatorias 168

De origen infeccioso 168

No infecciosas 169

Enfermedades degenerativas 170

Anomalías congénitas 172

Encefalopatías metabólicas/nutricionales 172

Neoplasias ... 172
Gliomas ... 172
Neoplasias de la hipófisis ... 172
Lesiones metastásicas ... 174
Cambios asociados a lesiones intracraneales ... 175
Hidrocefalia ... 175
Edema ... 176
Hernia cerebral ... 178

Exploración del cráneo, senos, oído y ojos: patología representativa ... 179

Bóveda craneal y base del cráneo ... 179
Patología inflamatoria: osteomielitis ... 179
Traumatismos ... 179
Anomalías congénitas ... 180
Hidrocefalia ... 180
Displasia occipital ... 180
Neoplasias ... 180
Cavidad nasal y senos ... 182
Patología inflamatoria ... 182
Neoplasias ... 182
Mandíbula y articulación temporomandibular ... 184
Traumatismos ... 184
Fracturas mandibulares ... 184
Luxaciones temporomandibulares ... 184
Procesos degenerativos ... 184
Osteopatía craneomandibular ... 184
Oído ... 184
Pólipos nasofaríngeos ... 185
Otitis media-interna ... 186
Neoplasias ... 187
Ojo y región periorbitaria ... 187
Lesiones intraoculares ... 188
Localizadas en córnea y cámara anterior ... 188
Localizadas en cristalino ... 188
Localizadas en cuerpo vítreo y retina ... 189
Lesiones de localización variable ... 190
Lesiones retrobulbares ... 191
Nervio óptico y músculos extraoculares ... 191

Tejidos blandos del cuello: faringe, laringe e hioides ... 191

Bibliografía ... 195

DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DE LA COLUMNA ... 200

Anatomía radiográfica, tomografía computerizada y resonancia magnética de la columna vertebral ... 202

Exploración de la columna vertebral: indicaciones y uso de las diferentes técnicas de diagnóstico por imagen ... 205

Radiología convencional y mielografía ... 205
Posicionamiento ... 206
Anatomía radiográfica ... 206
Columna cervical ... 207
Columna torácica ... 207
Columna lumbar ... 207
Sacro ... 208
Apariencia mielográfica normal ... 208
Patrones de lesión observados en mielografía ... 208
Lesiones extradurales ... 208
Lesiones intradurales-extramedulares ... 210
Lesiones intramedulares ... 210
Ecografía ... 211
Tomografía computerizada ... 211
Resonancia magnética ... 212

Principales patologías susceptibles de investigación mediante diagnóstico por imagen ... 213

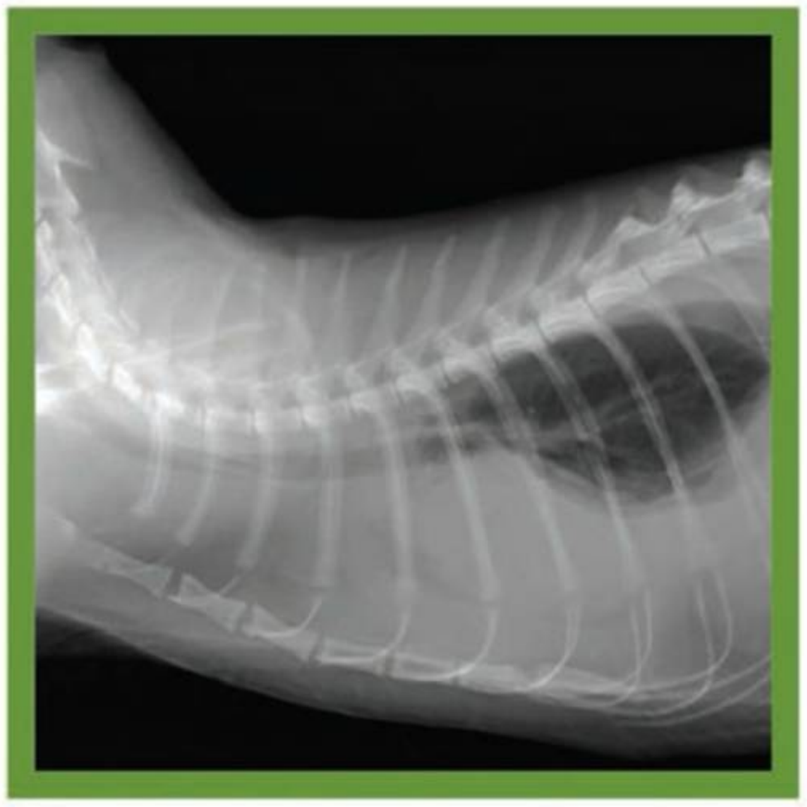
Lesiones óseas y epidurales ... 213
De origen vascular ... 213
Enfermedades inflamatorias de origen infeccioso ... 213
Espondilitis o discoespondilitis ... 213
Abscesos espinales y paraespinales ... 215
Traumatismos ... 216
Anomalías congénitas ... 218
Luxación atlantoaxial ... 218
Hemivértebras ... 219
Vértebra bloque ... 220
Vértebra de transición ... 220
Espondilomielopatía cervical caudal ... 221
Exóstosis cartilaginosa múltiple ... 222
Neoplasias ... 222
Procesos degenerativos ... 223
Espondilosis o espondiloartrosis ... 223

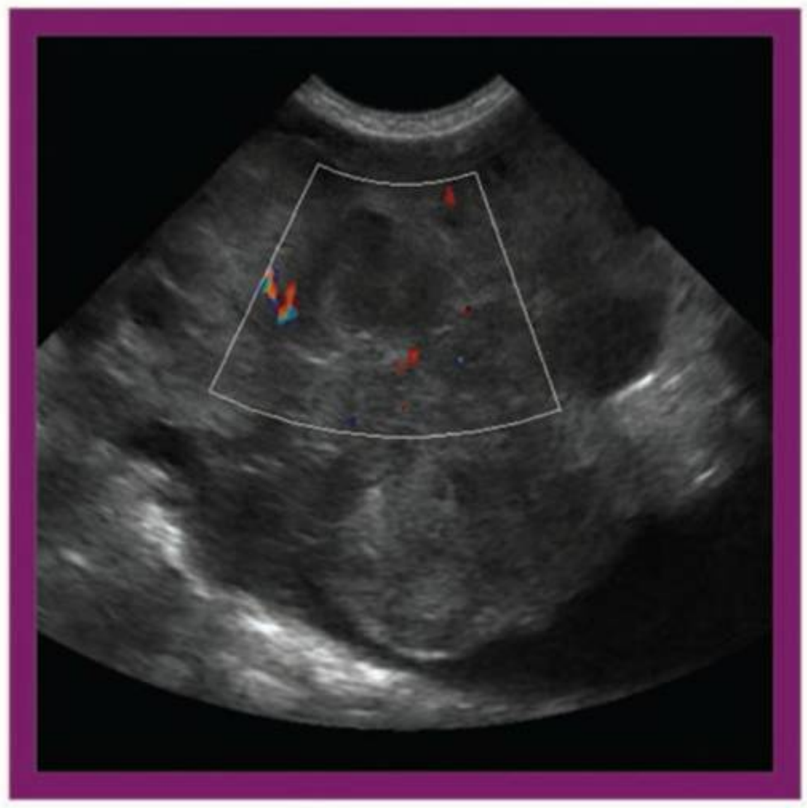
Disminución del espacio intervertebral ... 224
Enfermedad degenerativa de procesos articulares ... 224
Cambios óseos degenerativos ... 225
Enfermedad intervertebral discal ... 225
Enfermedad lumbosacra ... 228
Lesiones intradurales-extramedulares ... 230
Neoplasias ... 230
Lesiones degenerativas ... 230
Quistes aracnoideos ... 230
Osificación dural o metaplasia ósea dural ... 231
Lesiones intramedulares ... 232
De origen vascular ... 232
Procesos inflamatorios ... 232
Traumatismos ... 233
Anomalías congénitas ... 234
Hidromielia/siringomielia ... 234
Otras ... 234
Neoplasias ... 234
Lesiones de las raíces nerviosas ... 235
Neoplasias ... 235
Infecciones ... 235
Bibliografía ... 236

DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DE LAS EXTREMIDADES ... 238

Conceptos generales ... 240
Miembro torácico ... 242
El hombro ... 242
El codo ... 244
El carpo y la mano ... 247
Miembro pelviano y cadera ... 250
La cadera ... 250
La rodilla ... 253
Región del tarso y pie ... 256
Enfermedades óseas del crecimiento ... 259
Osteocondrosis/osteocondritis ... 259
Hallazgos de imagen en osteocondrosis ... 260
Displasia de codo ... 261
Hallazgos de imagen en displasia de codo ... 261
Displasia de cadera ... 264
Características radiográficas ... 264
Necrosis aséptica de la cabeza del fémur (Legg-Calve-Perthes) ... 265
Características radiográficas ... 265
Panosteítis ... 266
Características radiográficas ... 266
Osteodistrofia hipertrófica ... 267
Características radiográficas ... 267
Retención de los cartílagos de crecimiento ... 268
Características radiográficas ... 268
Cierre epifisario prematuro ... 268
Características radiográficas ... 268
Enfermedad articular degenerativa ... 269
Hallazgos de imagen en osteoartrosis ... 270
Fracturas y luxaciones ... 273
Tipos de fracturas ... 273
Evolución del callo de fractura ... 275
Luxaciones ... 276
Mala unión/no unión del callo óseo ... 278
Lesiones óseas agresivas y no agresivas ... 279
Caracterización de las lesiones óseas ... 279
Localización ... 280
Patrón de lisis ... 282
Reacción perióstica ... 282
Reacciones perióstica continuas ... 282
Reacciones perióstica discontinuas ... 282
Zona de transición entre la lesión y el hueso sano ... 284
Alteración de las corticales ... 284
Variación de la imagen radiológica en un corto periodo de tiempo ... 285
Neoplasias óseas frente a osteomielitis ... 285
Bibliografía ... 287

ATLAS VETERINARIO DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN





1

DIAGNÓSTICO POR IMAGEN
TÉCNICAS

Fernando Liste Burillo
Sergio P. Monteagudo Franco
Isidro Mateo Pampliega
Alberto Muñoz González (colaborador)

Radiología 4

Tablas radiográficas sugeridas
para distintas áreas anatómicas 8

Tomografía computerizada 10

Ecografía 12

Resonancia magnética 14

¿Qué método de diagnóstico por imagen emplear? 20

Bibliografía 22

Radiología

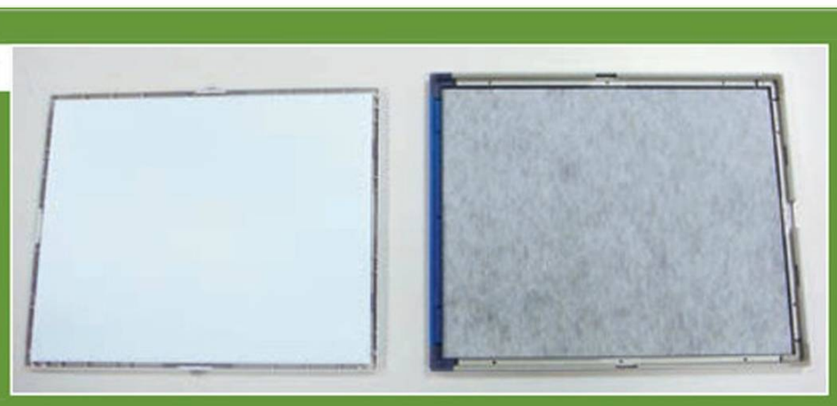
Los rayos X fueron descubiertos por el físico alemán Wilhelm Röentgen en 1896 cuando investigaban las propiedades de los electrones dentro de un tubo de rayos catódicos. Básicamente, su descubrimiento fue posible gracias a la capacidad de penetración de este tipo de radiación en la materia y, por consiguiente, en los tejidos vivos, precisamente la característica que los hace tan útiles desde el punto de vista médico. Los rayos X forman parte del espectro de radiación electromagnética junto a elementos aparentemente tan dispares como las ondas de radio, la luz visible, la radiación gamma o los rayos UVA. Dentro de este espectro, los rayos X se posicionan cualitativamente en las posiciones moderadamente elevadas de la escala energética, superados únicamente por la radiación alfa y beta. Esta alta energía les confiere su capacidad de penetración en los tejidos, que a su vez les dota de una longitud de onda corta comparado con radiaciones menos energéticas. Esta radiación altamente energética produce efectos biológicos al interaccionar con la materia viva que es necesario controlar y moderar sin establecer un compromiso con la intencionalidad final, que no es sino el diagnóstico de las enfermedades. Por ello, se han establecido a lo largo de los años diferentes métodos de protección radiológica frente a estas radiaciones ionizantes de uso médico.

El diagnóstico por imagen en veterinaria consta de diferentes técnicas que utilizan equipamientos cuya base física de generación de imágenes puede resultar bastante distinta.

La filosofía general de trabajo cuando se utilizan rayos X con fines médicos es triple. Por una parte, todas las prácticas que se realizan han de estar justificadas, con un beneficio neto para el individuo (diagnóstico radiológico) o para la sociedad en su conjunto (experimentación animal). En segundo lugar, los equipos emisores de radiación (tubos de rayos X) han de estar optimizados en su técnica para ajustar la calidad diagnóstica óptima a una exposición lo más baja posible. Por último, se han de establecer limitaciones de dosis de la radiación recibida anualmente, bien sea mediante la interposición de barreras (paredes, cristales plomados, delantales, manoplas, collares tiroideos), bien mediante la medición periódica de la exposición

1

2



3

4

recibida por el personal implicado. De entre estos factores, la optimización de la técnica de exposición para la realización de las radiografías es el elemento clave para la consecución de imágenes con calidad diagnóstica. Para ello, es necesario diseñar un método fiable que permita elegir los valores de los tres factores de exposición aplicados a cada caso concreto. En particular, es necesario elegir unos valores de kilovoltaje (kV), miliamperaje (mA) y tiempo de exposición (s) que nos permitan la expresión de la máxima calidad diagnóstica radiográfica.

En este sentido, y para una mejor racionalización de nuestro tiempo de diagnóstico, la existencia de tablas de técnicas de exposición basadas en el espesor de las áreas anatómicas (lo que se denomina habitualmente una **carta o tabla radiográfica**), evita realizar nuevos cálculos cada vez que haya que hacer un estudio radiográfico.

Cada equipo de rayos X necesita su propia carta radiográfica, puesto que existen múltiples factores que no permiten homogeneizar todas las técnicas universalmente. Por ejemplo, la distinta calibración del tubo de rayos X influye en la calidad y cantidad de radiación emitida. Otros factores como el tipo de pantallas intensificadoras, película, distancia foco-placa, presencia o ausencia de parrilla (Potter-Bucky) en la mesa o la temperatura y tiempo de procesado son determinantes en la selección de los parámetros de exposición.

Todas estas variables anteriormente mencionadas deben ser estandarizadas para que la carta radiográfica sea un éxito. En el caso de equipamientos analógicos donde existen distintas pantallas intensificadoras, se han de contemplar las necesidades a la hora de adquirir diferentes chasis y formular una carta radiográfica para cada velocidad de pantalla si queremos evitar errores en la exposición. En los últimos años, la irrupción de la radiología digital en la ciencia veterinaria ha venido a minimizar dichos errores de exposición, ya que la eliminación de los chasis de distinta velocidad, las películas radiográficas clásicas y el proceso de revelado mediante líquidos contribuye a un aumento de la calidad diagnóstica (figs. 1 a 6).

Figura 1. Tubo de rayos X y colimador dispuestos sobre una columna autosustentada.

Figura 2. Chasis radiográfico de tecnología de barrido digital. Obsérvese la ausencia de película radiográfica en su interior.

Figura 3. Sistema de radiología digital indirecta. La procesadora acepta el chasis una vez expuesto y revela la imagen sin necesidad de líquidos de revelado.

Figura 4. Estación de trabajo en un sistema de radiología digital indirecto. Las imágenes obtenidas son susceptibles de manipulación para su optimización diagnóstica.

Figura 5. Monitor monocromo acoplado a la estación de trabajo en un sistema de radiología digital indirecto. Estos monitores presentan tal calidad de imagen que es posible el diagnóstico radiográfico con comodidad sin realizar la impresión de la imagen, sustituyendo así a los antiguos negatoscopios.

Figura 6. Impresora digital de radiografías a partir de la imagen monocromática obtenida. La calidad obtenida por este método es la máxima posible del sistema digital.

5

6

Existen cartas radiográficas de distinta naturaleza en las que los diferentes parámetros pueden variar en función del espesor. Habitualmente, los equipos poseen la capacidad de variar tanto el kV como el mA o el tiempo de exposición.

A fin de obtener imágenes de la máxima calidad diagnóstica, es especialmente recomendable la confección de varias cartas o tablas distintas, considerando las diferentes áreas anatómicas, el uso o no de la parrilla antidifusora y, en el caso de equipamiento analógico, los distintos tipos de velocidad de las pantallas intensificadoras, de acuerdo a las indicaciones que aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Indicaciones técnicas generales para equipos analógicos de rayos X.

	Tórax	Abdomen	Columna vertebral y pelvis	Extremidades y cráneo	Aves y exóticos
Parrilla antidifusora	Sí	Sí	Sí	No	No
Situación del chasis	Bandeja	Bandeja	Bandeja	Mesa	Mesa
Velocidad de las pantallas	Media-alta (100-200 ASA)	Media-alta (100-200 ASA)	Media-alta (100-200 ASA)	Lenta (50-100 ASA)	Lenta o ultralenta (mamografía) (< 50 ASA)

Estas recomendaciones son de carácter general. Por ejemplo, si el espesor a atravesar en una determinada región anatómica de un animal es menor de 10 cm puede prescindirse de la utilización de la parrilla, dada la reducción en radiación dispersa a estas dimensiones, aunque, como ya se ha dicho, será necesaria la elaboración de una carta radiográfica. Como punto de partida en la realización de una carta radiográfica, se acude a la llamada **regla de Santes** para el cálculo aproximado del kV basado en el espesor a atravesar del área de interés.

Número de kilovoltios = 2 x espesor medido en centímetros + distancia en centímetros del foco a la placa x 2,54 + factor de parrilla*

Factor de parrilla*	kV que deben añadirse
5:1	6-8
8:1	8-10
12:1	10-15
16:1	15-20

* El factor de parrilla describe la relación entre la altura de las tiras de plomo de la parrilla y la distancia que existe entre cada una de ellas. Así, si el factor parrilla es 5:1, quiere decir que las laminillas de plomo son 5 veces la altura en longitud respecto de la distancia que existe entre cada laminilla. Cuanto más alto es el factor (8:1, 12:1) más absorbe la radiación dispersa, pero también le es más difícil a la radiación primaria pasar a su través, con lo que habrá que aumentar el número de rayos X emitidos (mAs) en la carta radiográfica conforme aumente el factor de parrilla.

Para obtener una carta de kilovoltaje variable se empieza por radiografiar, por ejemplo, el abdomen de un perro de tamaño medio y se aplica la regla anterior. De esta manera, se obtiene un valor de kV en función de un grosor determinado en el abdomen. En cuanto al miliamperaje, se selecciona el más alto posible que permita el generador del equipo (100, 200, 300, 400 mAs, etc.). El tiempo de exposición debe ser el mínimo posible que permita obtener el producto mAs adecuado en cada caso, de acuerdo con los criterios habituales de protección radiológica (fig. 7).

Figura 7. Detalle de una consola de trabajo en un equipo de radiología que muestra el binomio kilovoltaje (kVp)/ producto miliamperaje x segundo (mAs). Se han optimizando los valores de mA y s por separado minimizando así el tiempo de exposición.

En la página siguiente se incluye una colección de tablas de kilovoltaje variable para mejor comprensión de lo explicado anteriormente. Dichas cartas están concebidas para una distancia entre el foco emisor de rayos X y la película de 96,5 cm en la mesa y 106,7 cm en la parrilla. La parrilla es un Potter-Bucky móvil de cociente 8:1. Asimismo, son válidas para un equipo de radiología digital indirecta sin película radiográfica, por lo que será necesario realizar las correcciones numéricas pertinentes si se pretende realizar los estudios con chasis analógicos con distintas pantallas y emulsiones. Por ejemplo, será necesario reducir en las tablas el binomio mAs a la mitad si consideramos chasis analógicos estándares con velocidades medias o medias-altas (200-400 ASA). También se ha de tener en cuenta que los valores propuestos pueden necesitar algún pequeño ajuste final en función de la condición física (obeso/muy delgado) del animal.

En los últimos años, las ciencias médicas han experimentado un gran desarrollo tecnológico, contribuyendo a la realización de diagnósticos cada vez más precisos y complejos. El diagnóstico por imagen es la especialidad que posiblemente más se aprovecha del paso del tiempo, ya que existe una alta competitividad entre los diferentes mercados tecnológicos, lo que induce una rápida respuesta de una casa comercial frente a otra que introduce un producto nuevo en el mercado. Todo ello contribuye a que el mercado disponga cada vez de mejores equipos para realizar las distintas técnicas de diagnóstico por imagen.

Hoy en día es posible la adquisición de equipos de alta tecnología y resolución para uso veterinario y, de hecho, son de gran utilidad, por lo que en España se encuentran operativos varios equipos de resonancia magnética (RM) y de tomografía computerizada (TC) en hospitales veterinarios.

Tablas radiográficas sugeridas para distintas áreas anatómicas

Tórax > 10 cm (con parrilla)		
Grosor (cm)	kV	mAs
9	68	1,6
10	70	1,6
11	72	1,6
12	79	1,6
13	82	1,6
14	84	1,6
15	86	1,6
16	88	1,6
17	90	1,6
18	92	1,6
19	94	1,6
20	96	1,6
22	98	1,6
24	98	1,6
26	106	1,6
28	110	1,6
30	114	2,0
32	116	2,0
34	120	2,0
36	120	2,0

Abdomen > 10 cm (con parrilla)		
Grosor (cm)	kV	mAs
9	64	6,3
10	68	6,3
11	68	6,3
12	68	8
13	70	8
14	70	8
15	70	8
16	72	10
17	72	10
18	72	10
19	72	10
20	74	10
22	74	10
24	74	10
26	76	12
28	76	12
30	78	12
32	80	12
34	80	16

Tórax < 10 cm (sin parrilla)		
Grosor (cm)	kV	mAs
4	60	1
5	63	1
6	65	1
7	68	1
8	71	1
9	74	1
10	77	1

Abdomen < 10 cm (sin parrilla)		
Grosor (cm)	kV	mAs
4	48	2,5
5	50	2,5
6	52	3,2
7	54	3,2
8	56	3,2
9	58	3,2
10	60	3,2

Huesos > 10 cm (con parrilla) Extremidades, columna vertebral, cadera, cráneo, intraorales		
Grosor (cm)	kV	mAs
10	58	31,5
11	60	31,5
12	62	31,5
13	64	31,5
14	66	31,5
15	68	31,5
16	70	31,5
17	73	31,5
18	76	31,5
19	79	31,5
20	82	31,5

Tejidos blandos del cuello Faringe, laringe, hioides		
Grosor (cm)	kV	mAs
4	53	6,3
5	55	6,3
6	57	6,3
7	59	6,3
8	61	6,3
9	63	6,3
10	65	6,3
11	67	6,3
12	69	6,3

Huesos < 10 cm (sin parrilla) Extremidades, columna vertebral, cadera, cráneo, intraorales		
Grosor (cm)	kV	mAs
1	42	6,3
2	44	6,3
3	46	6,3
4	48	6,3
5	50	6,3
6	52	6,3
7	54	6,3
8	56	6,3
9	58	6,3
10	60	6,3

Tomografía computerizada

La TC fue descubierta a principios de los años 70 por Hounsfield. Los primeros equipos tardaban varios minutos en realizar un estudio completo de un área anatómica. En la actualidad, se han mejorado los tiempos de adquisición y la calidad de las imágenes, obteniéndose en menos de un minuto imágenes de alta calidad de áreas anatómicas extensas.

Un equipo de TC (fig. 8) consta de tres componentes básicos:

1. Carcasa, pórtico o *gantry*: compuesto por un generador, detectores, tubo de rayos X y colimador.
2. Mesa.
3. Ordenador donde se crean las imágenes y se interpretan.

El tubo de rayos X en esta modalidad de diagnóstico por imagen tiene la capacidad de rotar alrededor del eje axial del paciente. Un área de tejido muy pequeña puede ser atravesada por múltiples rayos X que provienen de diferentes direcciones. Los rayos X se envían con una intensidad a través del paciente, son absorbidos por los tejidos en mayor o menor medida dependiendo de las características tisulares, e impactan contra aquellos detectores situados en el lado contrario del tubo de rayos X, donde queda registrada la información para la creación de las imágenes.

Figura 8. Unidad de tomografía axial computerizada de tipo helicoidal. Obsérvese la mesa donde se coloca al paciente (1) y la carcasa o *gantry* (2), la cual contiene el tubo de rayos X.

La base de la interpretación de las imágenes es la misma que en radiología convencional, por lo que los tipos de densidades radiológicas que se pueden reconocer serán las mismas, de mayor a menor radiopacidad: metálica, mineral, tejido blando/fluido, grasa y gas. A diferencia de la radiología convencional, la densidad de los tejidos con la tomografía computerizada puede ser cuantificada mediante el sistema de unidades Hounsfield (UH), que establece por defecto un valor de cero para la densidad radiológica del agua. Las UH, por tanto, son las unidades empleadas para medir la correlación lineal del coeficiente de atenuación en comparación con el del agua, de manera que a mayor UH se observará una mayor radiopacidad en las imágenes. La tabla 2 muestra el valor de UH para las densidades radiológicas más típicas.

Tabla 2. Valores de unidades Hounsfield (UH) para distintas sustancias biológicas y otros elementos.

Material	Unidades Hounsfield
Metal	1.800
Hueso cortical	800
Tejidos blandos/fluido	80
Agua	0
Grasa	- 80
Gas	- 800

Figura 9. Sección transversal del cuello de un perro a nivel de la 4ª vértebra cervical. Obsérvense las 5 densidades radiológicas definidas por su distinto valor Hounsfield: grasa (1), tejido blando/fluido (2), gas (3), metal (4) y hueso cortical (5).

En la figura 9 se muestran ejemplos de las cinco radiodensidades anteriormente mencionadas. Las imágenes obtenidas mediante TC muestran un amplio espectro de grises. Por ello, y para optimizar la visualización de los diferentes tejidos, podemos optar por el uso de diferentes "ventanas de interpretación" que gradúan la escala de grises en función de la zona anatómica que se pretenda visualizar. Así, se dispone de ventanas específicas para mejorar la definición de los tejidos blandos, tejido óseo, encéfalo, hipófisis, mediastino y parénquima pulmonar (tabla 3).

Tabla 3. Valores sugeridos de ajustes de ventana medidos en unidades Hounsfield (UH) para interpretar estudios de tomografía computerizada en distintos tejidos de perro y gato.

Ventana	Anchura de ventana (UH)	Nivel de ventana (UH)
Hueso	400-500	> 1.500
Tejido blando	40-50	400-500
Encéfalo	± 35	150
Hipófisis	80	250
Mediastino	-50	400
Pulmón	-500	1.500

Los equipos actuales poseen tubos de rayos X rotatorios que describen una hélice sobre el eje axial del paciente, disminuyendo notablemente el tiempo del estudio a realizar. Es decir, a medida que el paciente entra en el *gantry* con una velocidad previamente establecida, el tubo de rayos X va girando con otra velocidad también preestablecida alrededor de la mesa sin detenerse. Por tanto, la exposición a la radiación, el movimiento de la mesa y la adquisición de datos ocurren simultáneamente. Esta característica hace posible la obtención de datos volumétricos, que son especialmente útiles para realizar reconstrucciones en tres dimensiones y para obtener imágenes de diferentes planos anatómicos sin tener que repetir el estudio radiológico.

En buena parte de los estudios es necesario administrar contrastes yodados intravenosos, los cuales realzan estructuras vascularizadas y aumentan el contraste de las no vascularizadas. Este contraste yodado se introduce en bolo intravenoso en la vena cefálica, siendo imprescindible la coordinación del paso del contraste y el de la toma de imágenes de la hélice por las áreas de interés. De esta manera, mediante TC se pueden realizar portografías u otro tipo de angiografías, así como discriminar el tejido blando del fluido.

Ecografía

La ecografía se basa físicamente en la emisión de ultrasonidos y, al contrario que la radiología y la tomografía computerizada, no emite ningún tipo de radiación ionizante. Esta propiedad hace que la técnica ecográfica sea absolutamente no invasiva e inocua para los pacientes. Los ultrasonidos son ondas sonoras emitidas a una frecuencia tan alta (entre 2 y 13 MHz) que el oído humano no es capaz de percibirla. El componente exploratorio de un ecógrafo (fig. 10) es la sonda o transductor (figs. 11 y 12), que tiene propiedades duales de transmisión y recepción de las señales sonoras. Las imágenes ecográficas en el monitor presentan un aspecto de sector circular o de rectángulo, dependiendo de la sonda utilizada en cada caso (sectorial o lineal). Por otra parte, los ultrasonidos son emitidos en un haz de unos 2 mm de grosor en forma secuencial por pulsos muy rápidos. Por ello, la imagen está activa constantemente en tiempo real y va cambiando a la vez que el transductor se desplaza, se angula o se gira a lo largo de la superficie de examen. La estrechez del haz ultrasónico hace que un pequeñísimo movimiento del transductor genere un cambio en la imagen ecográfica con gran precisión.

Figura 10. Ecógrafo de alta resolución de tipo multimodal: B, M, M anatómico, imagen armónica, Doppler color, Power Doppler direccional, Doppler pulsado y continuo, imagen de contraste ecográfico y 3D/4D.

Los ultrasonidos son generados mediante la deformación por fases de los cristales piezoeléctricos que se sitúan detrás de la superficie de transducción engomada que se aplica en el paciente. Los ultrasonidos atraviesan los tejidos y van atenuándose progresivamente a medida que aumenta su profundidad. Las ondas sonoras experimentan diferentes alteraciones en función de su interacción con la materia. La **reflexión** de ultrasonidos genera el "eco", el cual regresa de vuelta hacia el transductor. Esta señal sonora que regresa a la sonda es posteriormente transformada y representada en el monitor de observación como un punto más o menos brillante en función de la intensidad del "eco", y acorde con una escala de profundidad a la cual ha sido generado. El conjunto de todos estos puntos de diferentes intensidades sonoras –**ecogenicidades**– conforman un mapa de grises susceptible de interpretación en una imagen. La ecogenicidad es una característica inherente a un determinado órgano, que viene determinada por la composición del parénquima del órgano y los controles de ganancia acústica del equipo.

Figura 11. Transductor electrónico de tipo sectorial multifrecuencia (5-8 MHz). Nótese la imagen con forma de sector circular que se obtiene en esta hembra con una edad gestacional de 22 días. Se observan 3 vesículas embrionarias de aspecto redondeado.

Figura 12. Transductor electrónico de tipo lineal multifrecuencia (8-11 MHz). Nótese la superior resolución en esta imagen de corte rectangular en comparación con la figura 11. Imagen obtenida a partir del abdomen craneodorsal izquierdo de un animal con vómitos desde hace 15 días. En la imagen se observa el fundus gástrico lleno de líquido e ingesta sólida, presentando un engrosamiento parietal (9 mm) sin alteración del patrón multicapa compatible con gastritis.

La **impedancia acústica o número Z** es una propiedad de la materia definida por el producto de su densidad y la velocidad del sonido en ese material, e influye enormemente en la propagación de los ultrasonidos de un medio a otro. En concreto, materiales de muy distintas impedancias acústicas entre sí no presentan interfases acústicas agradables para el paso de los ultrasonidos. En este sentido, tanto el aire como el tejido óseo se destacan alejándose de la media de Z en los tejidos orgánicos, por lo que una interfase acústica que presente uno de estos dos elementos no va propagar los ultrasonidos de manera adecuada, obteniéndose imágenes de pobre o nula calidad diagnóstica. Un ejemplo típico de ello es la interfase entre el diafragma y el pulmón o la establecida en cualquier área con tejido óseo. La tabla 4 muestra los valores de impedancia acústica para los distintos tejidos orgánicos y sustancias biológicas.

En cuanto a la ecogenicidad se refiere, este concepto se define como la capacidad intrínseca de un tejido determinado de generar una señal acústica reflectante hacia el transductor, siempre y cuando existan unas condiciones de transmisión adecuadas (interfases acústicas con números Z similares). Los términos "ecógeno" y "ecoico", con sus respectivos prefijos iso-, hiper- e hipo- van a verse utilizados indistintamente a lo largo del texto dada su sinonimia. En un mismo individuo, al comparar relativamente en los distintos órganos las ecogenicidades (hígado frente a bazo, por ejemplo), éstas van a mantenerse siempre constantes en condiciones fisiológicas de normalidad tisular. Por ello, una variación difusa o focal de la ecogenicidad en un determinado órgano va a poder detectarse de manera precisa (tabla 5).

Tabla 4. Valores de impedancia acústica (Z = x 10^6 kg/m^2) en los distintos tejidos orgánicos y sustancias biológicas.

Sustancia/tipo de tejido	Impedancia acústica (Z)
Aire	+/- 0,00
Grasa	1,40
Agua	1,55
Encéfalo	1,58
Sangre	1,60
Riñón	1,62
Hígado	1,65
Músculo	1,70
Cristalino	1,84
Tejido óseo	7,8

Obsérvese que el aire y el hueso no permiten vehicular adecuadamente los ultrasonidos y, por tanto, obtener una imagen adecuada, al presentar números Z netamente distintos del resto de tejidos blandos.

Tabla 5. Rango de ecogenicidades crecientes en los diferentes tejidos biológicos y sustancias orgánicas.

Ecogenicidad	Tejidos orgánicos y sustancias biológicas
Anecógeno/anecoico	Fluidos (bilis, orina, sangre, exudado, trasudado, pus)
Hipoecógeno/hipoecoico	Tejido muscular Parénquima renal Mucosa intestinal
Moderadamente ecógeno/ecoico	Parénquima hepático
Hiperecógeno/hiperecoico	Bazo Grasa Próstata Pelvis renal Paredes vasculares Gas Interfases orgánicas (cápsulas fibrosas) Tejido óseo/mineralización

Resonancia magnética

La utilización de la resonancia magnética (RM) como método diagnóstico en medicina veterinaria ha ido en aumento durante la última década, especialmente en el diagnóstico de enfermedades de carácter neurológico y ortopédico. Esta técnica permite obtener planos tomográficos (cortes o lonchas) de cualquier estructura anatómica en todas las direcciones del espacio. Presenta una resolución de contraste muy alta, lo que hace que sea capaz de distinguir tejidos que tienen diferentes composiciones en agua (sustrato común de la mayor parte de las patologías) con mucha mayor precisión que cualquier otra técnica de diagnóstico por imagen.

La característica que diferencia a la RM de otras pruebas de diagnóstico por imagen es que utiliza las propiedades de los átomos de hidrógeno presentes en el organismo sin la necesidad de utilizar radiación ionizante. A diferencia de la tomografía computerizada (TC), que se basa en la atenuación de las radiaciones ionizantes en su paso a través de los tejidos, en la RM lo que se evalúa es la emisión de energía por parte de los protones de hidrógeno (los átomos magnetizables más ubicuos de los tejidos biológicos) que son sometidos a un pulso de radiofrecuencia (RF) en un campo magnético. Dicho de otra manera, la RM se basa en la propiedad de los protones de hidrógeno que, introducidos en un potente campo magnético, pueden absorber energía de ondas de RF y posteriormente emitirla. Para que esta captación de energía se produzca debe ser emitida a la frecuencia de resonancia de los átomos de hidrógeno (precesión). Esta emisión de energía es captada por las antenas y se utiliza para formar la imagen (figs. 13 a 15).

13

14

15

Figura 13. Paciente anestesiado en el interior de la resonancia magnética y colocado sobre una antena de columna (de superficie).

Figura 14. Sala de control, localizada en el exterior de la caja de Faraday.

Figura 15. Diferentes tipos de antenas. A la izquierda se observa una antena de cráneo; en el centro y a la derecha de la imagen se observan dos antenas de superficie.

Principios básicos de la RM

Todos los átomos o núcleos que tienen un número impar de protones, neutrones o ambos poseen un movimiento alrededor de su eje denominado espín. Sabemos, además, que cuando una carga positiva gira sobre sí misma se comporta como un dipolo magnético, que da lugar a la formación de un momento magnético. El átomo que posee mayor momento magnético es el de hidrógeno, que consta de un solo protón y es el elemento más abundante del organismo (la forma más frecuente de encontrarlo es ligado al agua de los tejidos). Estas características hacen que sea el más indicado para ser utilizado como fuente de emisión/recogida de energía en la RM.

En condiciones normales todos los dipolos magnéticos de hidrógeno están orientados de manera aleatoria, de tal manera que todos se anulan entre sí, pero cuando sometemos a estos protones a la acción de un campo magnético, estos dipolos se alinean con el mismo, ya sea en sentido paralelo o antiparalelo. Sin embargo, existe un pequeño predominio neto de protones de baja energía (paralelos al campo magnético) y esto hace que se cree un vector de magnetización neto. Cuanto mayor es el campo magnético al que se someten los protones mayor es la diferencia entre protones orientados en sentido paralelo frente a los que están en sentido antiparalelo y, por tanto, el vector de magnetización neta será mayor. Este es el motivo por el cual la señal de resonancia es mayor en presencia de campos magnéticos más intensos.

Precesión es el movimiento de giro de los protones alrededor del campo magnético principal (B_0 o vector de magnetización longitudinal) en un movimiento similar al de una peonza. En un campo magnético uniforme y homogéneo todos los protones precesan con la misma frecuencia, pero presentan diferente fase (están dispuestos de manera aleatoria anulándose unos con otros) y, por tanto, presentan un vector de magnetización transversal (u horizontal) de cero.

Si en este estado aplicamos un pulso de RF (similar a las ondas de radio), el vector de magnetización neto puede orientarse fuera del plano original longitudinal hacia un plano transversal. Para que los protones puedan absorber la energía del pulso de RF éste debe ser aplicado coherentemente, siguiendo la ley de Larmor, inclinándolo respecto del vector longitudinal lo que deseemos, por ejemplo 90º y anulando, en consecuencia, el vector longitudinal.

Este pulso de RF proporciona coherencia a la muestra de protones, que comienzan a precesar en fase, momento en el cual el vector de magnetización es máximo. Al cesar el pulso de RF los protones devuelven la energía recibida, fenómeno conocido como **resonancia** (resuenan como los diapasones mecánicos a los que se les ha aportado energía ondulatoria por la vibración de otro diapasón de la misma frecuencia).

Una vez se termina de aplicar el pulso de RF los protones tienden a volver a su estado natural de equilibrio, devolviendo la energía absorbida. De esta manera:

- Se recupera el vector de magnetización longitudinal, proceso conocido como **relajación longitudinal o relajación T1**. Algunos lo hacen de una manera muy rápida (como la grasa) y, por

tanto, en las secuencias potenciadas en T1 se ven brillantes. Otros lo hacen de manera más lenta (como el agua) y se aprecian con poca señal (oscuros) en las secuencias potenciadas en T1. Por ejemplo, en el cerebro la sustancia gris, por su mayor contenido en agua, tiene un T1 más largo que la sustancia blanca y, por tanto, se observa hipointensa respecto a ésta (fig. 16).

- Otro efecto del cese del pulso de RF es que los protones que están en fase comienzan a desfasarse hasta que vuelven a tener un vector de magnetización transversal igual a cero. A esta pérdida de magnetización transversal se la conoce como **relajación transversal o tiempo de relajación T2** (fig. 17). Aquellos tejidos que tengan una relajación transversal lenta darán lugar a una intensidad mayor en las secuencias potenciadas en T2.

  El T1 de un tejido (medido en milisegundos) es del orden de 10 veces mayor que el T2.

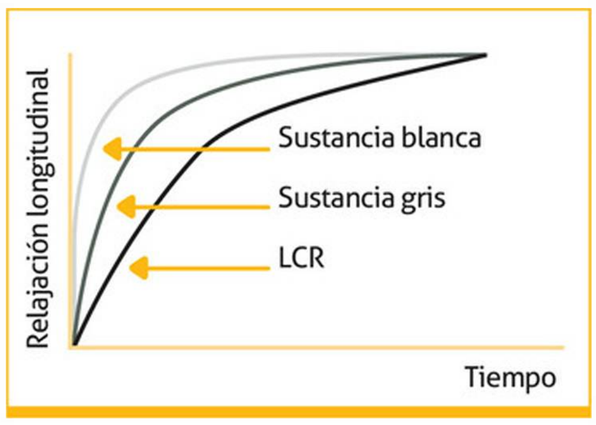


Figura 16. Relajación longitudinal o T1 variable en cada tipo de tejido.

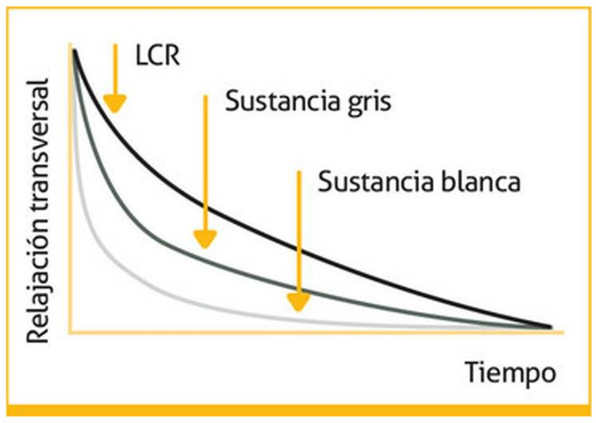


Figura 17. Relajación transversal o T2 variable en cada tipo de tejido.

Cuando el vector de magnetización transversal se reduce, la corriente recogida en la bobina receptora disminuye hasta desaparecer. A esta disminución en la señal eléctrica se la denomina caída de la inducción libre. La relajación transversal se produce por varios efectos, de los cuales los más importantes son las interacciones de los propios protones o interacciones espín-espín (específicas de cada tejido) y las heterogeneidades del campo magnético (ya sea por defecto en el propio imán o por el efecto de algunos compuestos sobre el campo magnético), denominadas genéricamente alteraciones en la susceptibilidad magnética. A esta caída de inducción libre se le llama T2*, y si se elimina el efecto de las heterogeneidades del campo se le denomina T2, ya que sólo intervienen las interacciones espín-espín. El efecto de estas heterogeneidades lo podemos compensar aplicando un segundo pulso de RF con el doble de energía del primero, una vez se han desfasado todos los protones, para que éstos roten en sentido contrario, de tal manera que en lugar de seguir desfasándose vuelven a entrar en fase, generando una nueva señal que se denomina **eco**. La producción de estos ecos es la base de las secuencias espín-eco.

El tiempo que transcurre desde el pulso inicial de 90º y la recepción del eco se denomina **tiempo de eco o TE**, mientras que el tiempo que transcurre desde un pulso de RF de 90º hasta el siguiente, se denomina **tiempo de repetición o TR**.

Potenciación o ponderación de la imagen: secuencias ponderadas en T1 y T2

Para poder aprovechar los efectos de los dos principales tiempos de relajación (T1 y T2) utilizamos secuencias que potencian o ponderan estos efectos. Así, existen secuencias donde se aprecia la señal de los tejidos por su T1, T2, ambos o ninguno. Esto lo conseguimos modificando los parámetros TR y TE.

Si se consideran las curvas de relajación longitudinal de los diferentes tejidos, se puede observar cómo las diferencias en su relajación T1 son mayores cuando existe un TR corto.

Por tanto, cuando utilizamos secuencias con un TR corto estaremos potenciándolas en T1. Por otro lado, si consideramos el TE veremos que si se emplean TE largos se maximiza el contraste en T2, mientras que con TE cortos el contraste entre tejidos es mínimo (ya que todos los tejidos parten de la misma base máxima de magnetización transversa). Puesto que ambos procesos (relajación T1 y T2) se producen de manera simultánea, debe utilizarse una combinación de TR y TE que se ajuste al contraste deseado, y así potenciar las imágenes en T1 o T2.

Si se quiere potenciar una imagen en T1 debe tenerse un TR corto (diferencia en relajación T1 máxima) y un TE también corto (relajación T2 mínimo). Si, por el contrario, se necesita potenciar la imagen en T2 deben aplicarse secuencias con TR y TE largos.

Otra opción consiste en hacer secuencias con poco contraste T1 y T2, de tal manera que estaremos considerando fundamentalmente la cantidad de protones del tejido, y no los tiempos de relajación que sufren. Esto se conoce como **densidad protónica** y se consigue con TR largos y TE cortos (fig. 18).

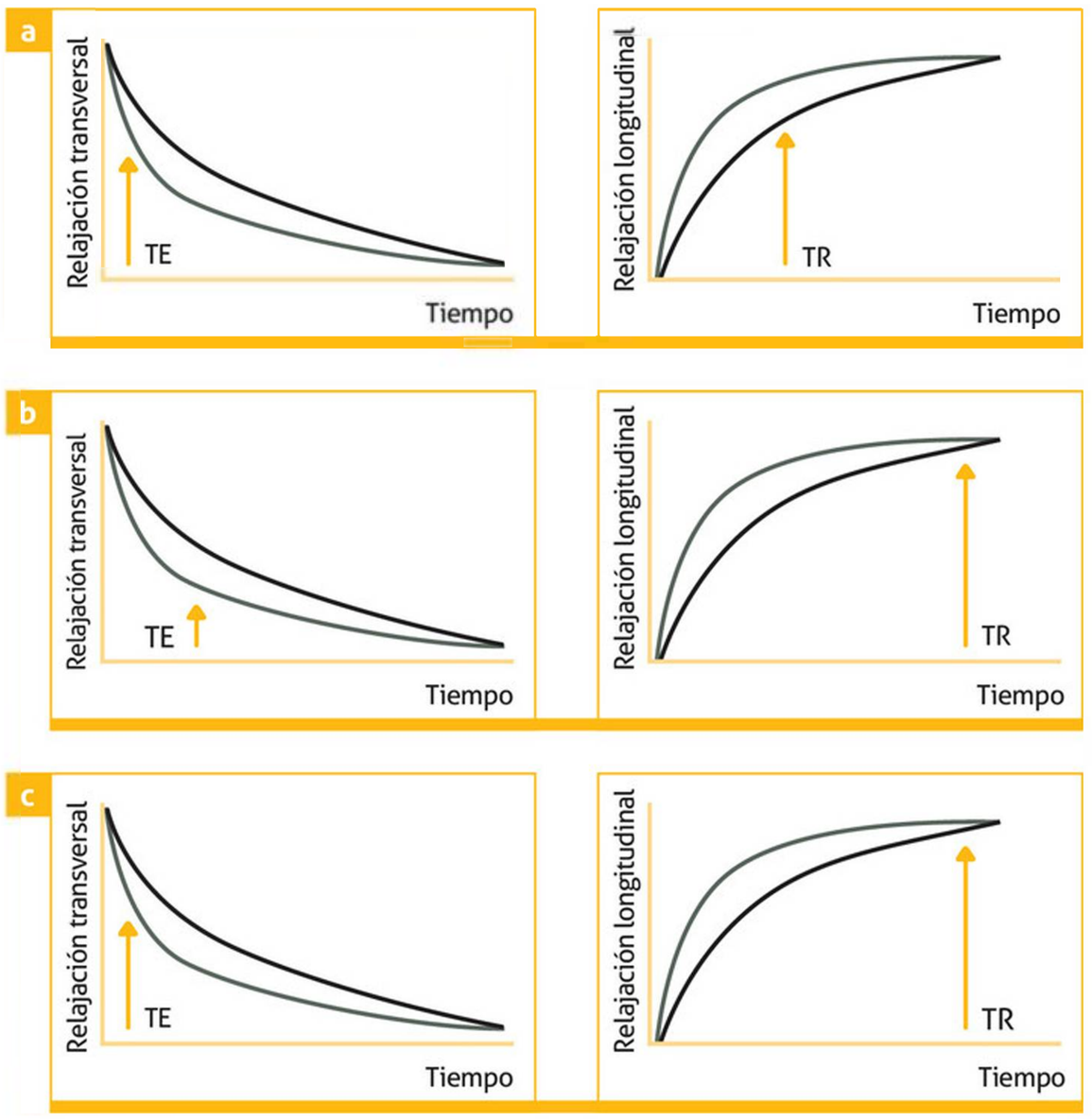


Figura 18.

(a) Parámetros utilizados para potenciar la imagen en T1: TE corto (mínimo efecto T2) y TR corto (máximo efecto T1).

b) Parámetros utilizados para potenciar la imagen en T2: TE largo (máximo efecto T2) y TR largo (mínimo efecto T1).

(c) Parámetros utilizados para potenciar la imagen en densidad protónica: TE corto (mínimo efecto T2) y TR largo (mínimo efecto T1).

Secuencias de inversión-recuperación

Son utilizadas para eliminar la señal de algunos tejidos. Se caracterizan por aplicar un pulso inicial de 180º que produce una inversión inicial de la magnetización longitudinal, que se recuperará a diferentes velocidades en función del tejido de que se trate. Cuando la magnetización

longitudinal del tejido del que deseamos eliminar la señal llega a 0 aplicamos un pulso de 90º, que producirá un vector de magnetización transversal en todos los tejidos salvo en el que tiene magnetización 0, que, por tanto, no contribuirá a la formación de la imagen. El tiempo transcurrido entre el pulso inicial de 180º y el pulso posterior de 90º se denomina **tiempo de inversión** (TI).

Si el tiempo de inversión es corto permitirá anular la señal de los tejidos que tengan un T1 corto (como la grasa). A esta secuencia se la conoce como **STIR** (*short-tau inversion recovery*).

Cuando aplicamos un TI largo se anula la señal de tejido con un T1 largo (como el agua libre), y por eso conocemos a estas secuencias como **FLAIR** (*fluid attenuated inversion recovery*).

En la figura 19 se muestran las diferencias de intensidad en distintos tejidos eligiendo una sección dorsal del cráneo como modelo. Asimismo, la tabla 6 ilustra esquemáticamente las diferentes intensidades de los tejidos y sustancias biológicas de acuerdo a la secuencia elegida.

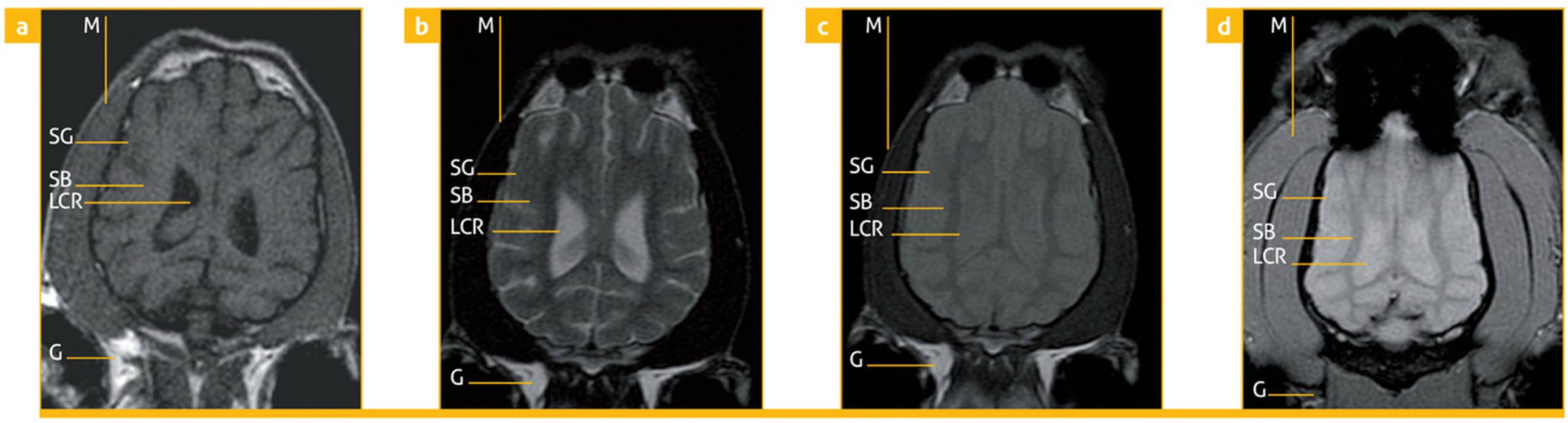


Figura 19. Imágenes de resonancia magnética correspondientes a secciones dorsales de cerebro de perro ponderadas en T1 (a), T2 (b), densidad protónica (c) y gradiente eco (T2*) (d). Obsérvese la diferencia en la intensidad de señal de los diferentes tejidos en función de la secuencia utilizada. SG: sustancia gris, SB: sustancia blanca, LCR: liquido cefalorraquídeo, M: músculo, G: grasa.

Tabla 6. Intensidad de señal de diferentes tejidos y sensibilidad y resolución en las tres secuencias principales utilizadas para el estudio de lesiones intracraneales.

	T1	T2	FLAIR
Agua (en cavidades)	↓	↑	↓
Edema (agua libre)	↓	↑	↑
Sustancia gris	↑↓	↑↓	↑↑↓
Sustancia blanca	↑	↓	↑↓↓
Calcio	↑↓	↓	↓
Grasa	↑↑	↑	↑
Sensibilidad	↓	↑	↑↑
Resolución	↑↑	↑	↓

Es importante recordar que cuando evaluamos una resonancia se deben comparar las distintas secuencias, y nunca dar un diagnóstico en función de una única imagen visible, ya que

tejidos muy diferentes entre sí pueden tener la misma señal. Por ejemplo, la grasa es hiperintensa en secuencias T2, pero también lo es el líquido cefalorraquídeo, por lo que no podremos diferenciar estos dos elementos. En cambio, al observar una secuencia T1 veremos que el componente graso sigue siendo hiperintenso mientras que el líquido cefalorraquídeo presenta una hipointensidad marcada.

Formación de la imagen

Una vez que se consigue la señal de la RM, potenciada de la manera adecuada, se debe convertir en una imagen. Cuando se realiza un estudio de RM en una zona anatómica, tenemos que diferenciar y discriminar la señal procedente de cada parte mínima del tejido (vóxel) para poder realizar una imagen (planar) donde se diferencie lo que está encima de lo de debajo, lo que está a la izquierda de la derecha, y así sucesivamente. Técnicamente se consigue mediante la pequeña excitación diferencial de RF con bobinas de gradiente.

Estas bobinas de gradiente hacen que el campo magnético principal varíe en función de la posición consiguiendo, por tanto, que la frecuencia de precesión de los protones varíe de manera asociada al cambio en este campo magnético. Cuando aplicamos un pulso de RF sólo las regiones del organismo situadas en la zona del campo magnético que está precesando a la velocidad adecuada podrán absorber la energía y, por tanto, serán las únicas zonas que emitirán señal. La variación de los gradientes a lo largo de los tres planos del espacio hace posible la localización diferencial de cada vóxel o volumen de interés.

Una vez localizado el punto de procedencia de la señal se debe convertir la misma en una escala de grises, y así producir una imagen. Esta conversión se realiza mediante un complejo proceso matemático denominado transformación de Fourier.

Consideraciones especiales

Para realizar los estudios de resonancia magnética requerimos una inmovilidad completa del paciente; esto hace que en medicina veterinaria éstos deban estar siempre anestesiados. Debemos recordar que al tratarse de un imán no es posible acercar elementos ferromagnéticos al mismo, ya que serían atraídos por él. Por ello, la monitorización del paciente requerirá un equipamiento especialmente diseñado para ser utilizado en resonancia magnética. Cualquier elemento ferromagnético en el paciente (como el microchip de identificación) generará una distorsión de la imagen de las zonas adyacentes al mismo.

Los pacientes deben ser posicionados lo más rectos posible en la mesa de examen para evitar la angulación que puede dificultar la interpretación de las imágenes obtenidas. Además, se debe adaptar la posición del paciente a las antenas disponibles, intentando que la antena se ajuste lo mas posible a la región que deseemos examinar, para así reducir el ratio señal:ruido.

¿Qué método de diagnóstico por imagen emplear?

De la elección de la técnica adecuada dependerá en gran medida el éxito a la hora de realizar un diagnóstico. Por tanto, y para una elección adecuada de la misma, deberemos plantearnos varias cuestiones:

1. ¿Qué región o sistema queremos visualizar?
2. ¿Cuál es la causa que nos hace pedir una prueba de diagnóstico por imagen?
3. ¿Qué urgencia tengo en obtener los resultados?
4. ¿Es posible la realización de una sedación o anestesia en nuestro paciente?
5. ¿Cuáles son las posibilidades económicas de nuestros clientes?

- **La radiología convencional** proporciona información básica para el diagnóstico de muchas patologías. Es una prueba que se puede realizar en prácticamente cualquier centro y es económica, permitiendo la obtención rápida de imágenes. El hecho de contar con otras técnicas más modernas no debe hacernos olvidar que se trata de una herramienta que nos permite llegar a un diagnóstico en una gran cantidad de ocasiones. En general, y en una primera aproximación diagnóstica, la radiología convencional será quizá la primera técnica disponible por los factores mencionados anteriormente. La inspección radiológica del organismo ofrece una perspectiva panorámica inmediata en la mayoría de las regiones anatómicas bajo estudio, excluyendo el sistema nervioso central y las partes blandas del cráneo. Sin embargo, la radiología presenta limitaciones de investigación interna en los tejidos blandos en general, donde únicamente se muestran las variaciones de tamaño, forma y densidad radiográfica de los órganos, no siendo útil para la evaluación de cambios intraparenquimatosos.

- En este sentido, la **ecografía** es la técnica de elección para la inspección de los órganos abdominales en una primera aproximación diagnóstica, en tanto en cuanto accede al interior de los parénquimas evaluando su textura, homogeneidad y ecogenicidad relativas, incluyendo los fluidos. No menos importante es que la ecografía es una herramienta útil en la obtención de muestras de tejidos blandos, sirviendo de guía visual para incidir de manera precisa y exclusiva en la porción afectada de un órgano y no en el tejido sano. No obstante, los ultrasonidos, que se vehiculan sin problemas a través de los fluidos y tejidos blandos, son incapaces de transmitirse adecuadamente cuando existe gas o elementos sólidos como el tejido óseo. Por tanto, la ecografía presenta limitaciones en la inspección del pulmón y el tejido óseo. A su vez, la ecografía, gracias a la detección de los flujos vasculares mediante las distintas técnicas Doppler, es capaz de realizar evaluaciones orgánicas funcionales en el corazón, el riñón o el hígado, así como en numerosos territorios vasculares. Recientemente, se está asistiendo a un gran desarrollo de las aplicaciones de los ultrasonidos en el examen de los tendones, músculos y articulaciones en la clínica de los pequeños animales. La ecografia es una prueba económica, rápida, no invasiva y relativamente accesible, la cual generalmente no requiere sedación o anestesia del paciente.

- En general, hablando en sentido estricto e independientemente de factores económicos y salvo ciertas excepciones, **la RM** es la técnica de elección a la hora de visualizar patologías que afectan al tejido blando del esplacnocráneo, la médula espinal, los nervios, músculos, tendones y ligamentos. Por su parte, **la TC** permite una visualización óptima de las estructuras óseas y de aquellas otras que contengan aire, como el pulmón. Por ello, tiene especial interés en la evaluación del sistema musculoesquelético (investigación de la extensión anatómica de lesiones infiltrativas) y del tórax (observación espacial de lesiones, identificación de metástasis pulmonares radiológicamente dudosas, etc). Asimismo, la evaluación tomográfica del abdomen se plantea como método complementario de la ecografía en la investigación de anomalías vasculares utilizando medios de contraste (*shunt* portosistémicos), así como para la evaluación de las masas abdominales, permitiendo establecer en muchas ocasiones los límites anatómicos de la masa con más precisión que la ecografía y su posible asociación a estructuras vitales que harían fracasar el plan quirúrgico previamente establecido.

Las tablas 7 y 8 ilustran la utilidad diagnóstica comparada de los diferentes métodos de imagen en la investigación de patologías en los tejidos biológicos del organismo, así como su valoración económica relativa.

Tabla 7. Comparación semicuantitativa de la utilidad diagnóstica en las distintas técnicas de imagen en medicina veterinaria.

Área objeto de estudio	Radiología	Ecografía	Tomografía computerizada	Resonancia magnética
Encéfalo	0	0	1	3
Médula espinal	2	0	2	3
Tejido óseo y muscular	2	1	3	1
Vías respiratorias	2	1	3	1
Corazón	2	3	2	1
Ligamentos y tendones	1	2	1	3
Abdomen	2	3	2	2
Ojo	0	3	0	1

Indicadores: 0 (sin utilidad o utilidad anecdótica), 1 (escasa utilidad), 2 (gran utilidad), 3 (técnica de elección).

Tabla 8. Valoración económica semicuantitativa de las distintas técnicas de diagnóstico por imagen en medicina veterinaria.

Variables económicas	Radiología	Ecografía	Tomografía computerizada	Resonancia magnética
Coste de compra	1	2	3	4
Mantenimiento de equipos	2	1	3	4
Rapidez en la obtención de imágenes	4	3	2	1
Necesidad de anestesia	1	1	3	4

Indicadores: de 1 a 4 según necesidad creciente para cada variable.

Bibliografía

BUSHBERG, J.T., SEIBERT, J.A., LEIDHOLDT, E.M. JR., BOONE, J.M. *The Essential Physics of Medical Imaging* 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

CURRY, T.S., DOWDEY, J.E., MURRY, R.E. *Christensen's Physics of Diagnostic Radiology* 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 1990.

ELLIOTT, I., SKERRITT, G. *Handbook of Small Animal MRI*. Wiley-Blackwell, 2010.

GAVIN, P.R., BAGLEY, R.S. *Practical Small Animal MRI*. Wiley-Blackwell, 2009.

HELMS, C.A., BRANT, W.E. *Fundamentals of Diagnostic Radiology*. Lippincott Williams & Wilkins, 2006.

HENDRICK, R.E. The AAPM/RSNA physics tutorial for residents. Basic physics of MR imaging: an introduction. *Radiographics*, 1994; 14:829-46.

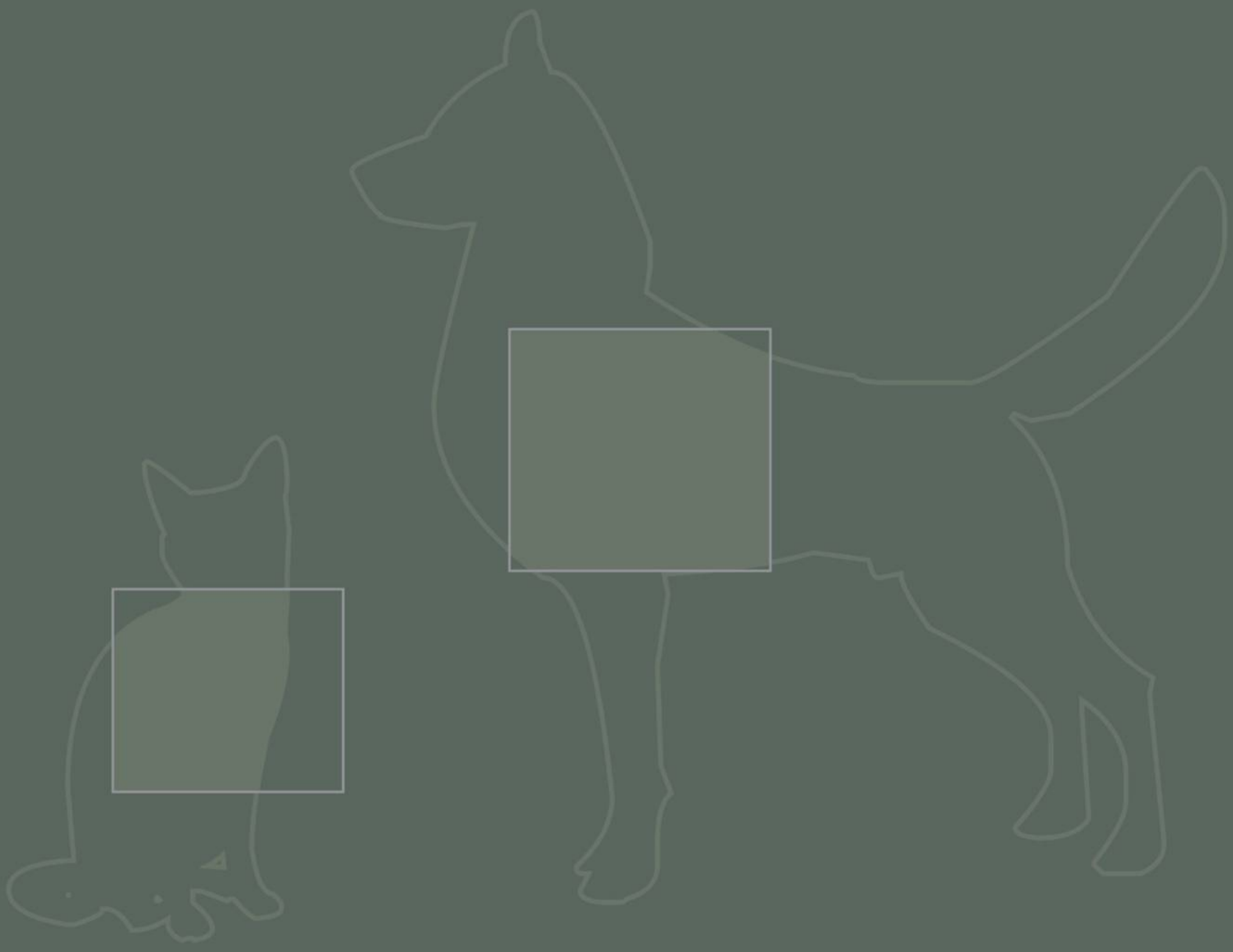
POOLEY, R.A. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: fundamental physics of MR imaging. *Radiographics*, 2005; 25:1087–99.

THRALL, D.E. *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. Saunders Elsevier, 2007.

TIDWELL, A.S., JONES, J.C. Advanced imaging concepts: a pictorial glossary of CT and MRI technology. *Clin Tech Small Anim Pract*, 1999; 14:65–111.

2 DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DEL TÓRAX

Fernando Liste Burillo



Anatomía radiográfica y aproximación diagnóstica 26

Anatomía radiográfica del corazón 27

Campo pulmonar y espacio pleural 40

Mediastino 42

Diafragma 44

Estructuras esqueléticas torácicas y abdomen craneal 46

Anatomía tomográfica del tórax 46

Cardiomegalia 50

Patrones pulmonares 55

Ecografía torácica no cardiaca 68

Tomografía computerizada del pulmón 69

Alteraciones del espacio pleural 71

Alteraciones del mediastino 74

Alteraciones esofágicas 78

Alteraciones del diafragma 81

Bibliografía 86

Anatomía radiográfica y aproximación diagnóstica

La evaluación radiográfica del tórax se presta a varios criterios de lectura para establecer un diagnóstico a partir de la imagen observada. Uno de los métodos empleados para la interpretación de la imagen consiste en realizar una evaluación progresivamente **centrífuga** de las estructuras representadas, de manera que se empieza fijando la atención en el centro de la imagen para después ir alejándose en círculos concéntricos cada vez más grandes (fig. 1).

Otro método refleja la teoría **compartimental** (figs. 2 y 3), por la cuál el tórax estaría dividido en siete partes diferentes para examinar:

1. Corazón y estructuras vasculares.
2. Parénquima pulmonar y árbol traqueobronquial.
3. Espacio pleural.
4. Mediastino.
5. Diafragma.
6. Estructuras esqueléticas torácicas.
7. Abdomen craneal visible.

En este caso, se sigue una sistemática completa en la interpretación de la imagen, de manera que ninguno de los compartimentos queda sin evaluar.

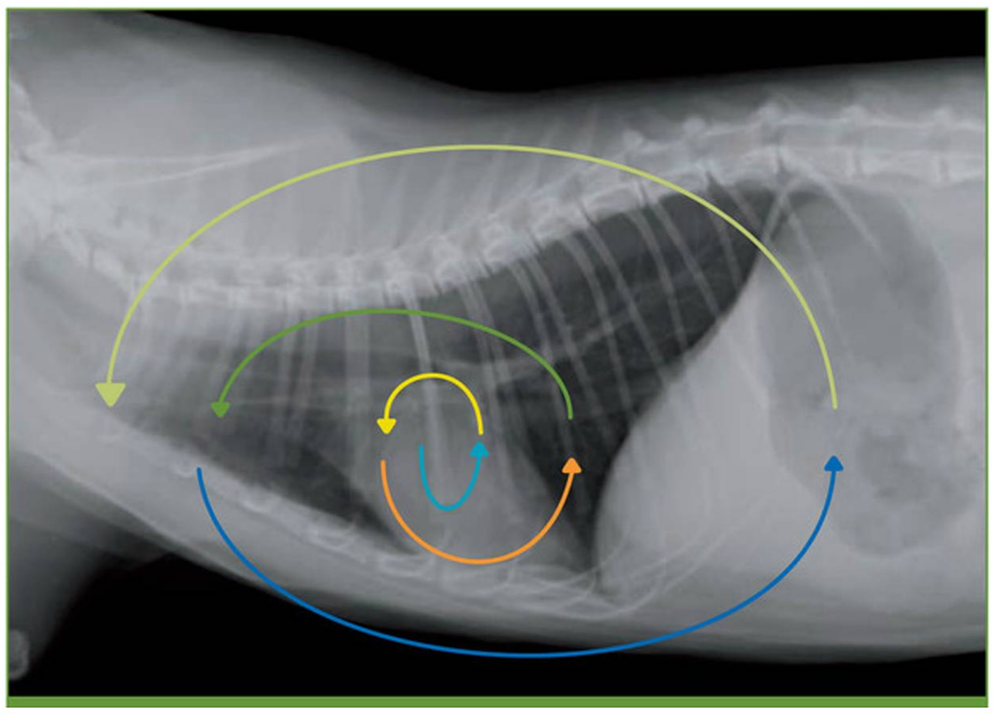


Figura 1. Radiografía lateral de tórax en un gato sano en el que se representa esquemáticamente el criterio "centrífugo" de interpretación radiológica, por el que se intenta asegurar la evaluación diagnóstica de toda la superficie de la radiografía.

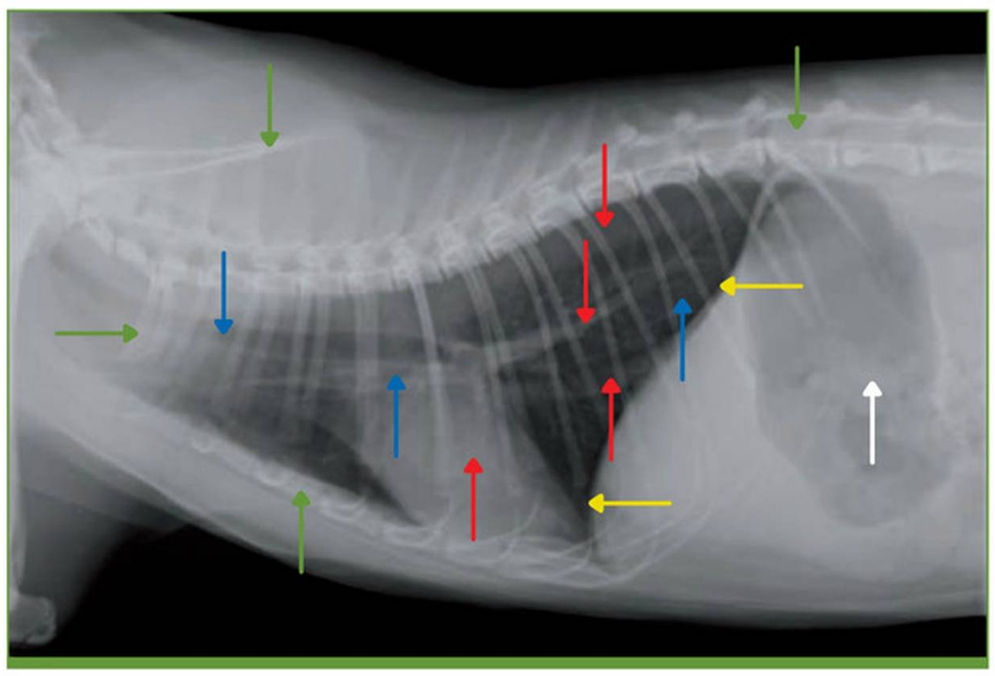


Figura 2. Radiografía lateral de tórax en un gato sano en el que se indican 5 de los 7 compartimentos anatómicos necesarios para una sistemática y correcta interpretación radiológica. Las flechas señalan el corazón y las estructuras vasculares (en rojo), el parénquima pulmonar y el árbol respiratorio (en azul), el diafragma (en amarillo), los huesos paratorácicos (en verde) y al abdomen craneal visible (en blanco).

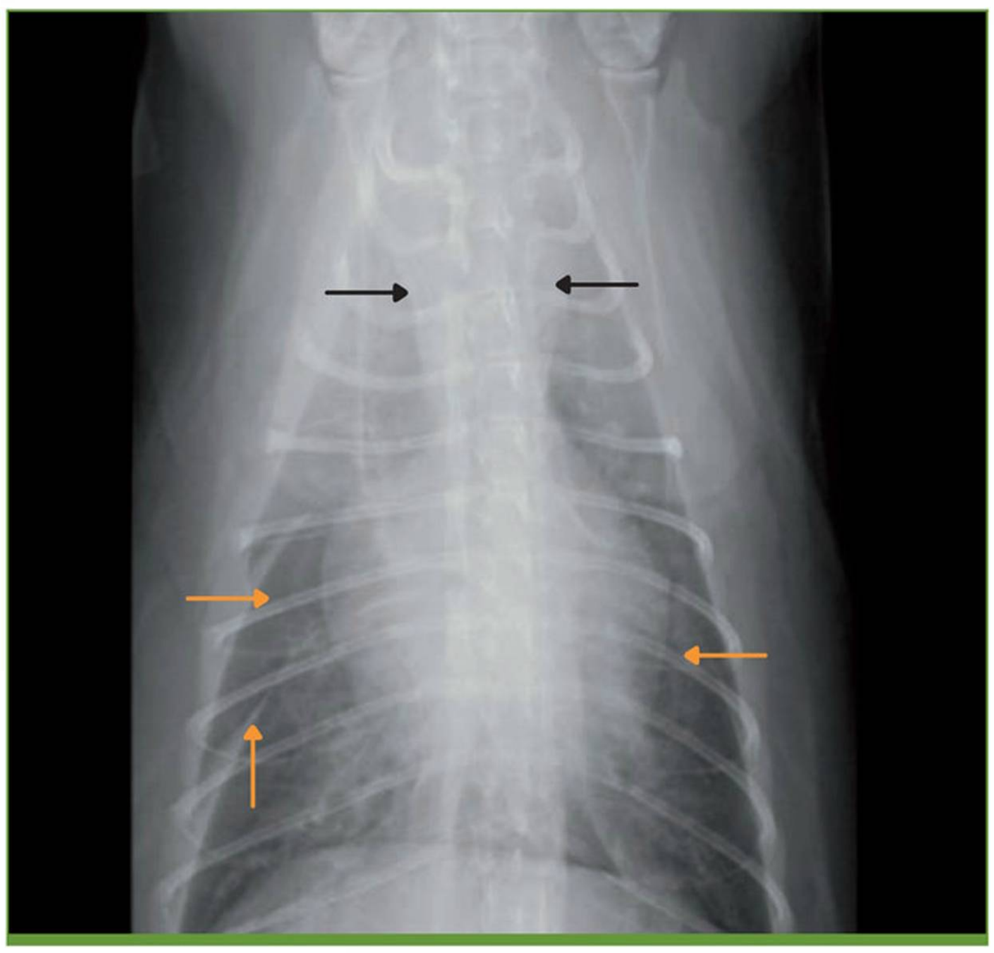


Figura 3. Radiografía ventrodorsal de tórax en un gato con edema pulmonar y efusión pleural en el que se indican 2 de los 7 compartimentos anatómicos necesarios para una sistemática y correcta interpretación radiológica. Las flechas señalan un volumen moderado de fluido torácico libre separando los lóbulos pulmonares en el espacio pleural (en naranja) y en el mediastino craneal (en negro).

Anatomía radiográfica del corazón

La silueta cardiaca presenta una morfología ligeramente distinta en los animales dependiendo de varios factores. Entre ellos, el factor racial es muy importante en la especie canina. Por ejemplo, y si observamos las figuras 4 a 7, el corazón tiende a disponerse más perpendicularmente al suelo de acuerdo con la profundidad vertical de la caja torácica en cuestión.

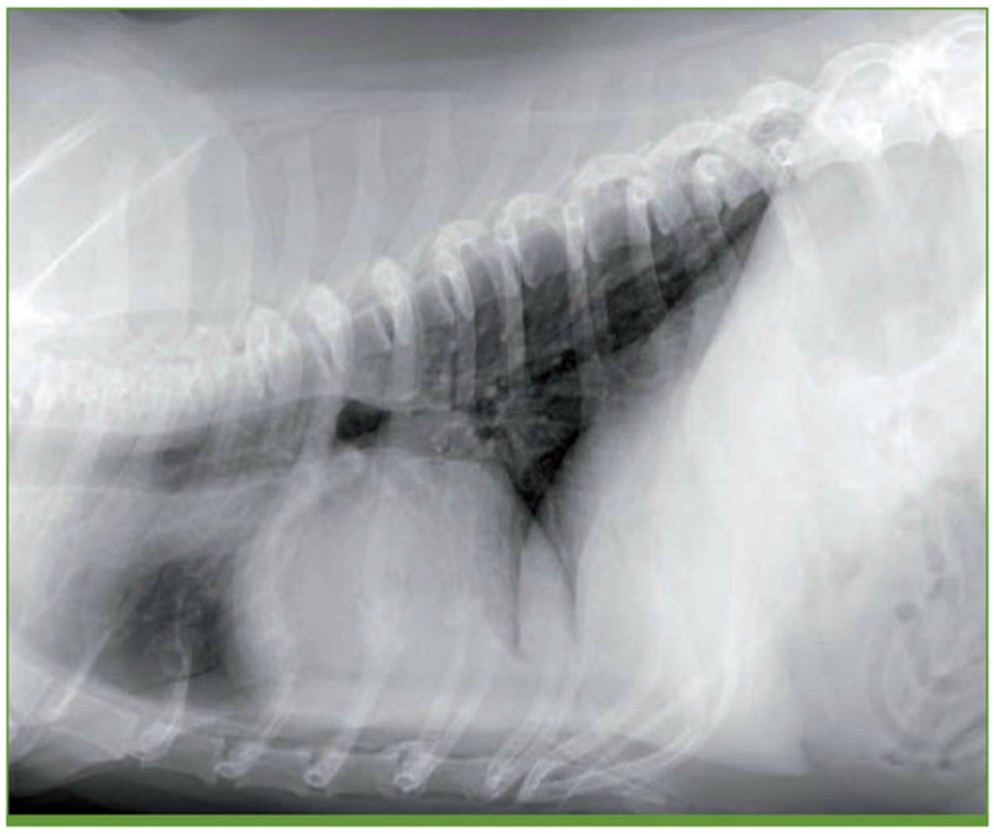


Figura 4a. Radiografía lateral de tórax en un Basset Hound sano. Obsérvese la apariencia globosa de la silueta cardiaca.

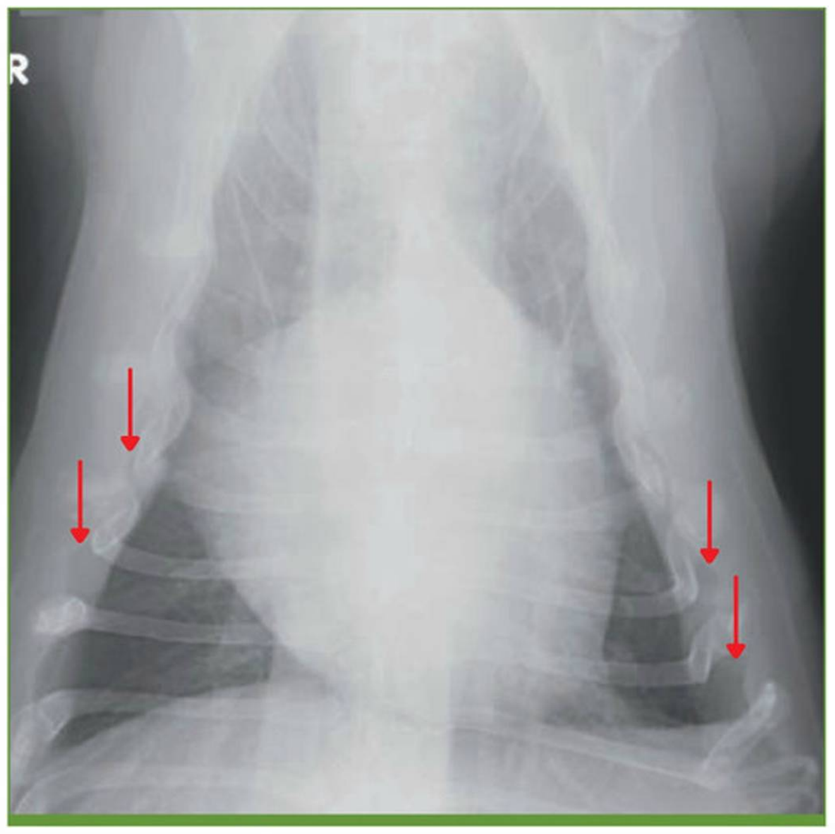


Figura 4b. Radiografía ventrodorsal de tórax en un Basset Hound sano. Obsérvese la apariencia globosa de la silueta cardiaca, así como los numerosos signos extrapleurales presentes (flechas) debido a la típica conformación torácica ondulante en esta raza.

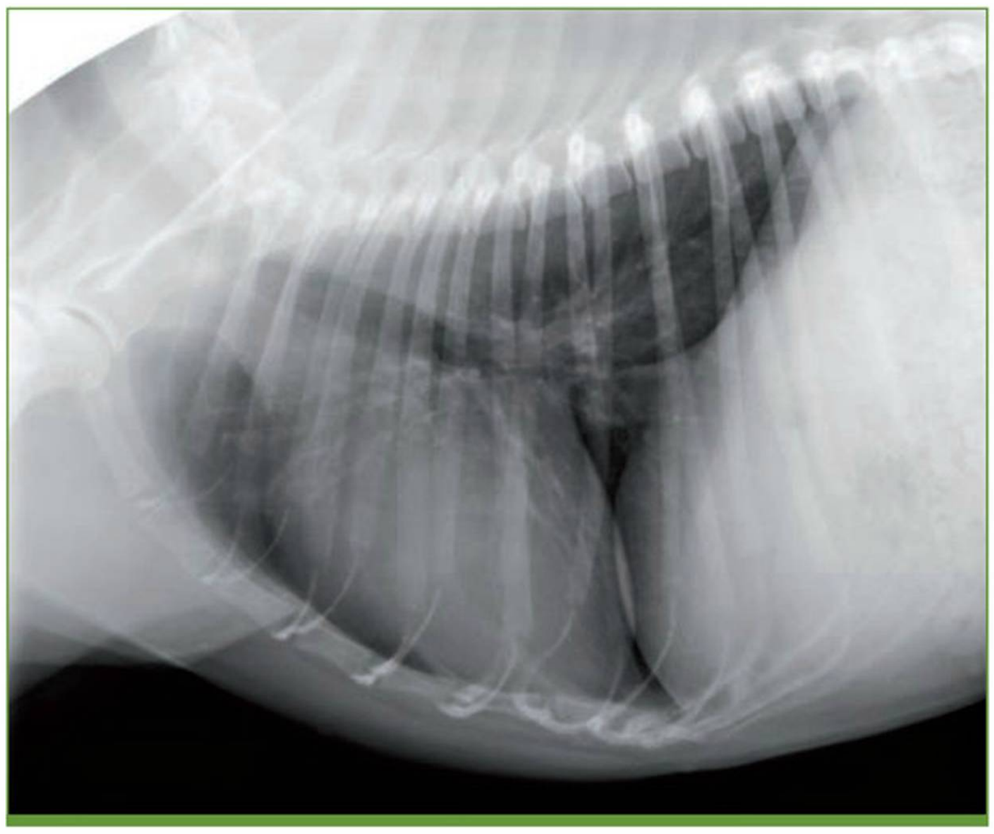


Figura 5a. Radiografía lateral de tórax en un Carlino sano. El corazón presenta un cierto acostamiento esternal.

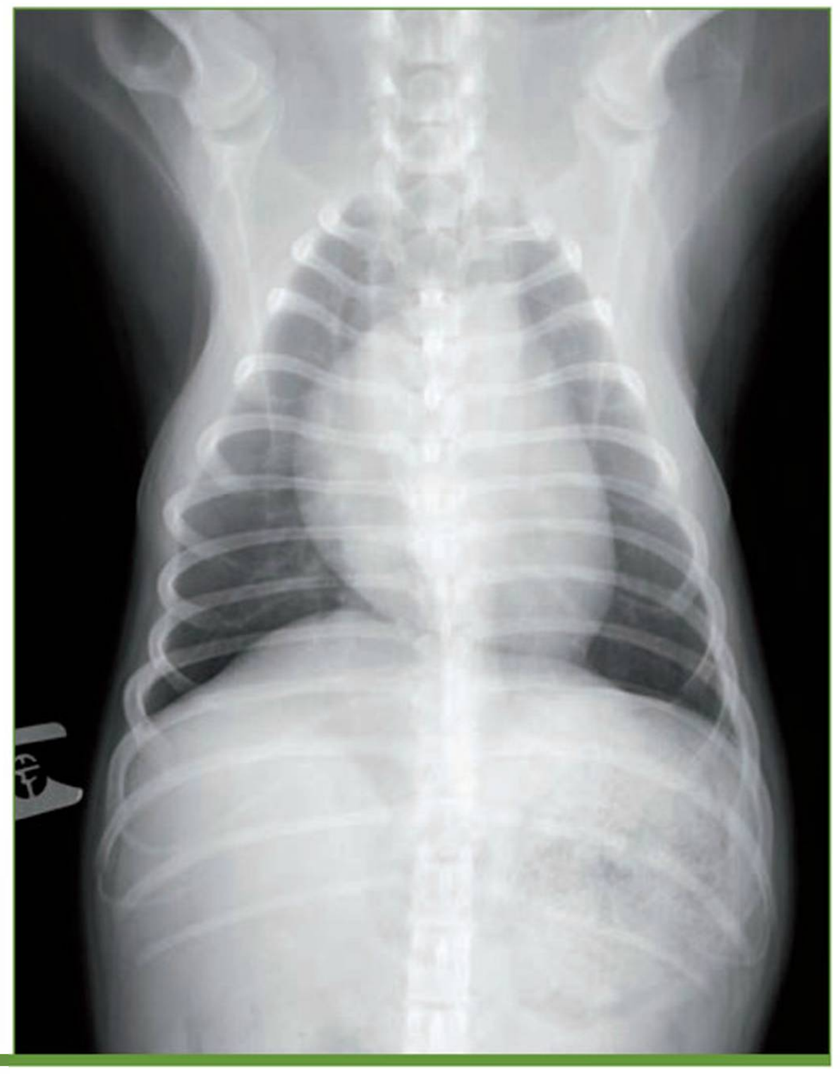


Figura 5b. Radiografía ventrodorsal de tórax en un Carlino sano. El ventrículo derecho presenta una falsa apariencia de "D" invertida.

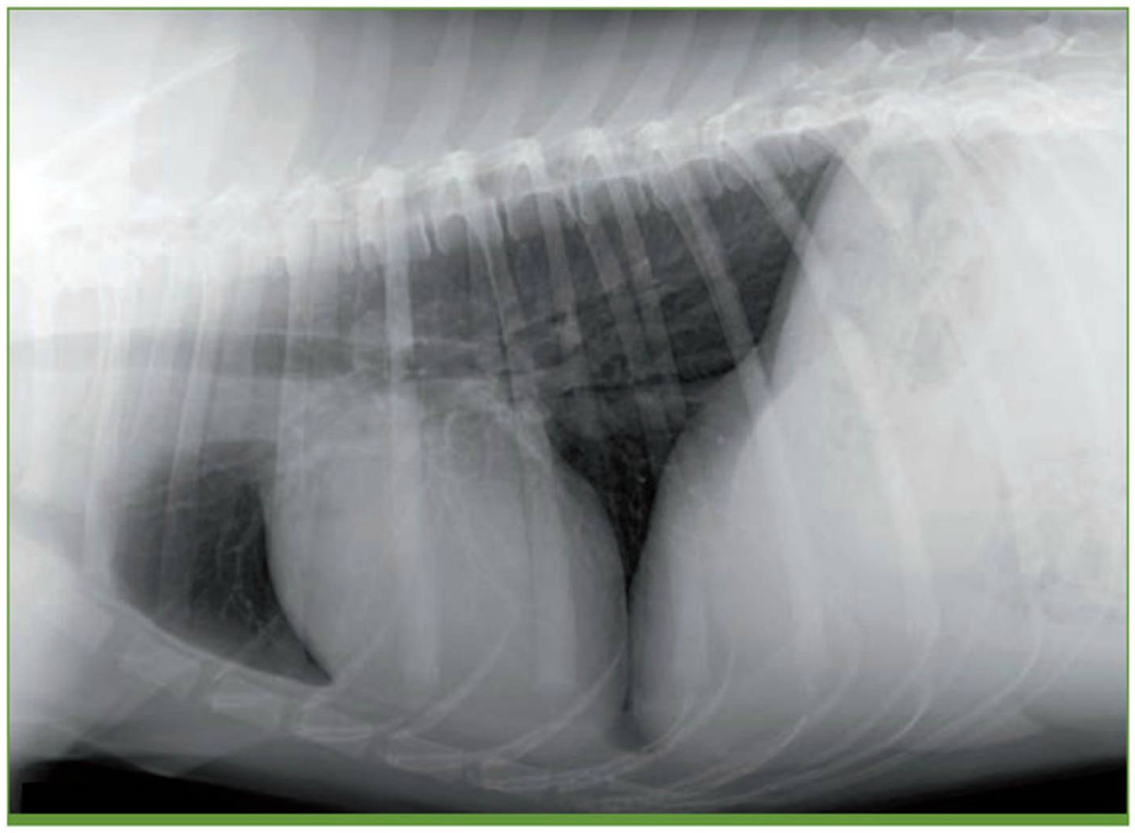


Figura 6a. Radiografía lateral de tórax en un Labrador Retriever sano. Obsérvese la disposición más vertical del corazón respecto de las figuras 4 y 5.

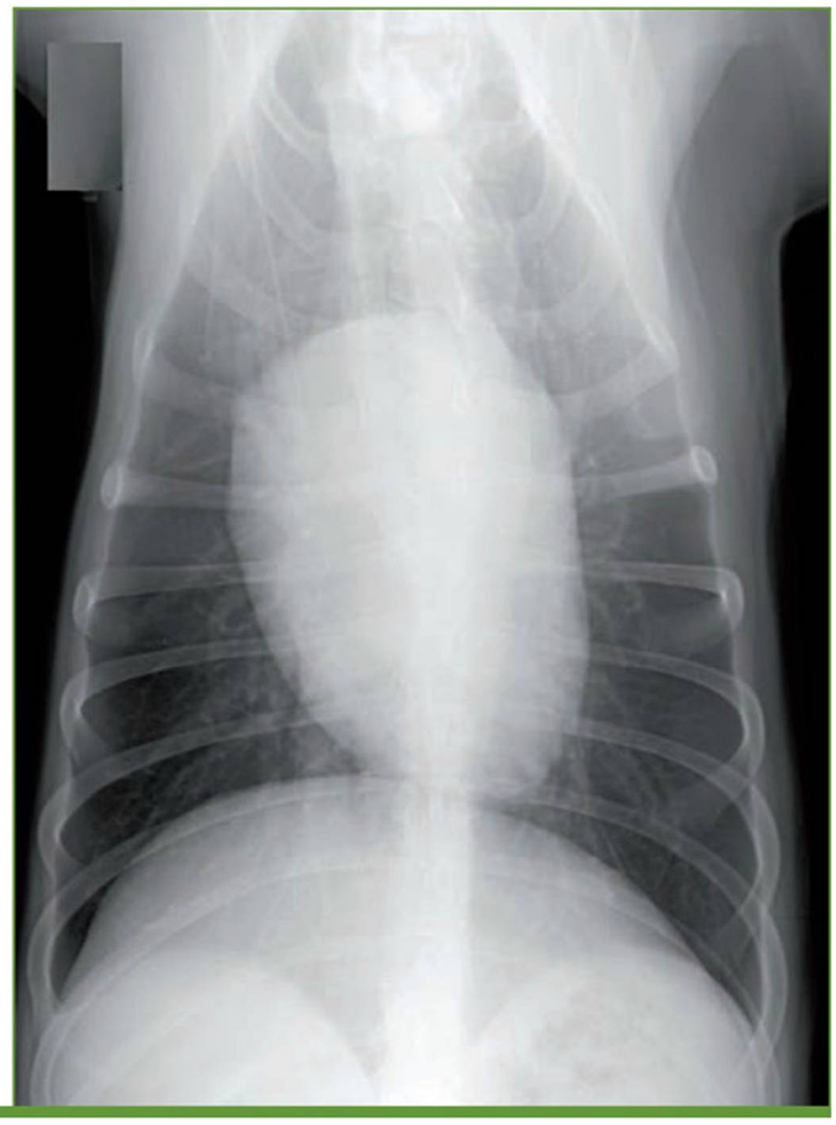


Figura 6b. Radiografía ventrodorsal de tórax en un Labrador Retriever sano. Obsérvese el alargamiento de la silueta cardiaca respecto de las figuras 4 y 5.

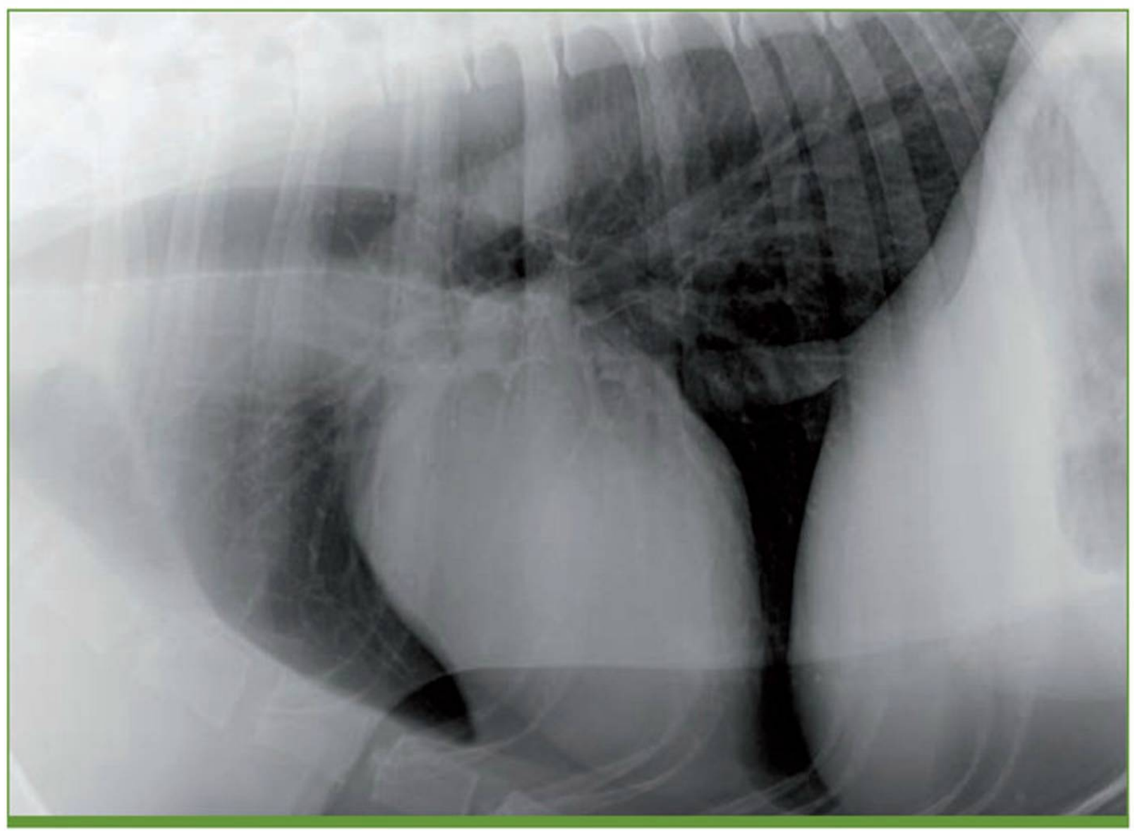


Figura 7a. Radiografía lateral de tórax en un Gran Danés sano. Obsérvese que la silueta cardiaca es más estilizada y está dispuesta más verticalmente que en razas caninas con pecho menos profundo (figs. 4 a 6).

Figura 7b. Radiografía ventrodorsal de tórax en un Gran Danés sano. Obsérvese como el corazón ocupa proporcionalmente menos espacio que el parénquima pulmonar si lo comparamos con razas caninas de pecho menos profundo (figs. 4 a 6).

Las diferentes cámaras cardiacas van a presentar siempre una localización idéntica en sus proyecciones radiográficas (figs. 8 y 9). Sin embargo, en los perros con un pecho muy profundo, como el Galgo o el Caniche, el corazón tiende a situarse perpendicularmente con respecto al suelo, adoptando una apariencia elongada. En cambio, en perros con un tórax más redondeado, como el Pequinés o el Carlino, se observa un acostamiento cardiaco sobre el esternón. Asimismo, los individuos más atléticos presentan proporcionalmente un mayor volumen de parénquima pulmonar disponible para ejercer la función respiratoria, con lo que en estos casos el corazón puede aparecer falsamente pequeño. De la misma manera, las razas con complexiones físicas no atléticas presentan el corazón ocupando gran parte del tórax, con lo que no es infrecuente sobrevalorar el tamaño cardiaco. Por tanto, estas peculiaridades anatómicas que dependen de la variación racial en la especie canina dificultan a menudo la evaluación radiológica del tamaño cardiaco.

Figura 8. Angiografía selectiva mostrando el contraste en el corazón derecho. Obsérvese la vena cava craneal, la aurícula y ventrículo derechos y las arterias pulmonares.

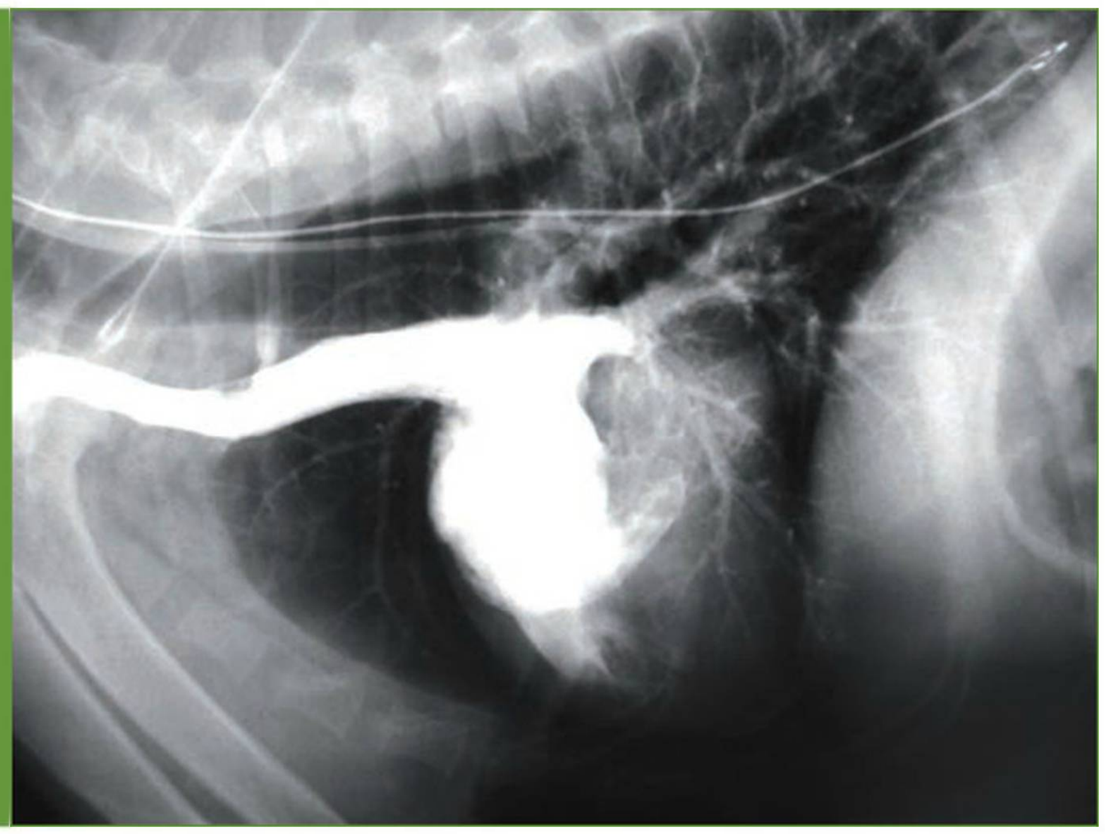
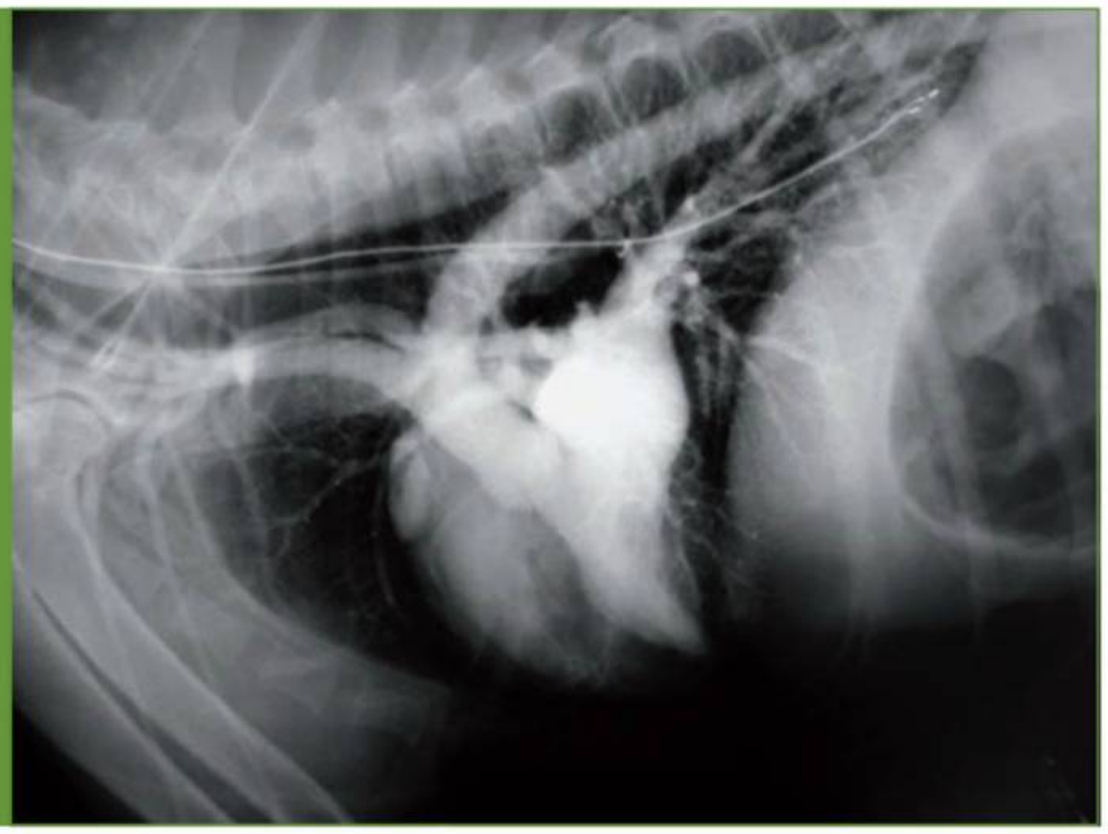


Figura 9. Angiografía selectiva mostrando el contraste en el corazón izquierdo. Obsérvese el tronco braquiocefálico, la aorta, la aurícula y ventrículo izquierdos y las venas pulmonares.



Evaluación del tamaño cardiaco

En un intento de objetivar la evaluación del tamaño del corazón independientemente de la raza que se considere, James Buchanan publicó en 1995 y 2000 un método que relacionaba los dos ejes cardiacos con la longitud de la columna vertebral. Para ello, se sirvió de 100 perros sin evidencia clínica de enfermedad cardiaca, contemplando un amplio catálogo racial (Buchanan *et al*., 1995; Buchanan, 2000). Las mediciones se realizaron en las radiografías laterales. El eje largo cardiaco se determinó entre el borde ventral del bronquio principal izquierdo y el vértice cardiaco. Para el eje corto, se tomó la máxima distancia entre el borde craneal y caudal de la silueta cardiaca perpendicularmente al eje largo previamente descrito. Posteriormente, estos ejes o distancias se superpusieron sobre la columna vertebral, haciendo recuento del número de cuerpos vertebrales que se situaban sobre dichas medidas. Por ello, a este sistema se le llamó **Escala Cardiaca Vertebral** (ECV).

La ECV en el perro es 9,7 ± 0,5 con un rango de distribución normal entre 8,5 y 10,6 cuerpos vertebrales. Es interesante observar como estos valores se mantienen dentro de ese rango para todos los animales independientemente de su raza. En las figuras 10 y 11 puede observarse que, pese a las diferencias de conformación física de la cavidad torácica, la ECV presenta unos valores normales tanto en un individuo de tipo braquicefálo (Basset Hound) como dolicocefálo (Gran Danés).

Posteriormente, el mismo autor realizó mediciones similares en 100 gatos sin patología cardiaca, encontrando un valor de ECV = 7,5 ± 0,3 en las proyecciones laterales. Asimismo, los valores del eje corto cardiaco tomados en la vista ventrodorsal son de 3,4 ± 0,3 cuerpos vertebrales (Buchanan, 2000) (figs. 12 y 13).

Sin embargo, y aunque los métodos mencionados anteriormente relacionan el aumento del tamaño cardiaco con una situación patológica, es necesario hacer notar que un corazón de tamaño normal no excluye una enfermedad cardiaca. Por ejemplo, una miopatía hipertrófica puede estar presente sin un incremento en el tamaño cardiaco externo y por ello escapar a la evaluación radiológica.

En este sentido, la ecocardiografía es una técnica de gran valor a la hora de investigar las alteraciones funcionales del corazón, accediendo al interior de su parénquima y ofreciendo una mayor precisión diagnóstica en comparación con los estudios radiológicos simples. Para realizar las distintas secciones ecográficas del miocardio, se siguen los estándares aprobados por la Sociedad de Cardiología Veterinaria de Norteamérica (Thomas W., 1984). Las figuras 14 a 20 muestran algunas de las imágenes ecográficas que se obtienen al realizar secciones transversales o longitudinales del corazón.

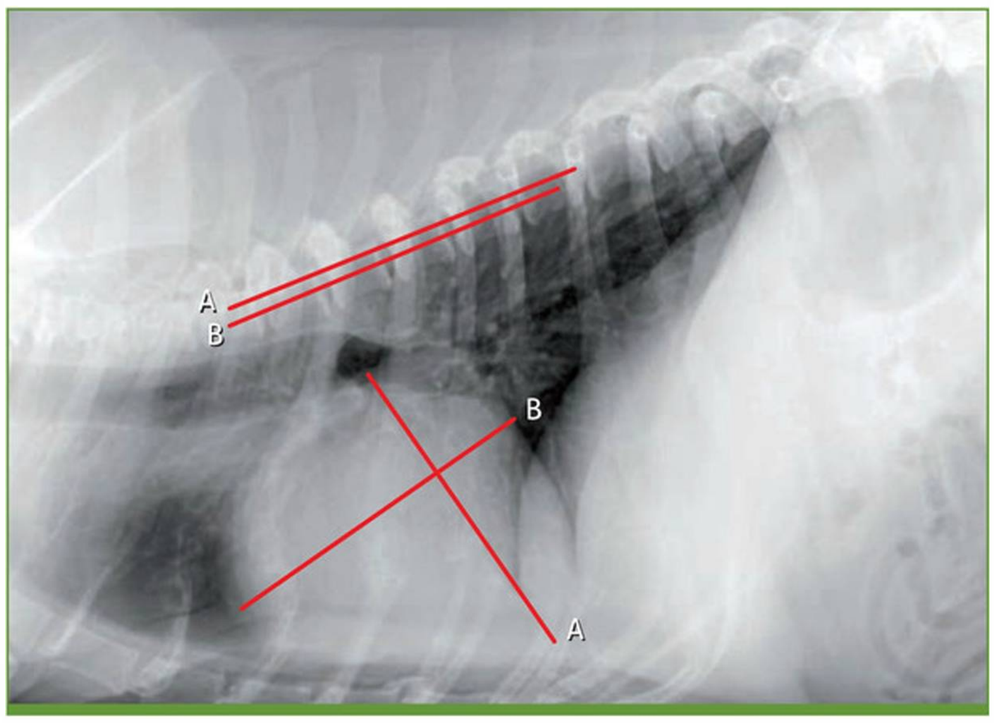


Figura 10. Escala cardiaca vertebral calculada sobre la proyección lateral del tórax en un Basset Hound.
ECV = 10,5 (rango de normalidad = 8,5-10,6).

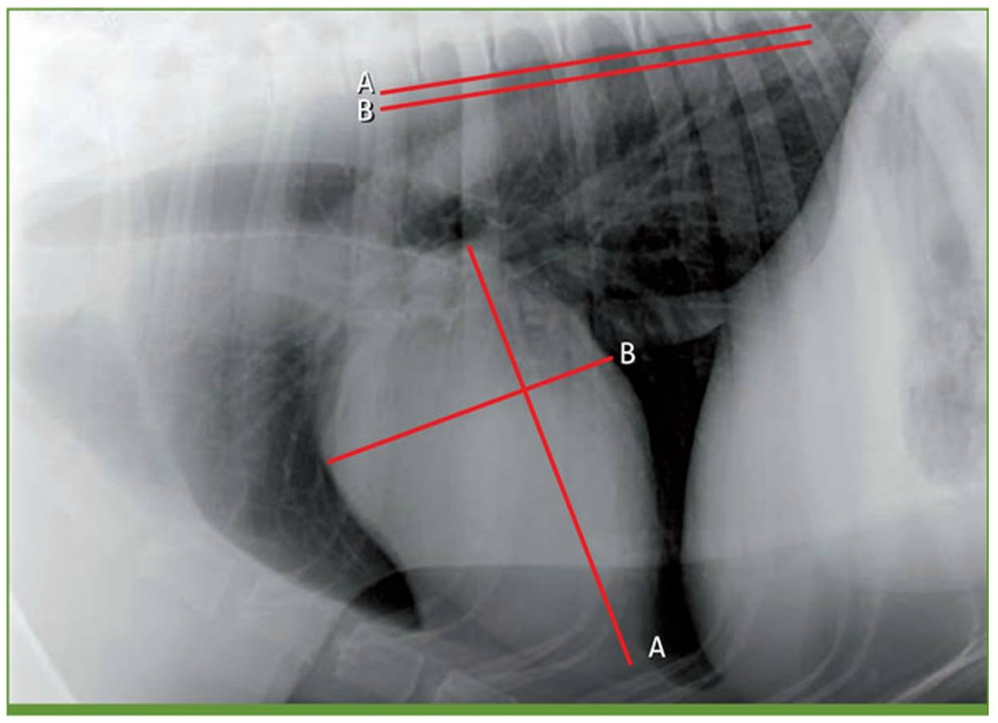


Figura 11. Escala cardiaca vertebral calculada sobre la proyección lateral del tórax en un Gran Danés.
ECV = 9,5 (rango de normalidad = 8,5-10,6).

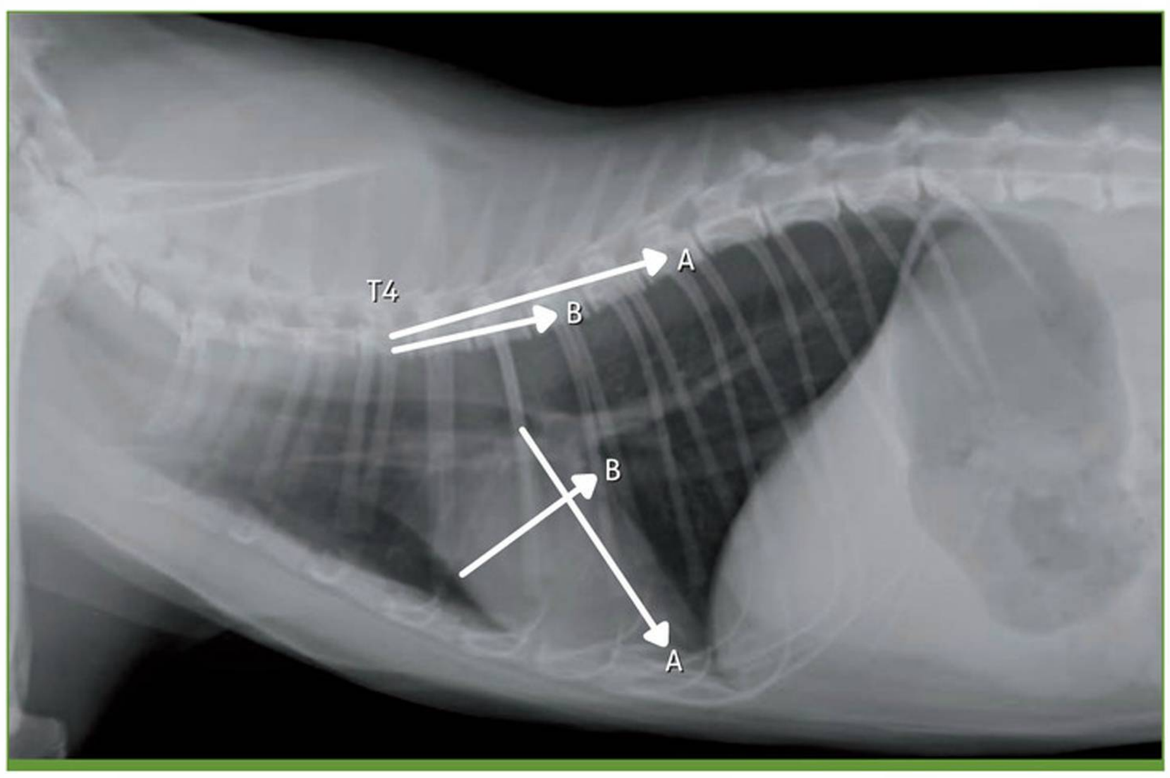


Figura 12. Radiografía lateral del tórax de un gato ilustrando el método de la escala vertebral de evaluación del tamaño cardiaco (Buchanan, 2000). El rango normal es de 7,5 ± 0,3 cuerpos vertebrales.

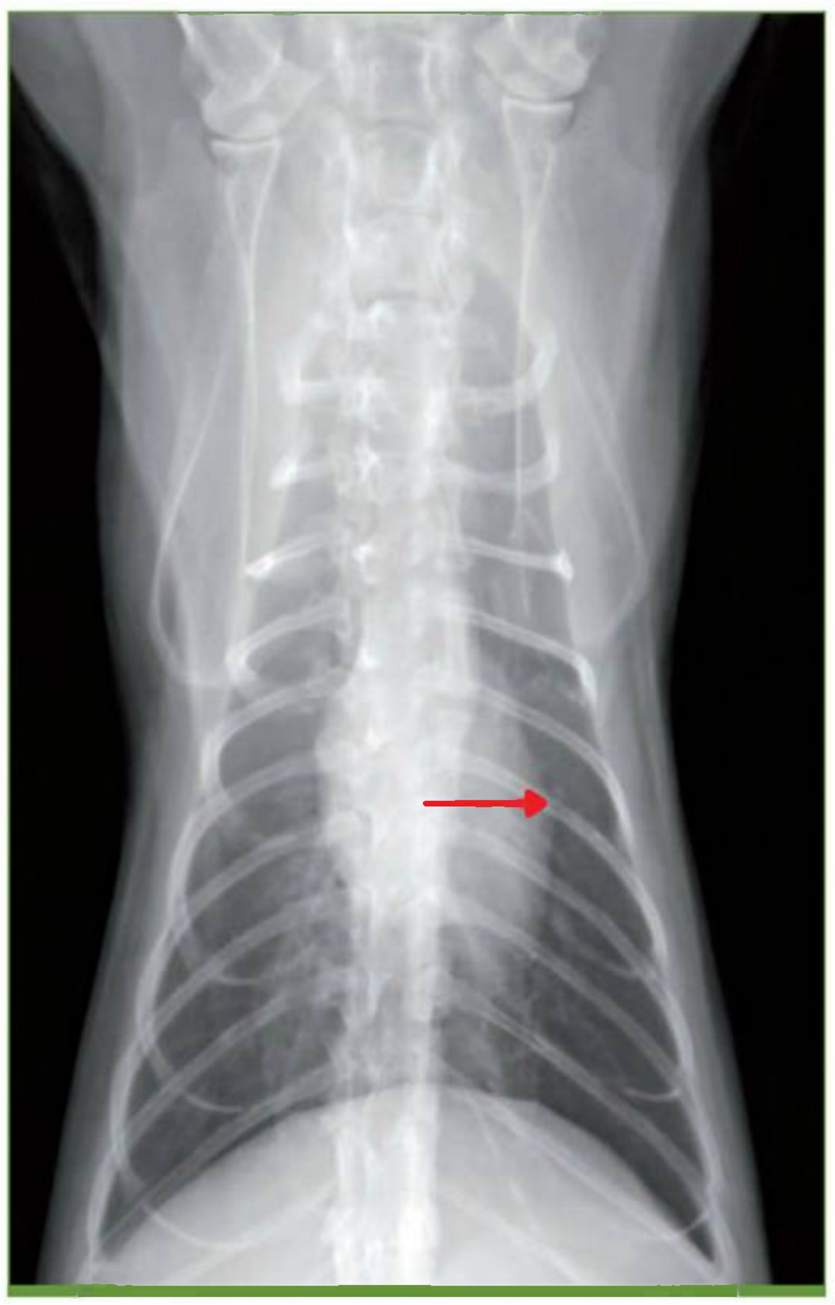


Figura 13. Radiografía ventrodorsal del tórax de un gato. Según Buchanan, el rango normal de la medida indicada se sitúa en 3,4 ± 0,25 cuerpos vertebrales.

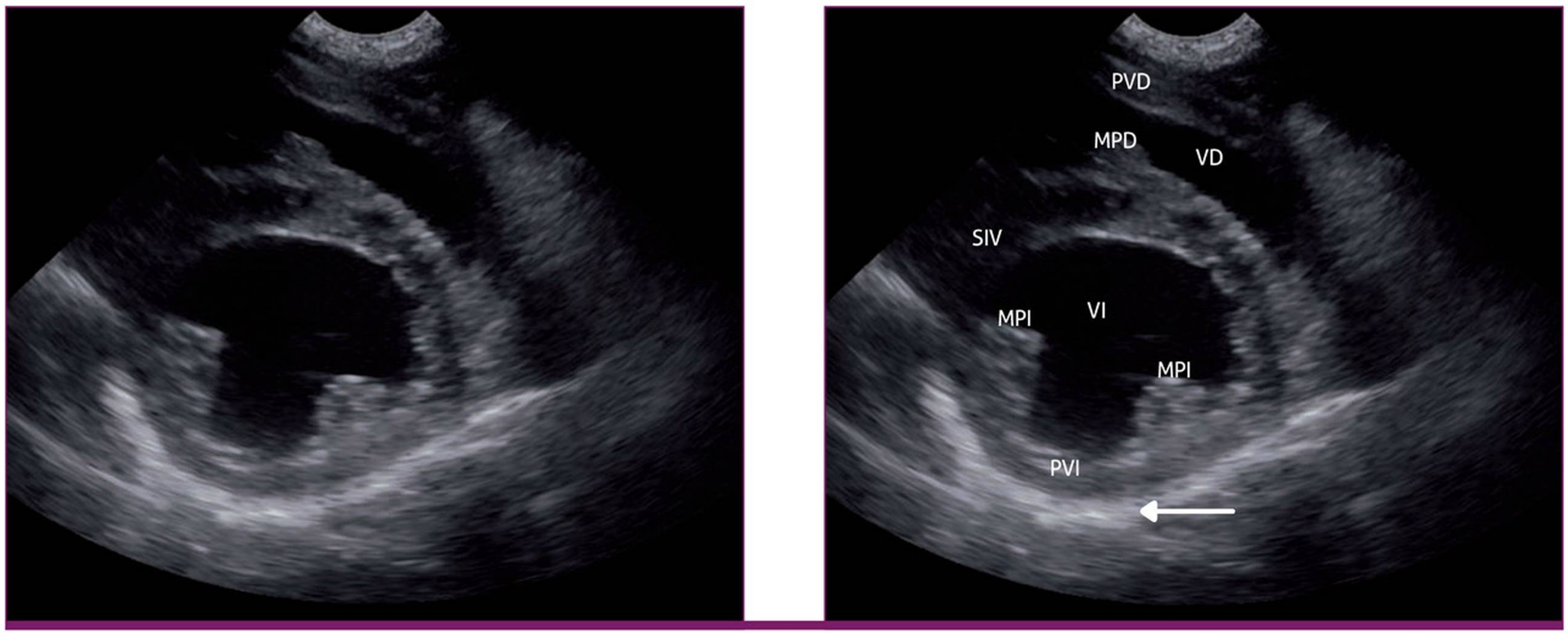


Figura 14. Imagen ecográfica cardiaca en corte transversal paraesternal derecho a nivel de los músculos papilares (MPI) del ventrículo izquierdo (VI). VD: ventrículo derecho, VI: ventrículo izquierdo, SIV: septo interventricular, PVD y PVI: paredes ventriculares derecha e izquierda, MPD: músculo papilar del ventrículo derecho. La flecha señala el pericardio parietal

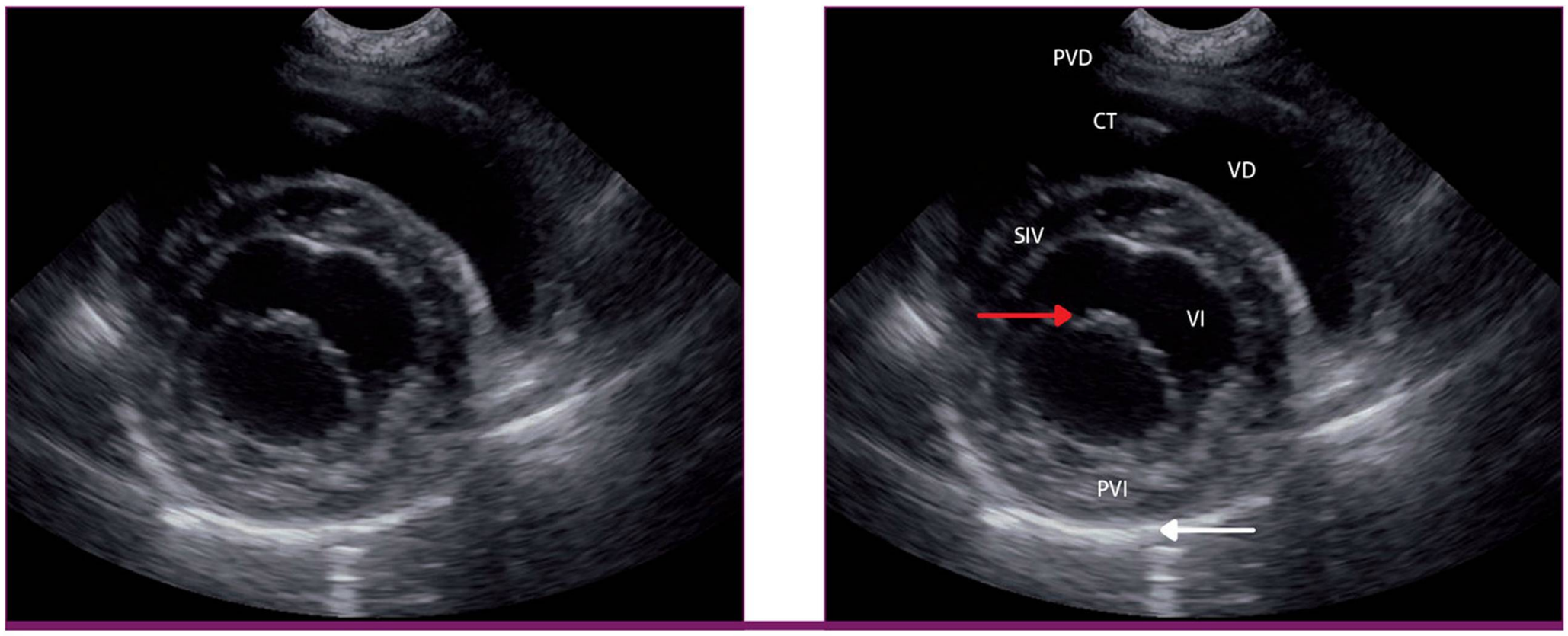


Figura 15. Imagen ecográfica del corazón en corte transversal paraesternal derecho a nivel de la válvula mitral (flecha roja). Obsérvense los ventrículos derecho (VD, con una cuerda tendinosa valvular -CT-) e izquierdo (VI) con sus paredes (PVD y PVI). La válvula mitral y el pericardio están representados por una flecha roja y blanca respectivamente.

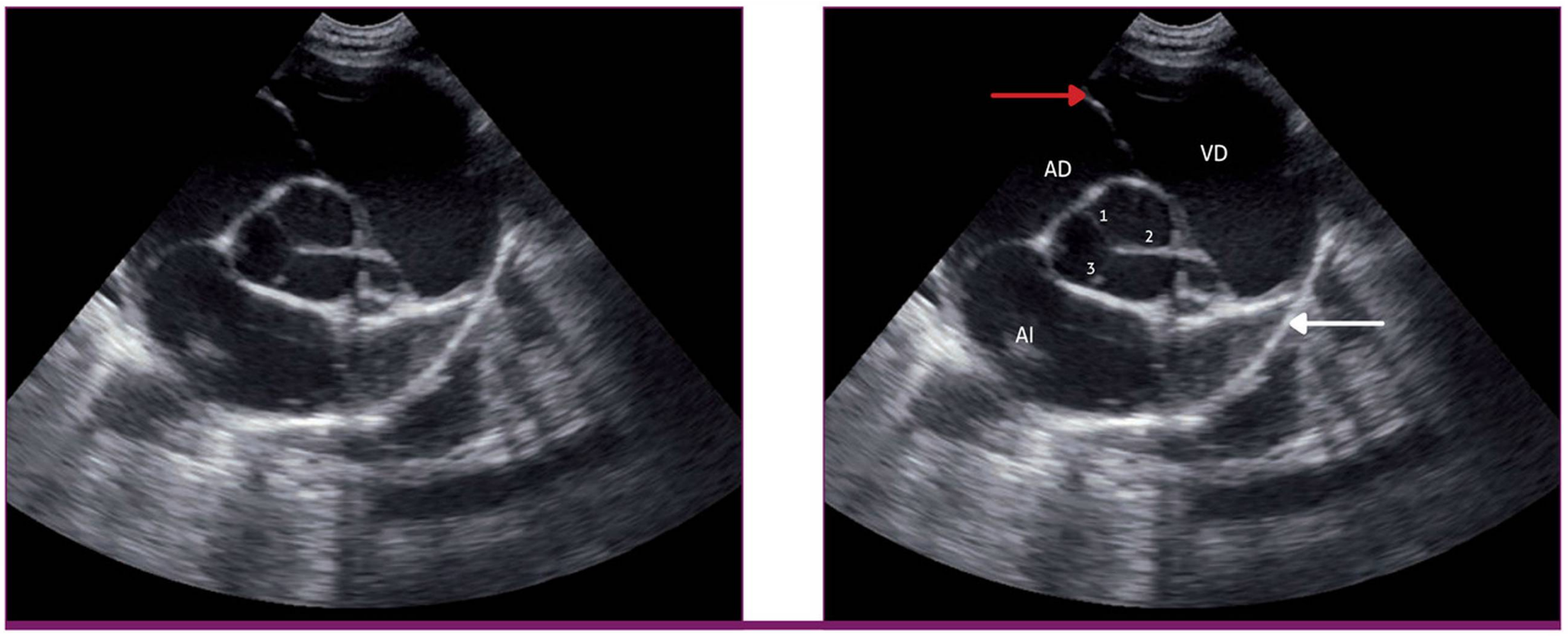


Figura 16. Imagen ecográfica del corazón en corte transversal paraesternal derecho a nivel del área basilar. Obsérvese el cono aórtico con las tres láminas (1, 2 y 3) que constituyen la válvula aórtica, con la morfología típica de logotipo invertido de "Mercedes-Benz". En esta sección también es posible localizar las dos aurículas (AD, AI), el ventrículo derecho (VD) y la válvula tricúspide (flecha roja). La flecha blanca señala el pericardio, que se muestra como una lámina externa rodeando al corazón.

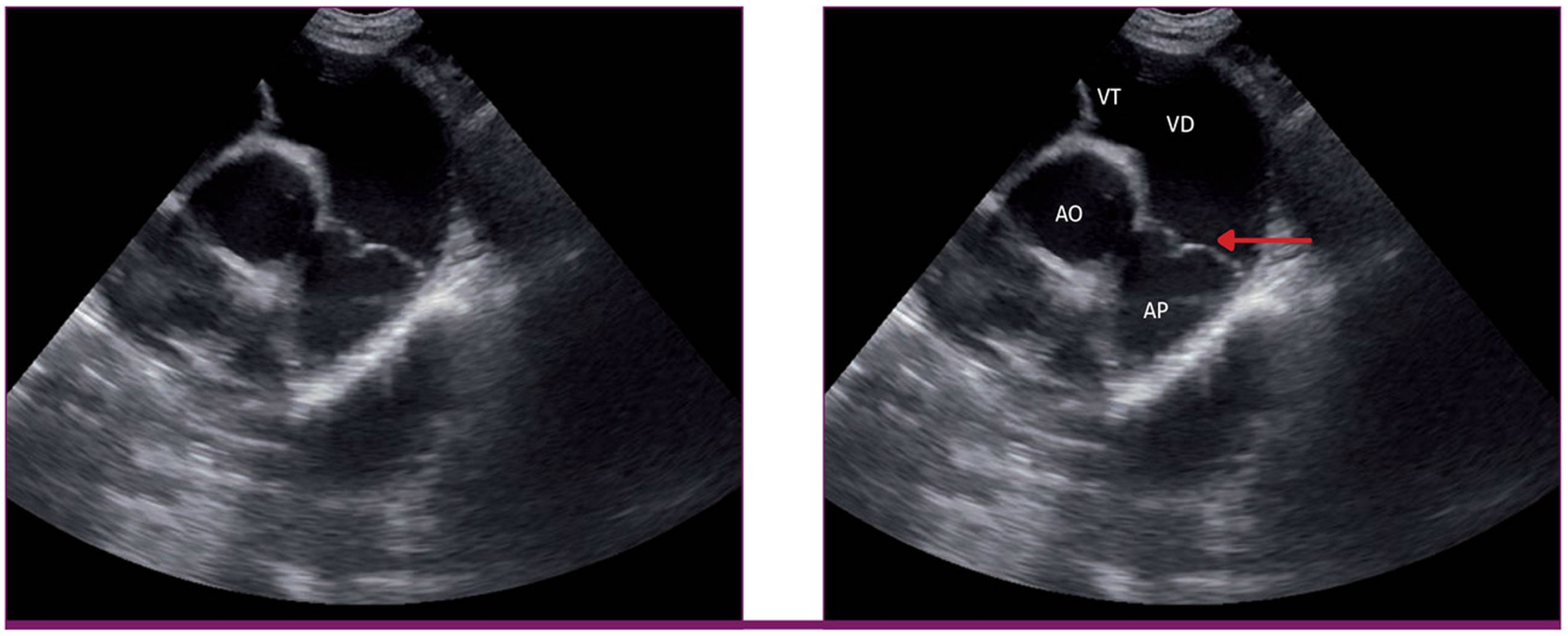


Figura 17. Imagen ecográfica del corazón en corte transversal paraesternal derecho a nivel del área basilar para localizar la arteria pulmonar (AP). Otras estructuras visibles son el ventrículo derecho (VD), la aorta (AO), y las válvulas tricúspide (VT) y pulmonar (flecha).

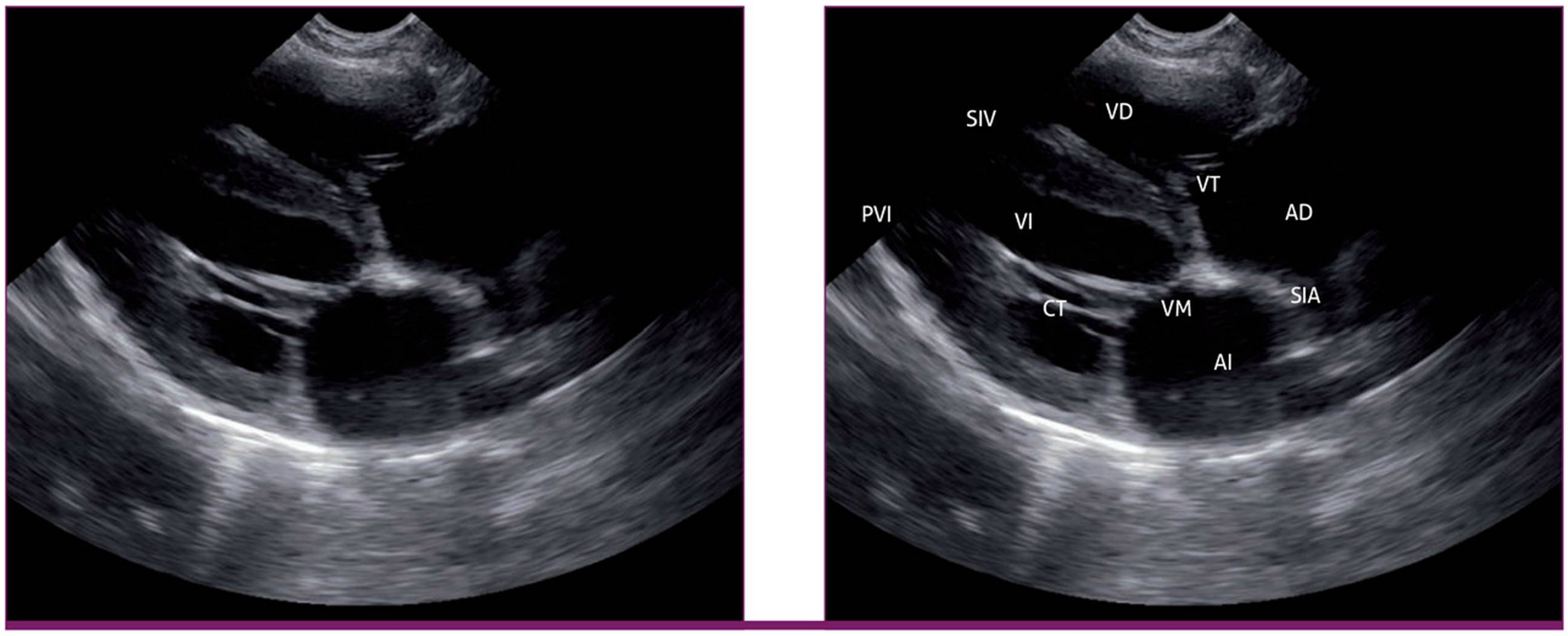


Figura 18. Imagen ecográfica del corazón en corte sagital paraesternal derecho mostrando las cuatro cámaras cardiacas (AD: aurícula derecha, AI: aurícula izquierda, VD: ventrículo derecho, VI: ventrículo izquierdo) los septos interventricular (SIV) e interauricular (SIA), las válvulas tricúspide (VT) y mitral (VM) con sus cuerdas tendinosas (CT) y la pared ventricular izquierda (PVI).

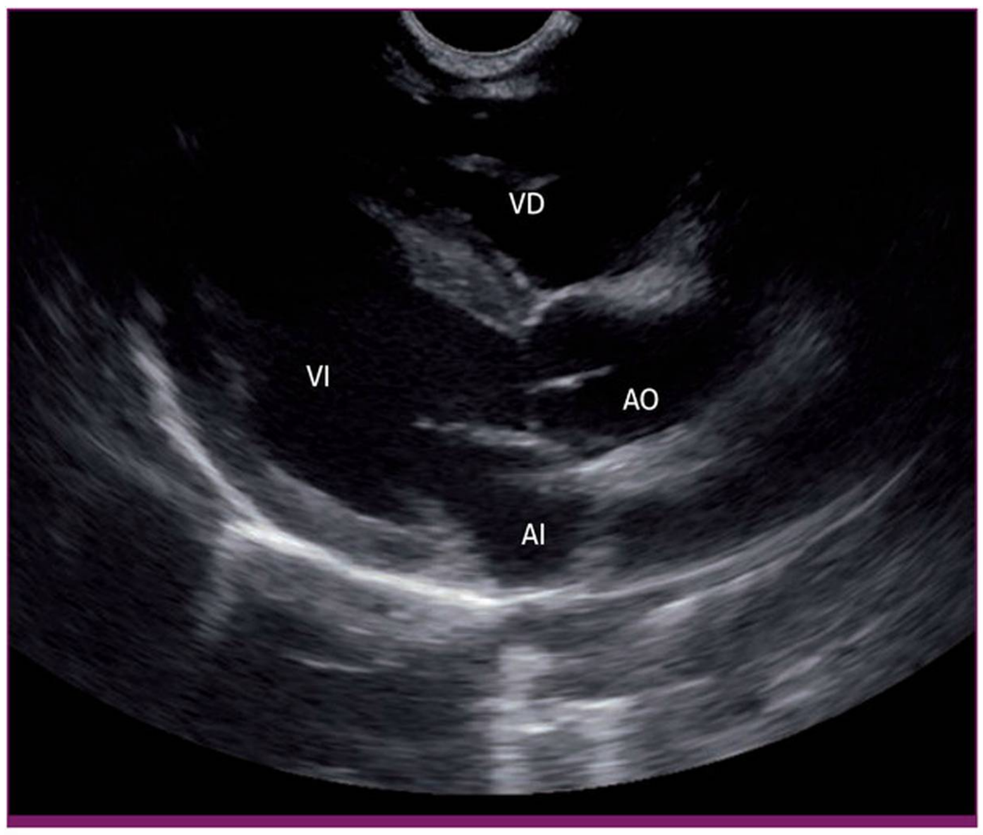


Figura 19. Imagen ecográfica del corazón en corte sagital paraesternal derecho mostrando el cono aórtico (AO), el ventrículo izquierdo (VI) y derecho (VD) y la aurícula izquierda (AI).

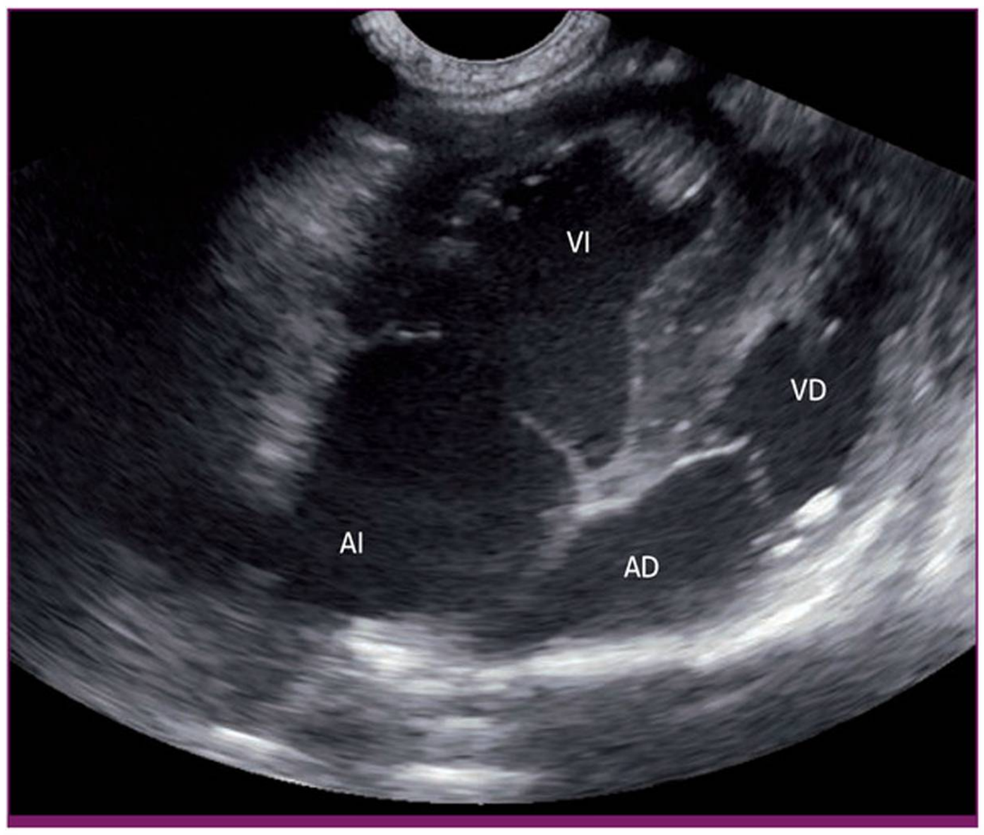


Figura 20. Imagen ecográfica del corazón en corte sagital paraesternal izquierdo mostrando las cuatro cámaras cardiacas (AD: aurícula derecha, AI: aurícula izquierda, VD: ventrículo derecho, VI: ventrículo izquierdo).

Funcionalmente, es posible realizar con objetividad una evaluación de la contractilidad cardiaca calculando la fracción de acortamiento (FA) ventricular (fig. 21):

$$FA = \frac{\text{dimensión interna del VI en diástole} - \text{dimensión interna del VI en sístole}}{\text{dimensión interna del VI en diástole}} \times 100$$

así como calcular el tamaño de la aurícula izquierda mediante una comparación con el cono aórtico (fig. 22). Asimismo, la ecocardiografía permite la diferenciación entre cardiopatías dilatadas o hipertróficas (figs. 23 a 25). Más aún, la aplicación de las técnicas Doppler ayudan a establecer criterios pronósticos y de tratamiento en las enfermedades cardiacas (figs. 26 y 27).

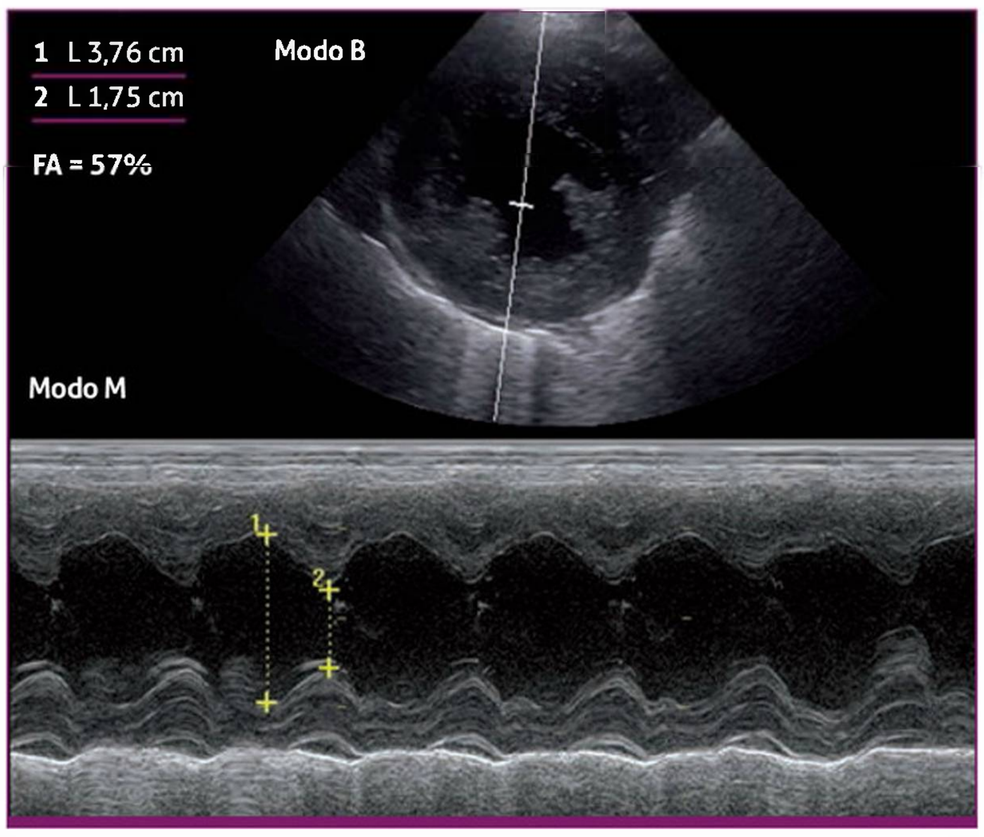


Figura 21. Imagen ecográfica del corazón en corte transversal a nivel del vértice cardiaco. La ilustración combina los modos B y M en los que el cursor se sitúa entre los músculos papilares del ventrículo izquierdo mostrando el cálculo automático de la fracción de acortamiento (FA), midiendo las dimensiones ventriculares internas en diástole (1) y sístole (2) (Rango normal = 28-45%). En este caso existe un aumento de la contractilidad miocárdica (57%).

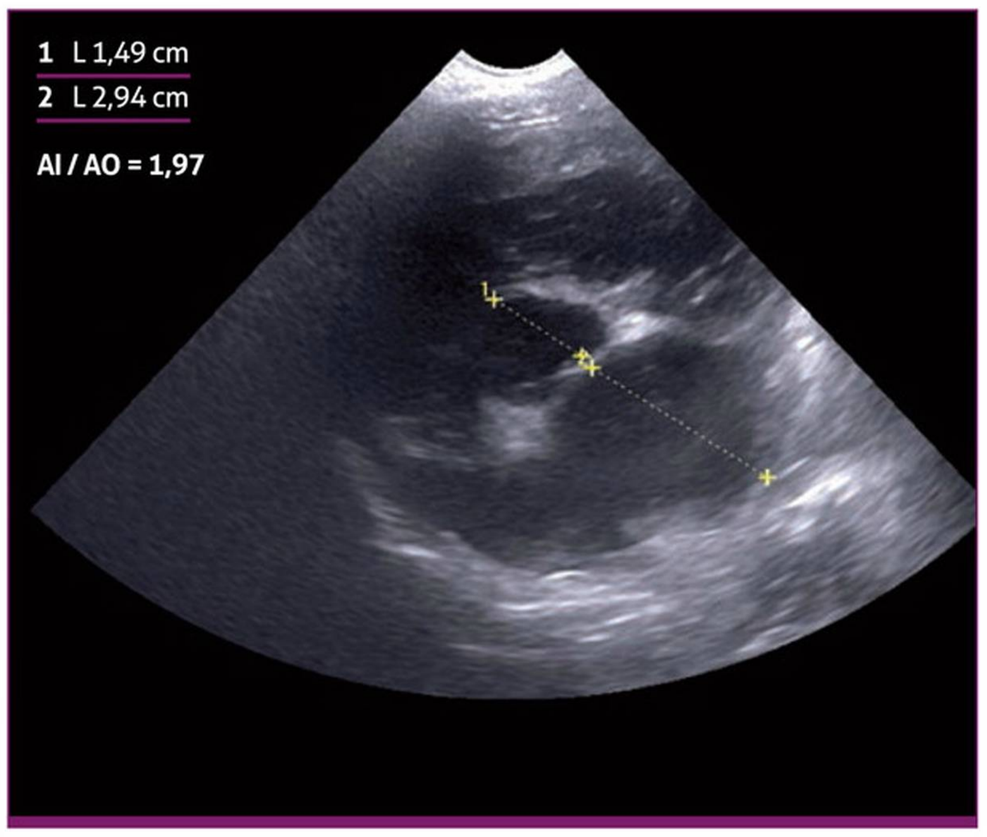


Figura 22. Imagen ecográfica del corazón en corte transversal paraesternal derecho a nivel del área basilar. Sobre ella se trazan los diámetros correspondientes al cono aórtico (1) y el cuerpo de la aurícula izquierda. En este caso, el cociente entre las dimensiones de la aurícula izquierda y el cono aórtico está aumentado (1,97), lo que indica una dilatación de la aurícula izquierda. El rango normal para este cociente se sitúa entre 1 y 1,5.

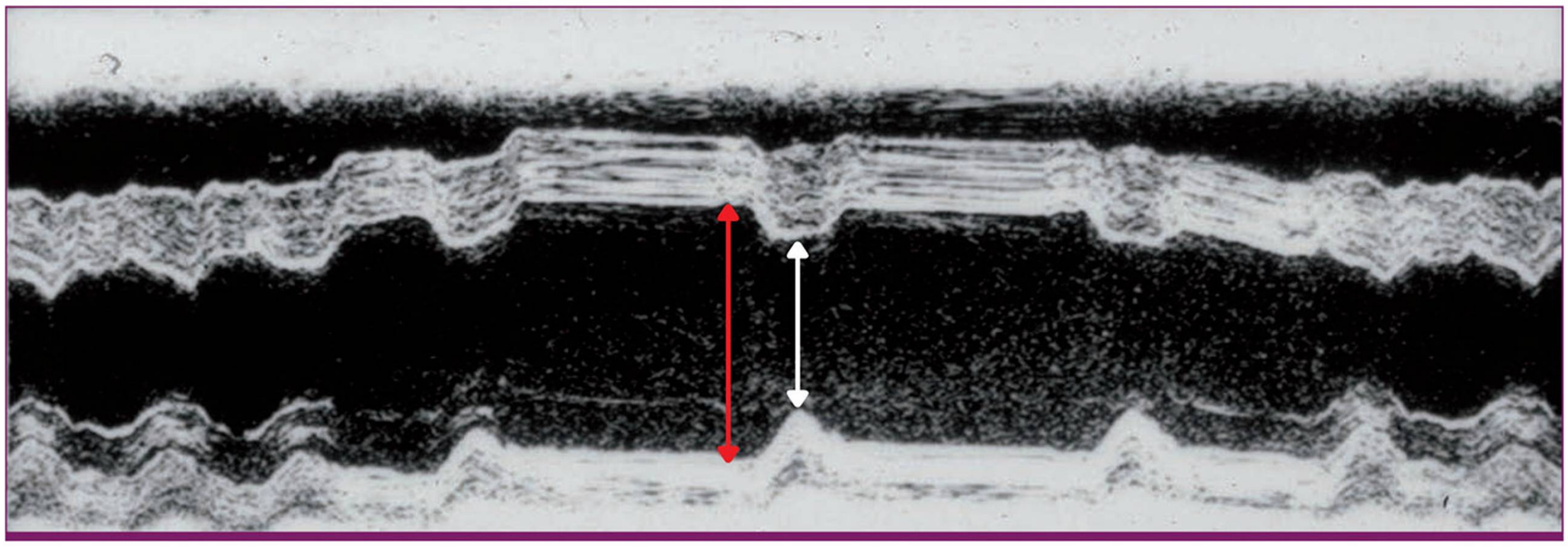


Figura 23. Imagen ecográfica en modo M del ventrículo izquierdo a nivel del vértice cardiaco, con abordaje paraesternal derecho, en un perro sin patología cardiaca. Obsérvese la diferencia de las dimensiones ventriculares en la sístole (flecha blanca) y la diástole (flecha roja). La fracción de acortamiento fue de un 35% en este caso (rango normal entre 28 y 45%).

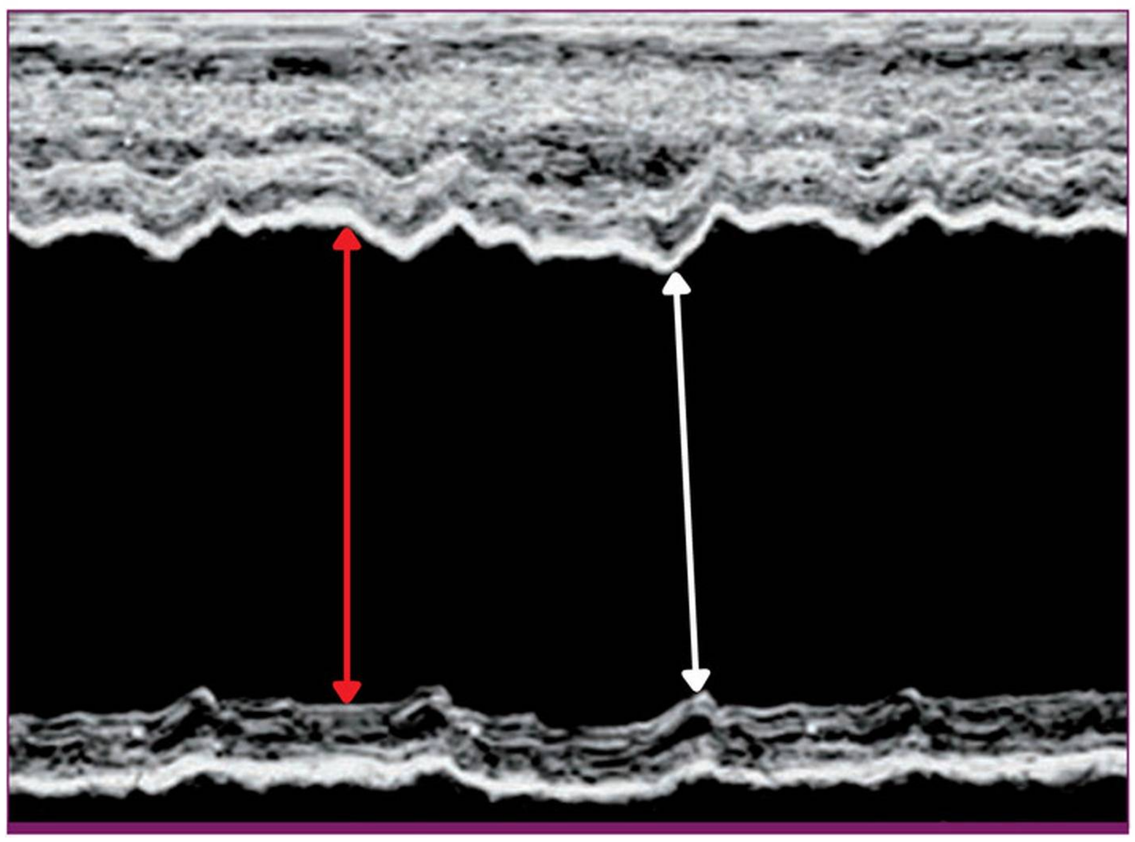


Figura 24. Imagen ecográfica en modo M del ventrículo izquierdo a nivel del vértice cardiaco, con abordaje paraesternal derecho, en un perro con cardiomiopatía dilatada. Si lo comparamos con la figura 23, existe un agrandamiento de las dimensiones internas del ventrículo, con escasa diferencia entre la sístole (flecha blanca) y la diástole (flecha roja) y por tanto con tendencia al aplanamiento parietal. La fracción de acortamiento se calculó en un 11% en este caso (rango normal entre 28 y 45%).

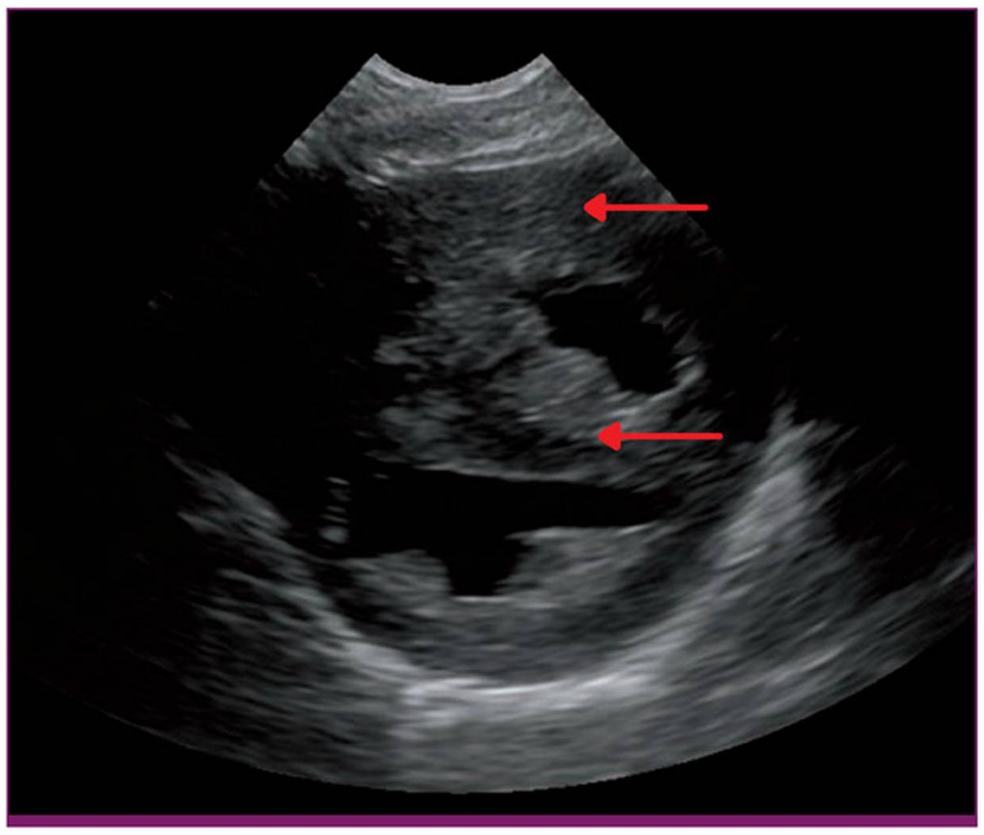


Figura 25. Imagen ecográfica del corazón en corte transversal paraesternal derecho, a nivel del vértice cardiaco, en un cachorro con un defecto en el septo interventricular. Obsérvese el engrosamiento del miocardio (flechas) como consecuencia de la hipertrofia ventricular y septal y la consiguiente reducción de las dimensiones internas de los ventrículos.

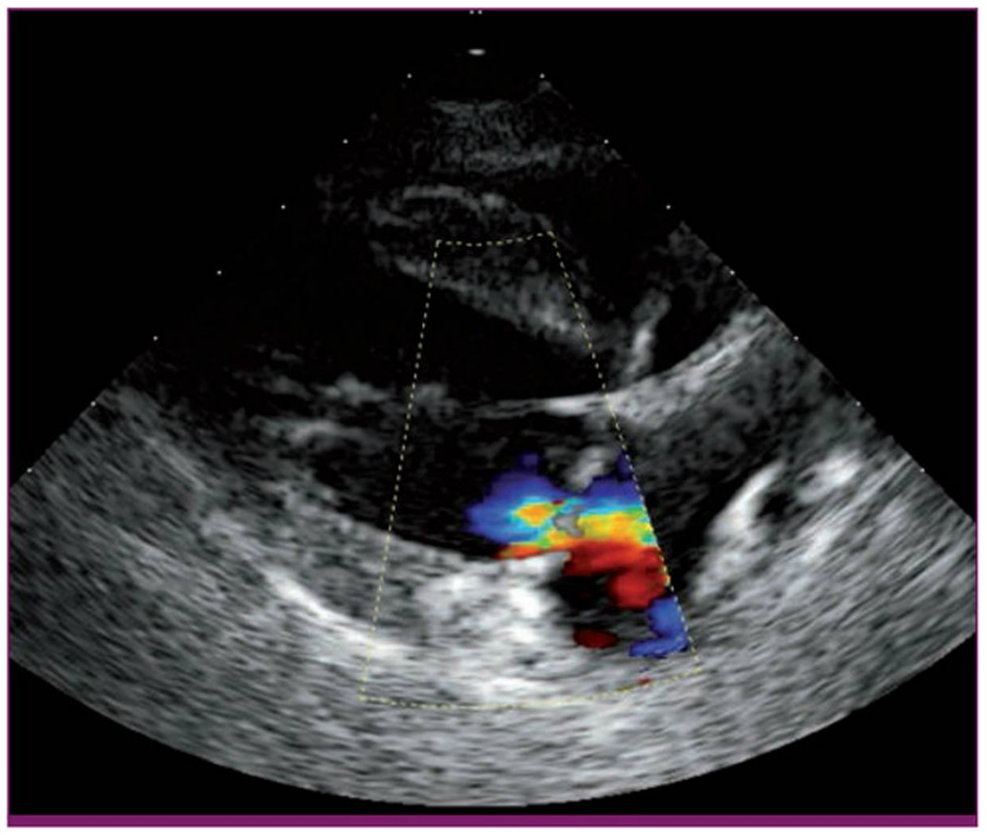


Figura 26. Imagen ecográfica del corazón en corte sagital paraesternal derecho con una ventana Doppler color situada en la válvula mitral. Obsérvese la turbulencia (representada por el color amarillo) significativa de una insuficiencia valvular.

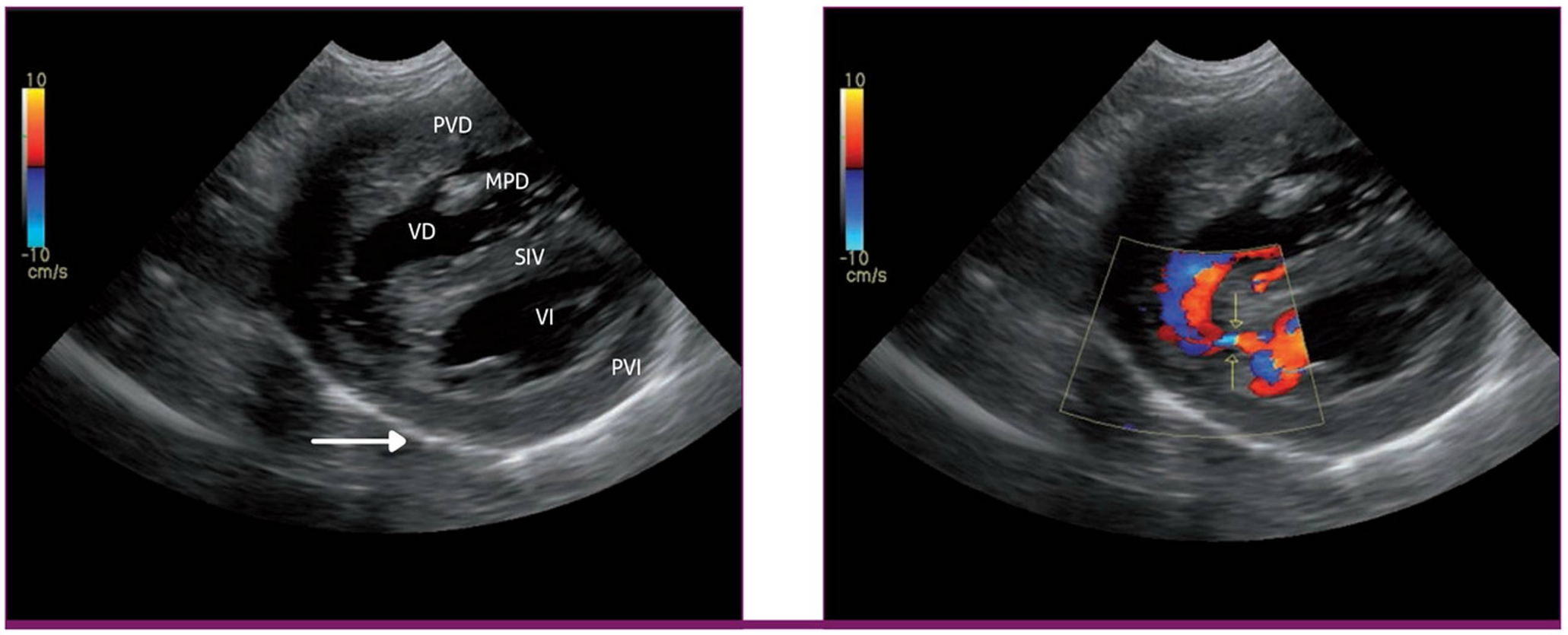
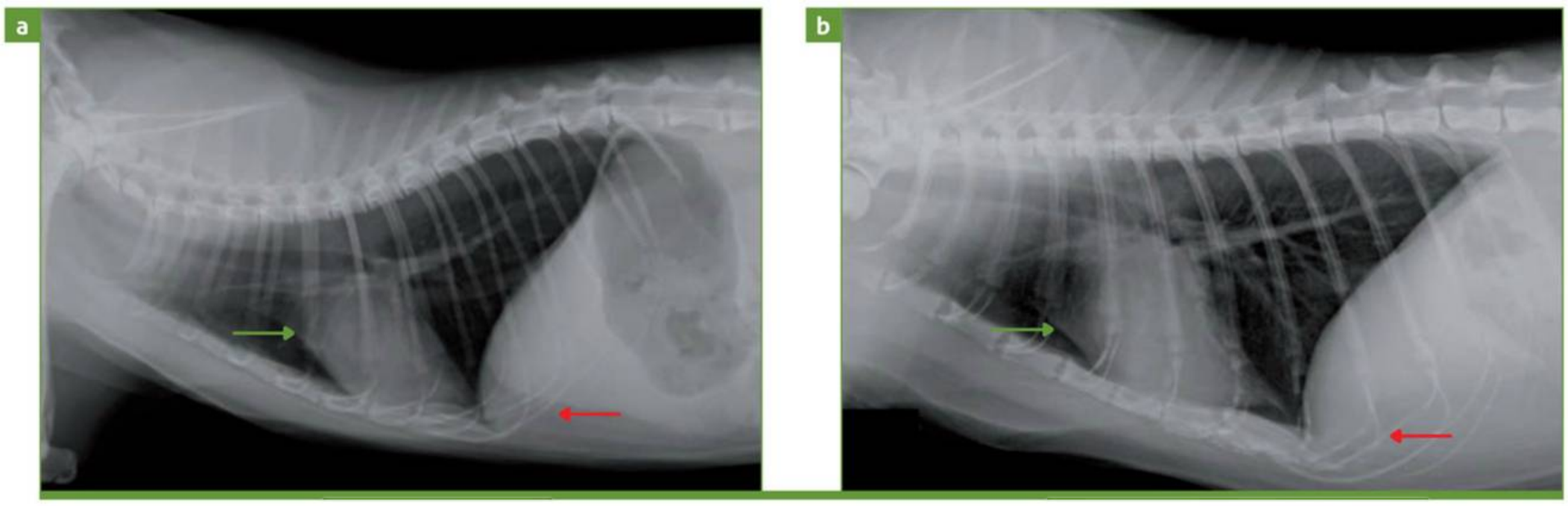


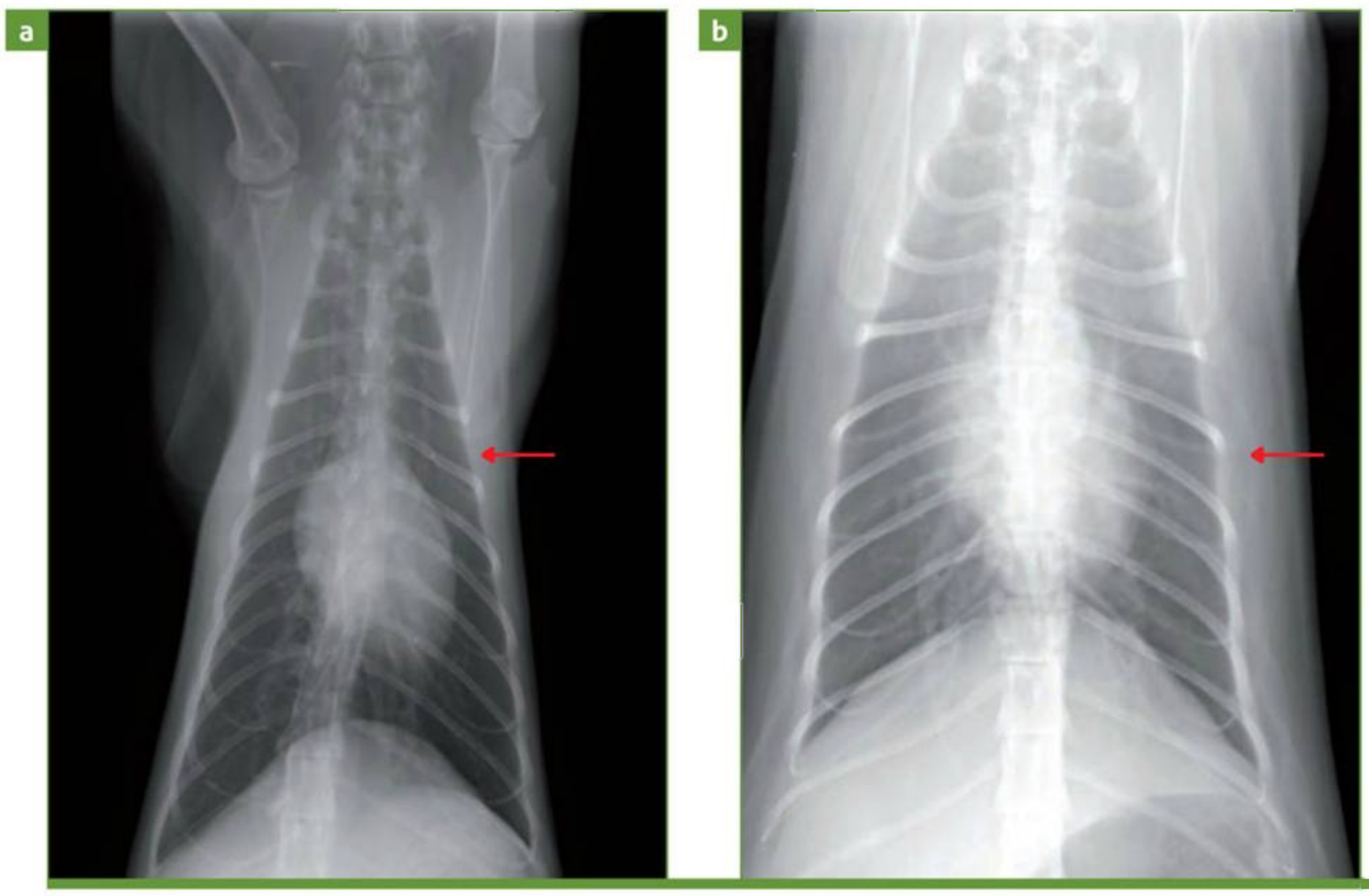
Figura 27. Imagen ecográfica del corazón en corte transversal paraesternal derecho, justo ventral a la válvula mitral, en un caso de defecto congénito del septo interventricular. Las flechas amarillas indican el lugar del defecto septal de tipo basal (cerca del anillo atrioventricular), donde la señal Doppler color indica la comunicación interventricular. VD: ventrículo derecho, con su músculo papilar (MPD), VI: ventrículo izquierdo, SIV: septo interventricular, PVI: pared ventricular izquierda y PVD: pared ventricular derecha. El pericardio parietal se señala mediante una flecha blanca.

La condición física del animal y su edad también influyen en ocasiones en la morfología cardiaca y en la opacidad del campo pulmonar. En los animales obesos, los rayos X incidentes quedan más atenuados por la gran capa grasa subcutánea que han de atravesar y, como consecuencia, el campo pulmonar se observa más radiopaco. Asimismo, la silueta cardiaca en los animales obesos puede aparecer deformada por la acumulación de grasa en el pericardio parietal (figs. 28 a 30).

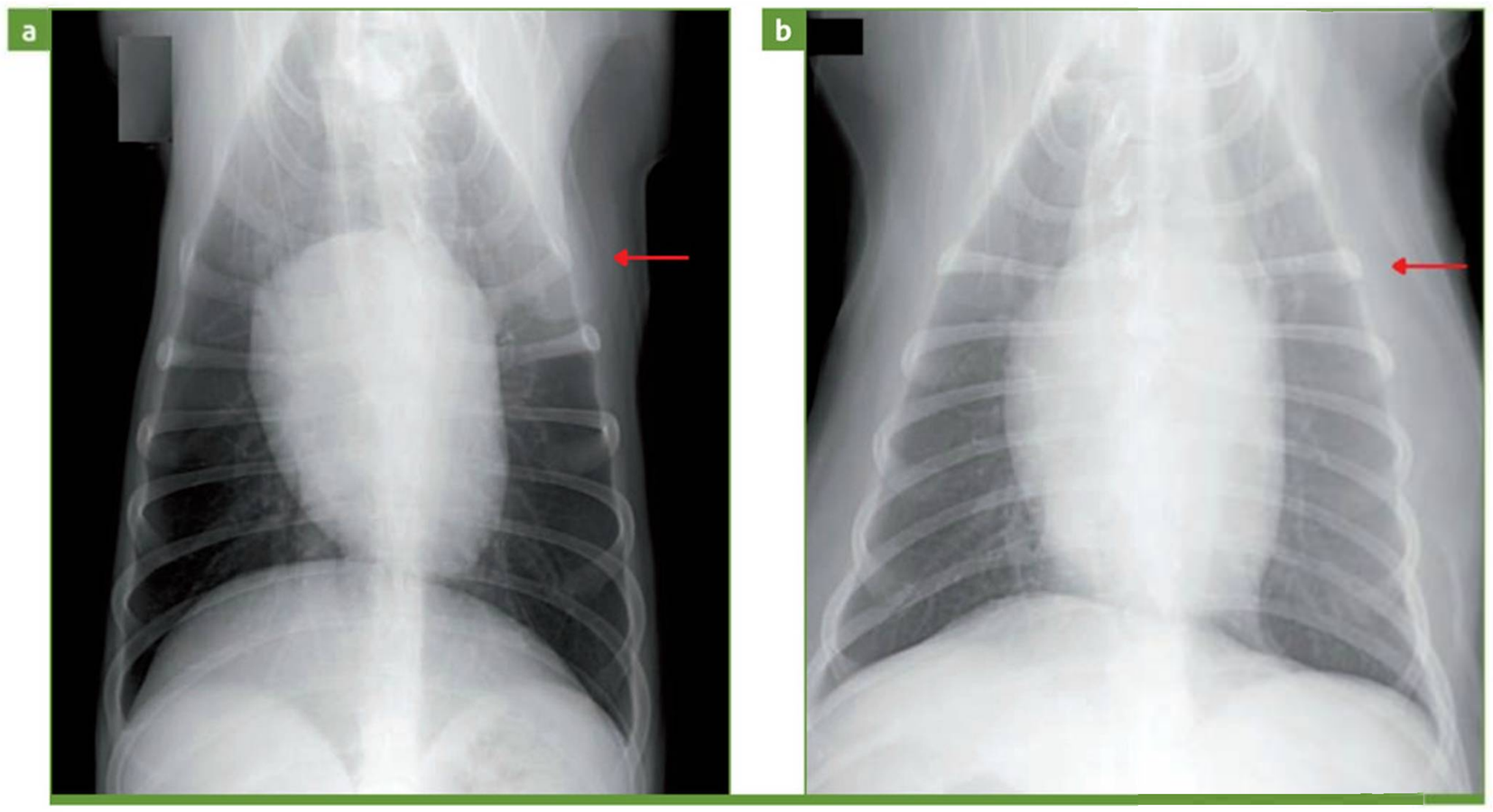
En los gatos de avanzada edad se observan cambios en la silueta cardiaca en ambas proyecciones radiográficas debidos a una mayor protrusión del cayado aórtico (fig. 31).



Figuras 28a y 28b. Radiografía lateral torácica de dos gatos sanos. En (a) el animal presenta una condición física normal con respecto de (b), el cual presenta obesidad. Obsérvese la mayor acumulación de grasa falciforme (flecha roja) y pericárdica (flecha verde) en el animal obeso (b), lo que provoca dificultad en la identificación de la silueta cardiaca y una apariencia más broncointersticial del patrón pulmonar.



Figuras 29a y 29b. Radiografías ventrodorsales de tórax de dos gatos sanos. Obsérvese una condición física normal (a) y obesa (b). La silueta cardiaca en el animal obeso presenta un contorno poco definido. Las flechas señalan la distinta cantidad de grasa subcutánea en ambos casos.



Figuras 30a y 30b. Radiografías ventrodorsales de tórax en dos perros sanos de raza Labrador Retriever de peso similar pero con condiciones físicas distintas: normal (a) y obeso (b). Obsérvese la mayor acumulación de grasa subcutánea en el animal obeso (flechas) y la distinta apariencia de la silueta cardiaca.

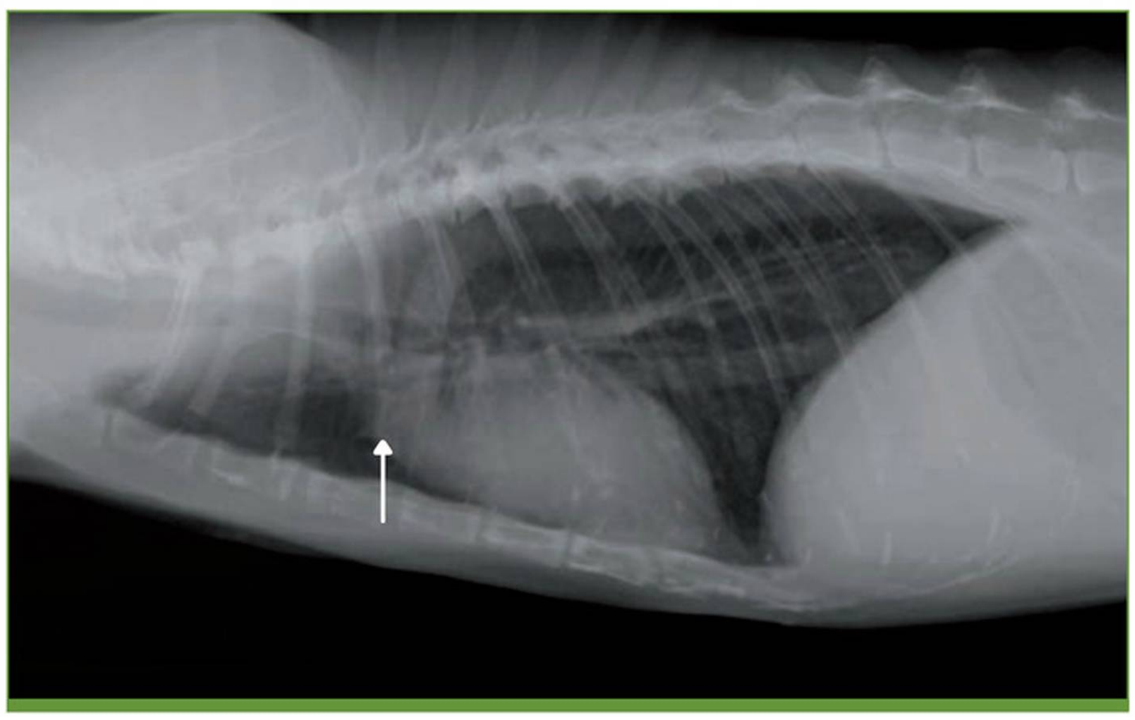


Figura 31a. Radiografía lateral del tórax de un gato de 14 años de edad. Obsérvese el marcado acostamiento esternal de la silueta cardiaca (flecha) que, debido a una protrusión del cayado aórtico, es típico de individuos geriátricos en esta especie.

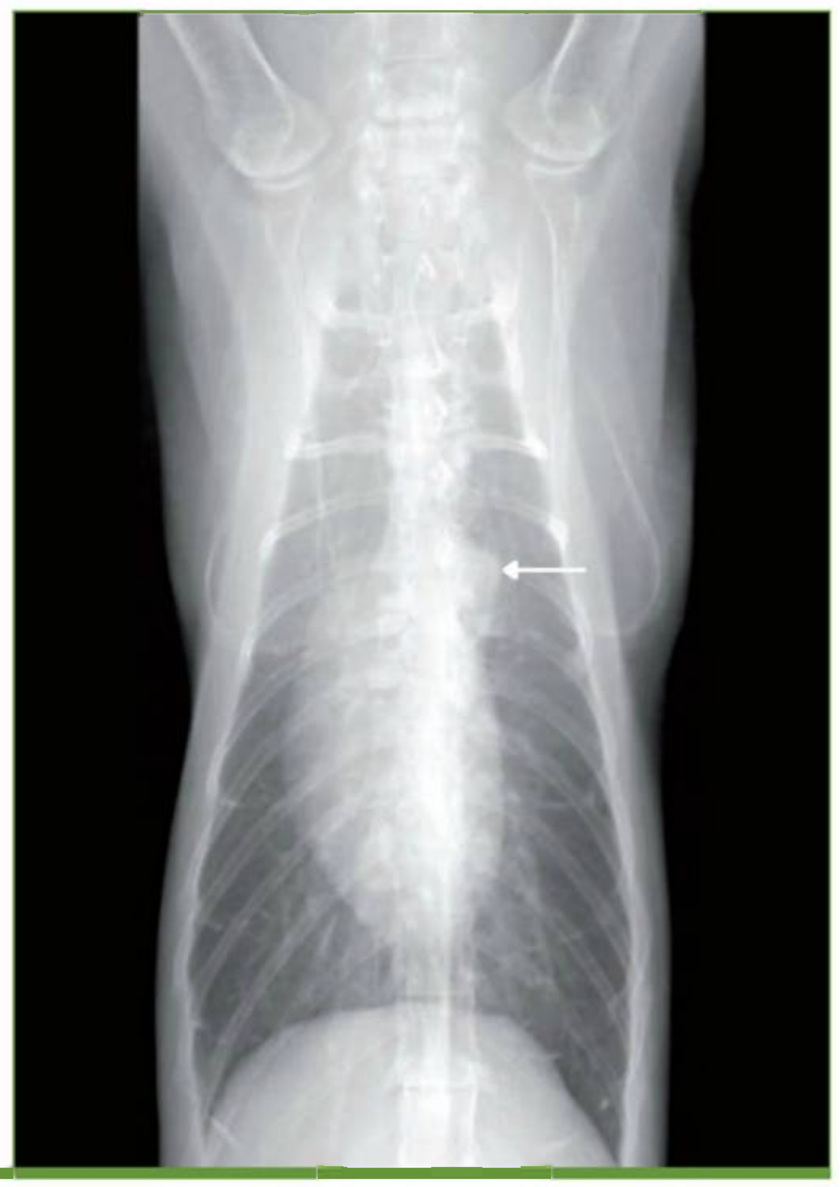


Figura 31b. Radiografía ventrodorsal del tórax de un gato de 14 años de edad. Obsérvese el abultamiento del cayado aórtico (flecha), típico de individuos geriátricos en esta especie.

Campo pulmonar y espacio pleural

El pulmón es un órgano que consta de una parte funcional (parénquima) y otra estructural (estroma). El parénquima pulmonar se observa bastante radiolúcido en las radiografías debido a la gran cantidad de aire que presentan el árbol traqueobronquial y los alveolos, la cual es variable dependiendo del ciclo respiratorio. Sin embargo, siempre existen marcas de estructuras más radiopacas en un pulmón, debido a la presencia de los vasos (arterias y venas) pulmonares de diversos tamaños, y a la presencia del estroma del órgano que es rico en fibras conjuntivas. Por ello, y aunque el pulmón tiende a observarse siempre radiolúcido, en individuos sanos la calidad de esta densidad radiográfica va a depender de la edad del animal (fig. 31), de su grado de engrasamiento (figs. 28 a 30) y del momento del ciclo respiratorio (fig. 32).

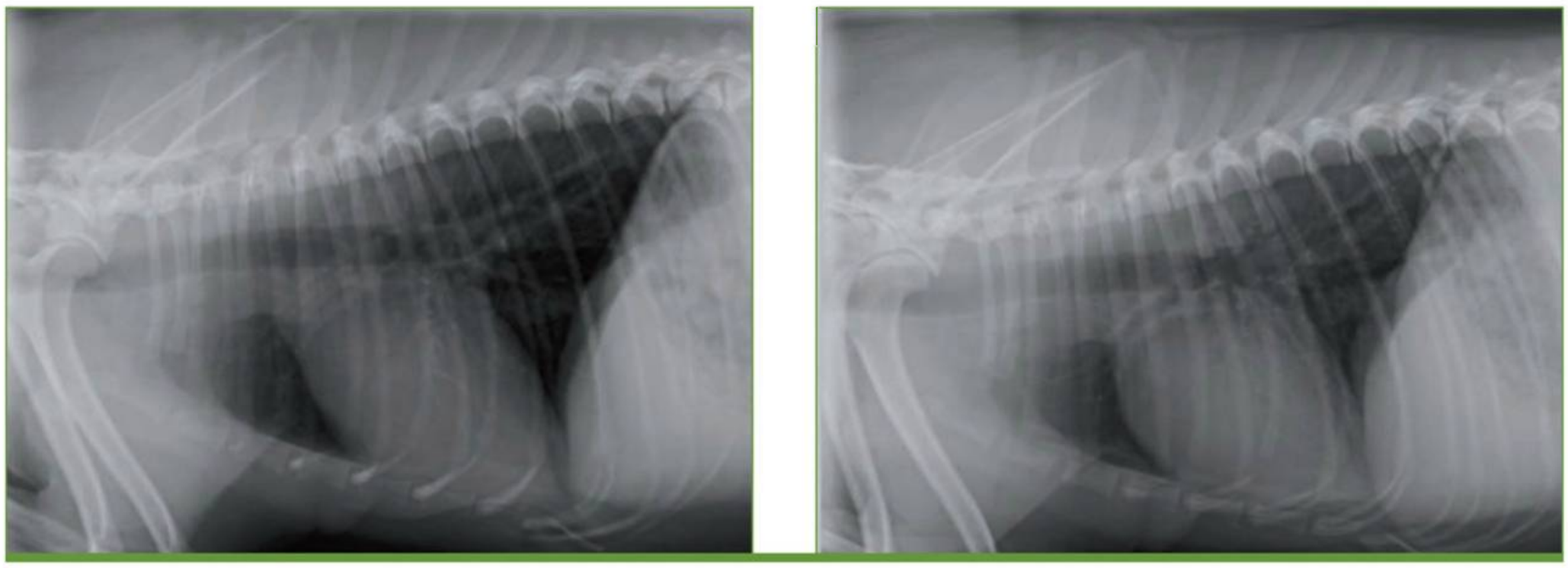


Figura 32. Radiografías laterales del tórax del mismo animal tomadas en diferentes fases del ciclo respiratorio. En la imagen de la izquierda (inspiración) se observa el parénquima pulmonar más radiolúcido que en la de la derecha (espiración).

Los lóbulos pulmonares no pueden verse individualmente en una radiografía de tórax de un animal sano. Ello es debido a que las pleuras viscerales que recubren el pulmón son lo suficientemente finas como para ser invisibles radiológicamente (fig. 33). Únicamente cuando se engruesan (por la edad o después de sufrir una inflamación, fig. 34), o cuando existe algún tipo de fluido o aire libre en la cavidad pleural (fig. 35), se marcarán los límites anatómicos de cada lóbulo. El espacio pleural no es visible radiológicamente en un animal sano.

Figura 33. Radiografía ventrodorsal del tórax de un gato normal, en la que pueden verse las distintas áreas de proyección de los lóbulos pulmonares. Los límites anatómicos exactos de cada uno de los lóbulos no pueden verse.

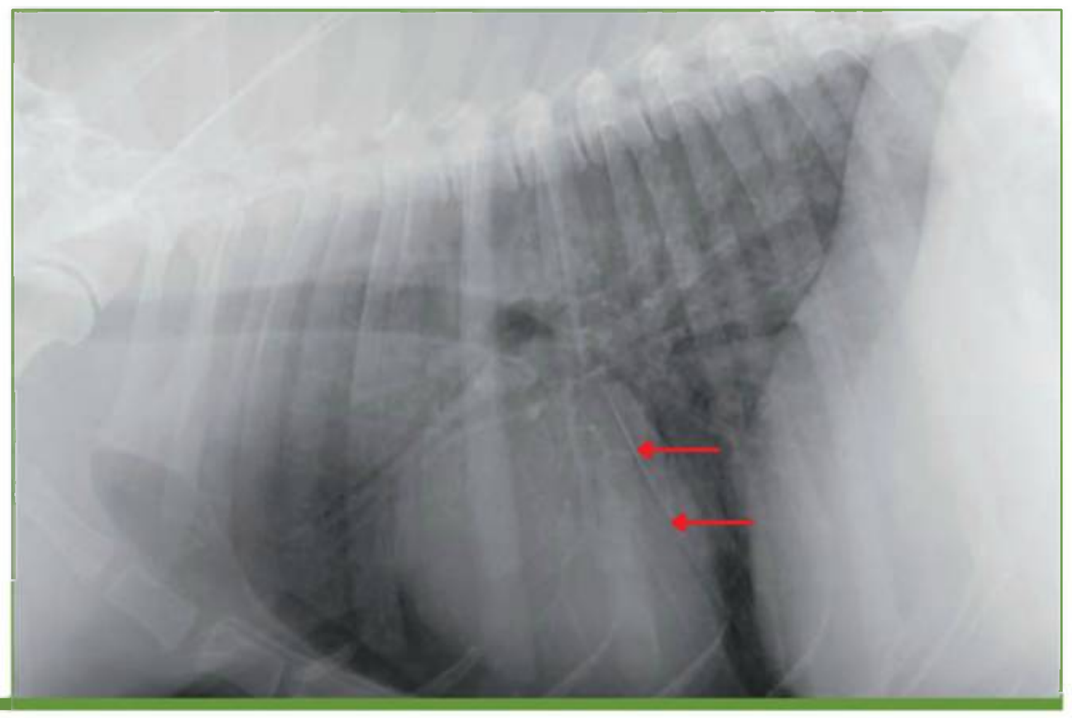


Figura 34. Radiografía lateral derecha del tórax de un perro. Las flechas señalan una línea radiopaca que surca el tórax dorsoventralmente superpuesta al aspecto caudal del corazón. Esta línea representa la superposición de las pleuras viscerales de dos lóbulos pulmonares que presentan un cierto engrosamiento debido a fibrosis focal. Cuando observamos estas delgadas líneas, no es posible diferenciar entre un engrosamiento de la pleura y la presencia de una pequeña cantidad de fluido libre en el tórax.

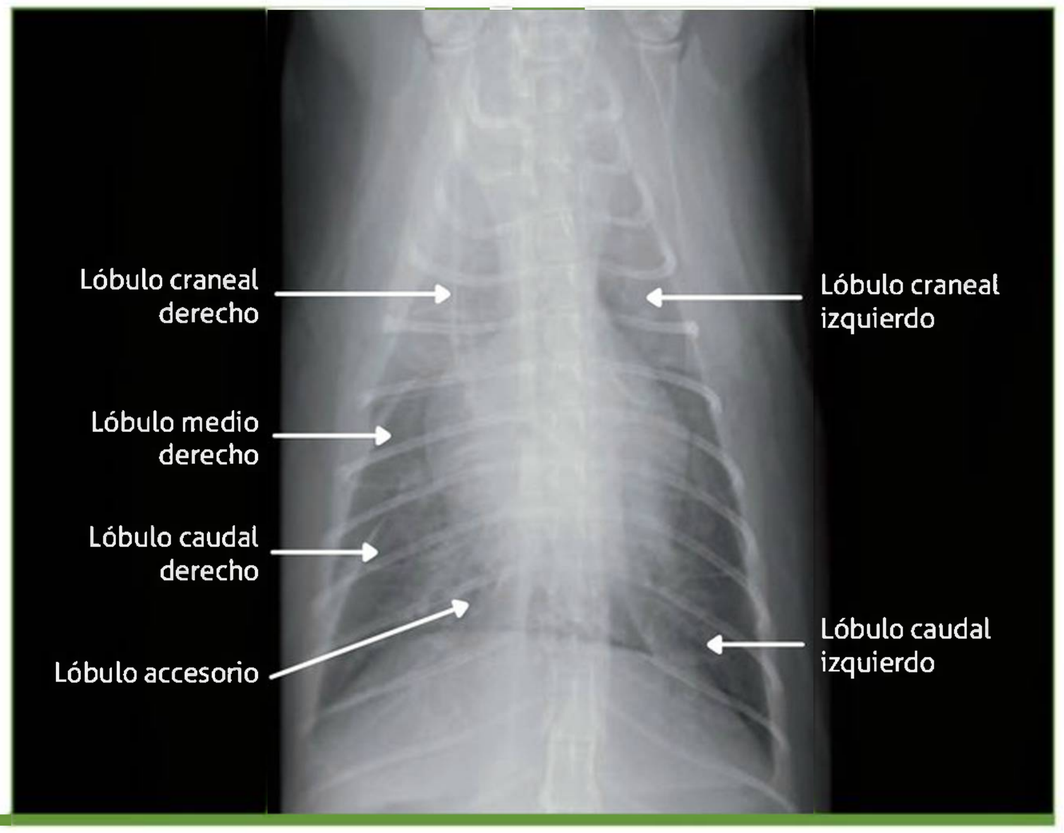


Figura 35. Radiografía ventrodorsal del tórax de un gato que presenta efusión pleural. Obsérvense los distintos lóbulos pulmonares separados por características líneas pleurales.

Mediastino

El mediastino es el espacio situado entre los dos pulmones, limitando lateralmente con las porciones pleurales de dichos pulmones. Por el mediastino craneal discurren grandes vasos arteriales y venosos que van o vienen de la cabeza y el miembro torácico. Debido al escaso contraste radiográfico existente en este espacio mediastínico craneal, estructuras como la vena cava craneal, el tronco braquiocefálico, las arterias subclavias y carótidas o las venas yugulares no pueden distinguirse como estructuras individuales. A este nivel, únicamente la tráquea es visible, la cual, en su porción torácica, avanza desde la entrada del tórax hasta la base cardiaca ligeramente desviada hacia el hemitórax derecho, donde acaba en la carina traqueal, bifurcándose en los distintos bronquios principales (figs. 36, 37a y 37b). El espacio mediastínico craneal es un lugar frecuente de depósito de grasa, hecho que hay que tener en cuenta para no confundir en el diagnóstico con una masa mediastínica (fig. 38). Asimismo, en animales que no han llegado a la edad adulta puede en ocasiones identificarse el timo (fig. 39). El corazón se considera el órgano por excelencia en el mediastino medio, apreciándose de manera definida su silueta como ya hemos visto anteriormente. En la porción mediastínica caudal se observa la silueta de la vena cava caudal (figs. 40 y 41). Los nódulos linfáticos mediastínicos están presentes tanto en la porción craneal (mediastínicos craneales, situados dorsalmente a la segunda esternebra) como en la bifurcación traqueal (traqueobronquiales), pero no son visibles radiográficamente en condiciones normales. La porción torácica del esófago también discurre por el mediastino, pero apenas es visible en condiciones normales, pudiendo verse en ocasiones una pequeña cantidad de gas dentro de su luz.

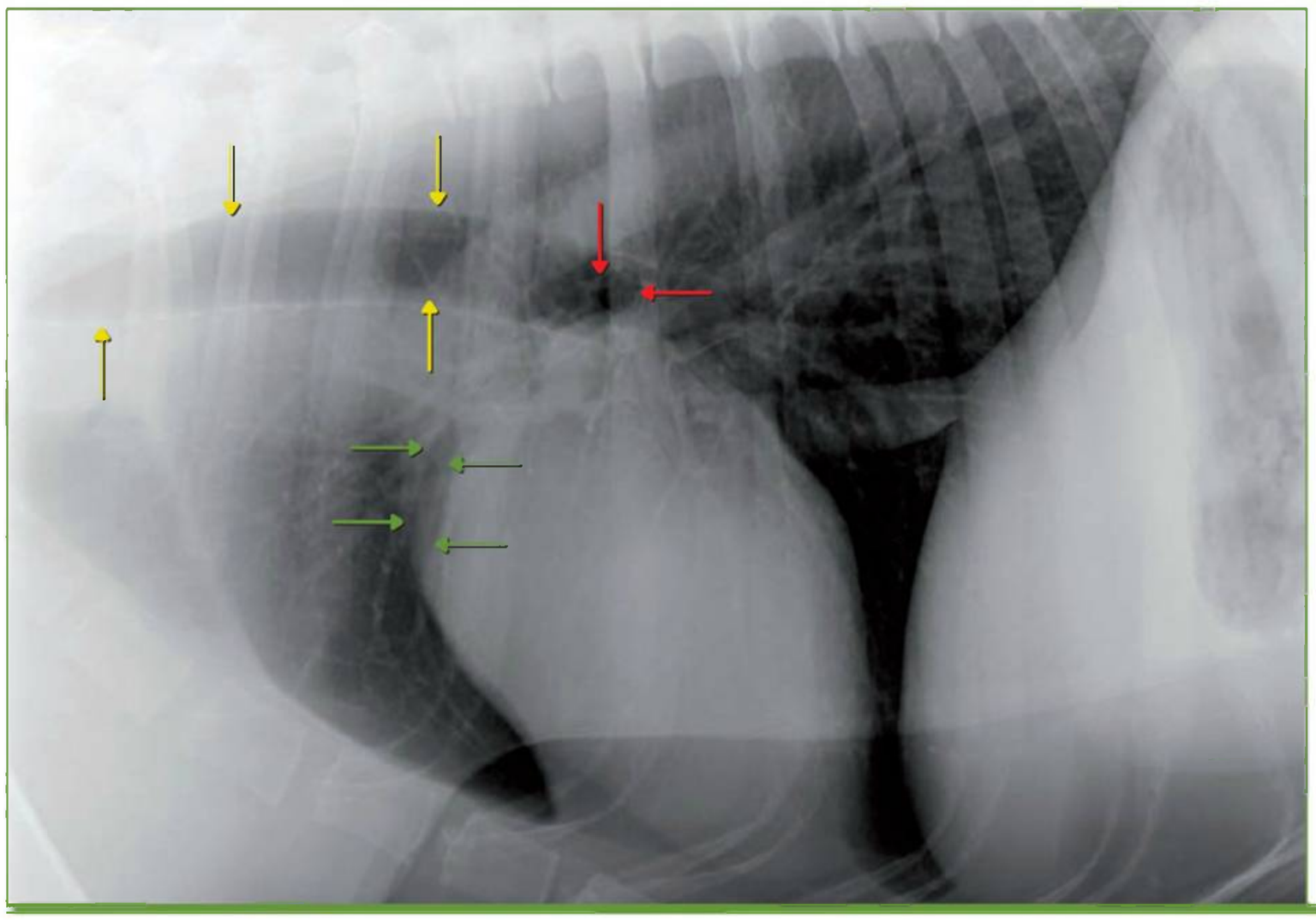


Figura 36. Radiografía lateral del tórax de un perro sano, mostrando el trayecto de la porción torácica de la tráquea (flechas amarillas), su bifurcación o carina (flechas rojas) y el trayecto del bronquio craneal izquierdo (flechas verdes).

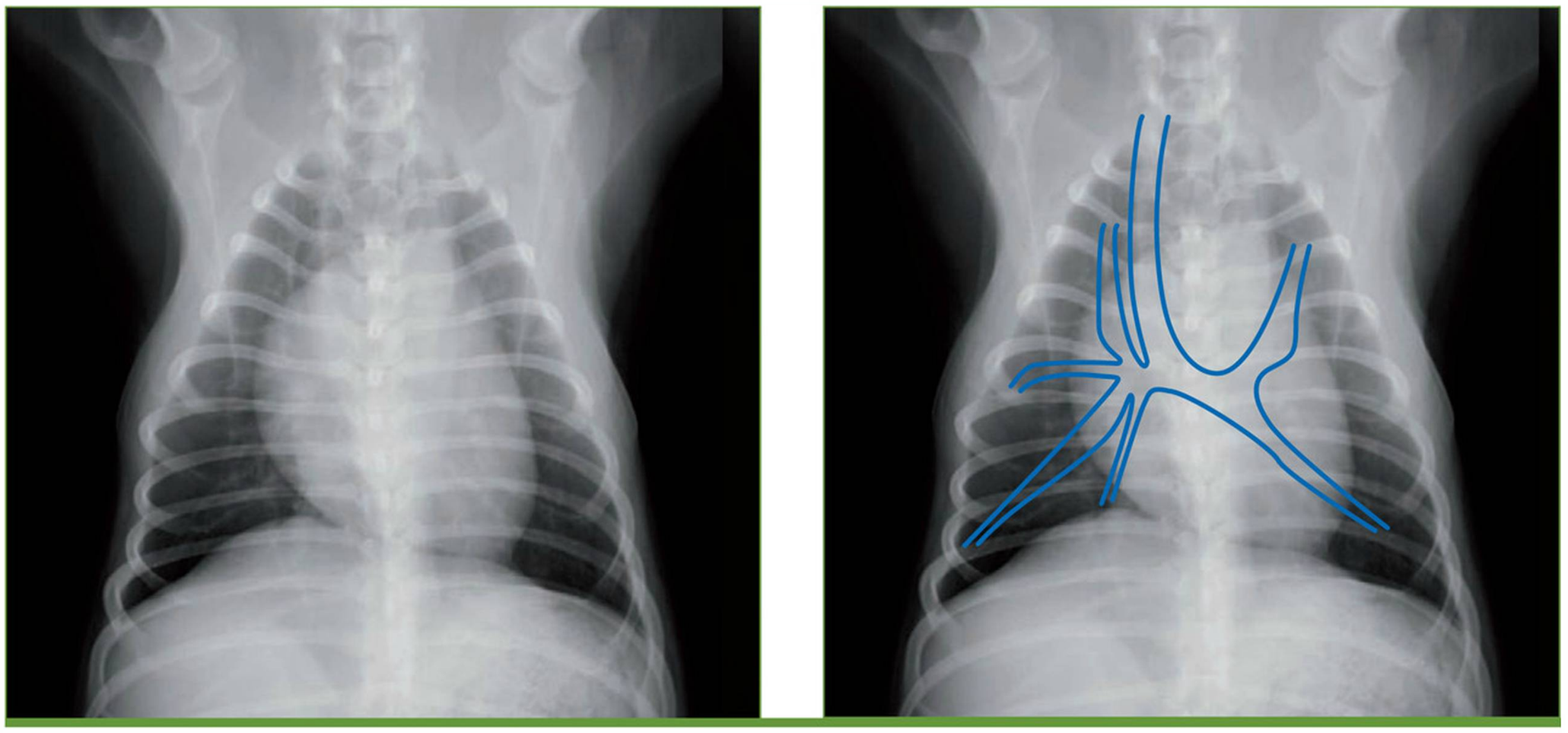


Figura 37a. Esquema del trayecto de la tráquea hasta su bifurcación y posterior división en el árbol bronquial, tomando como modelo una proyección ventrodorsal de un Carlino sano. La radiografía original puede verse a la izquierda. Obsérvese que la tráquea discurre ligeramente a la derecha de la columna vertebral en el mediastino craneal y medio para dividirse en el centro de la silueta cardiaca en seis bronquios principales (craneal, medio, accesorio y caudal derechos y craneal y caudal izquierdos).

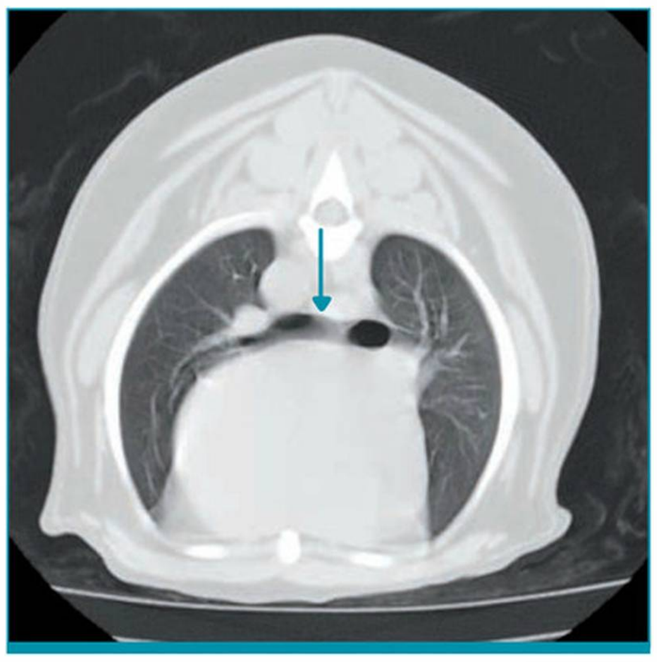


Figura 37b. Imagen tomográfica transversal del tórax en un perro, a nivel de la bifurcación traqueal (flecha). Obsérvese como la carina se sitúa inmediatamente dorsal a la base cardiaca.

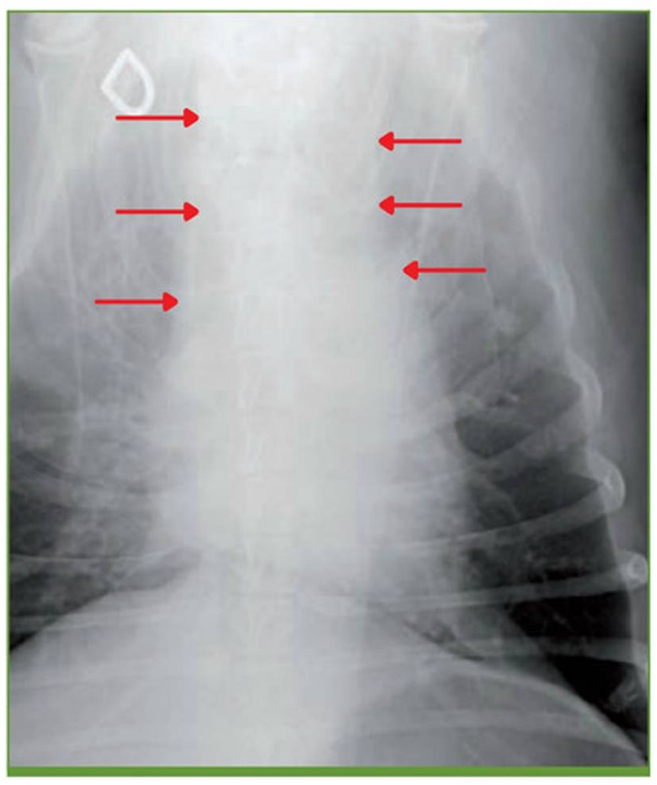


Figura 38. Radiografía ventrodorsal del tórax en un perro obeso. Obsérvese como existe un ensanchamiento del mediastino craneal (flechas) provocado por la acumulación de grasa en esta área. Es conveniente no realizar un diagnóstico erróneo de masa mediastínica craneal. Compárese esta imagen con individuos de condición física más magra (figs. 6b o 7b).

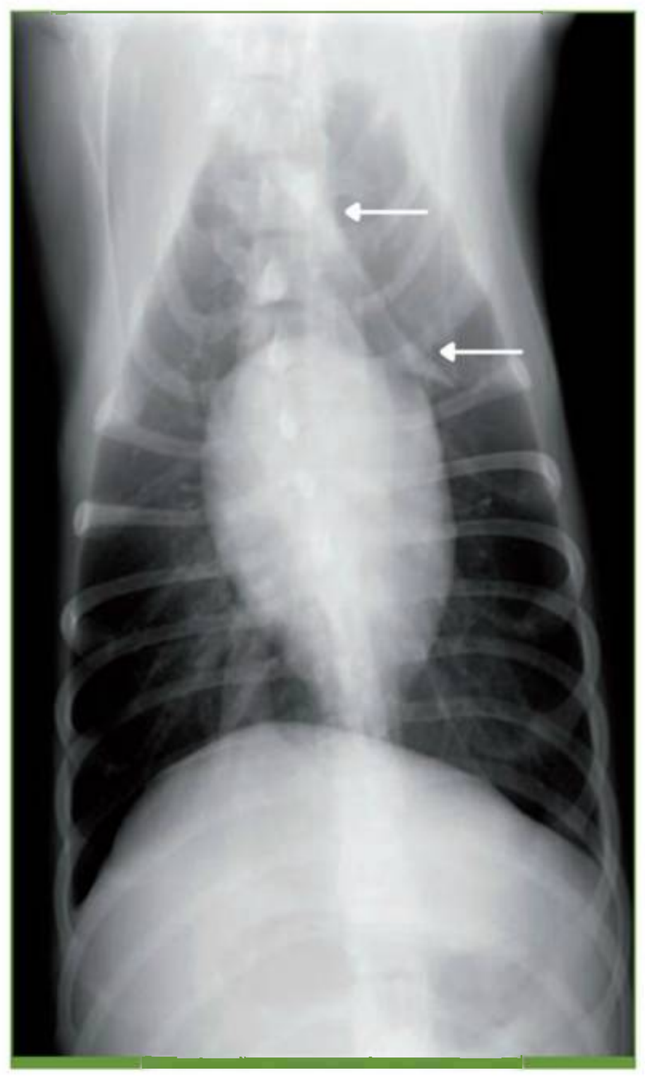


Figura 39. Radiografía ventrodorsal del tórax en un perro de 7 meses de edad. Obsérvese la morfología triangular del timo (flechas) que asemeja a la vela de un barco y que se localiza en el aspecto craneal izquierdo del mediastino. Esta imagen no se obtiene en un animal adulto.

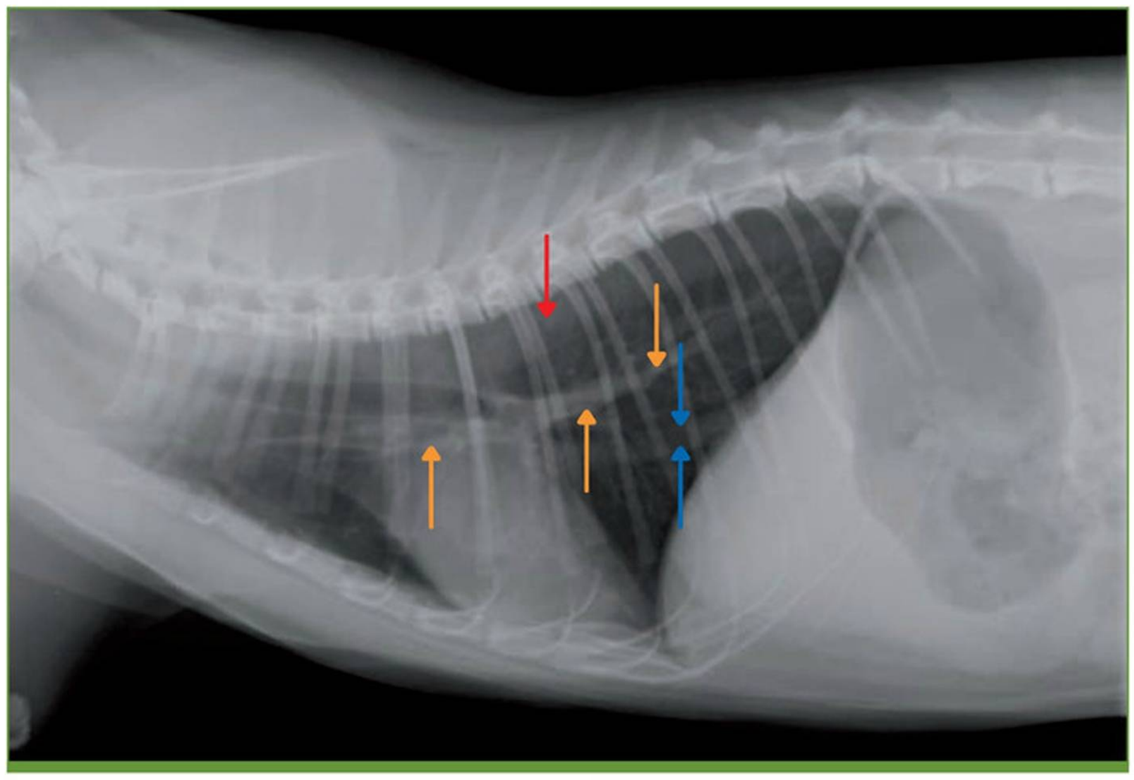


Figura 40. Radiografía lateral del tórax de un gato sano, en la que se indica mediante flechas distintos elementos vasculares. La arteria aorta (en rojo) y la vena cava caudal (en azul) son estructuras mediastínicas. Los vasos pulmonares se señalan en color naranja.

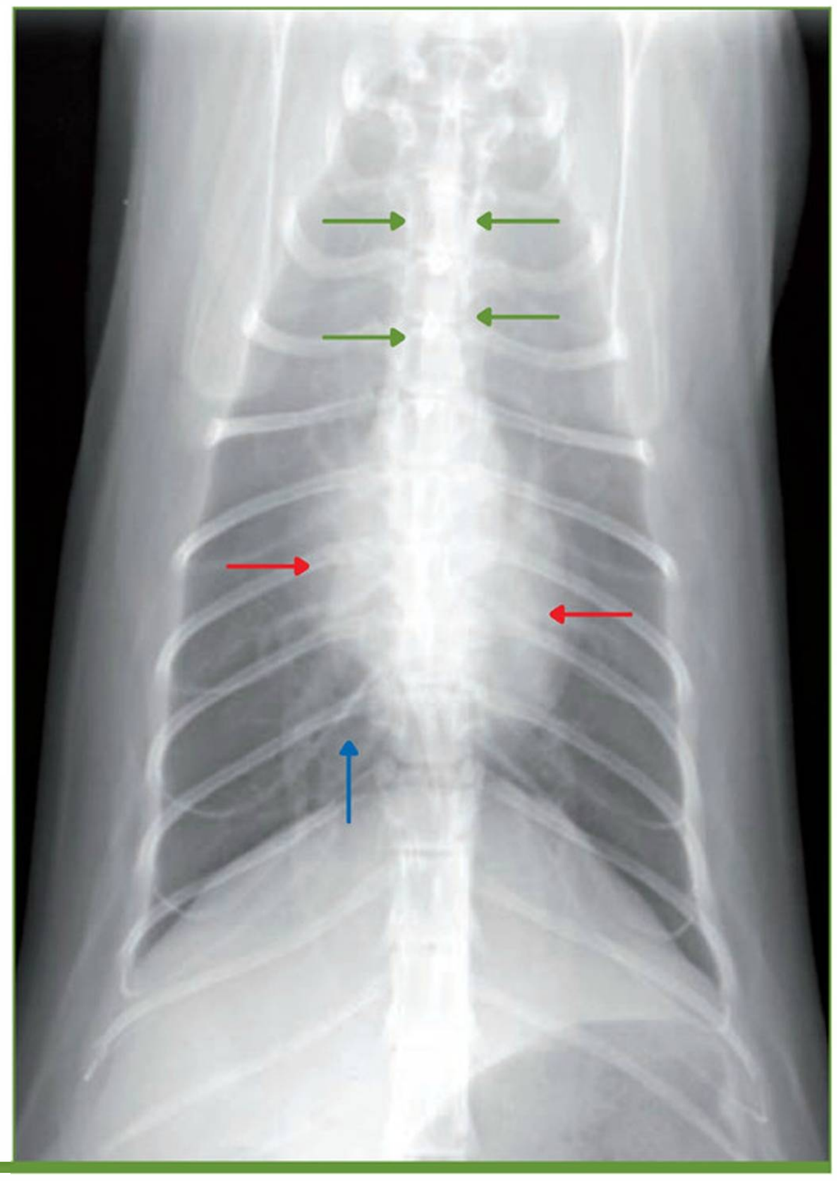


Figura 41. Radiografía ventrodorsal del tórax de un gato adulto sano, en la que se indica mediante flechas las tres áreas anatómicas del mediastino. En el mediastino craneal no se diferencian estructuras (verde), el medio está representado por el corazón (rojo) y en el caudal (azul oscuro) se encuentra la vena cava.

Diafragma

El diafragma es un músculo aplanado de morfología circular que divide al tronco en dos mitades e independiza la cavidad torácica de la abdominal, facilitando así la respiración. Se trata del principal músculo inspiratorio, con tres porciones diferenciadas: muscular, tendinosa y los pilares. La porción muscular es periférica y se inserta en la cara medial de varias costillas tirando de ellas en el ejercicio de su función inspiratoria. Asimismo, los pilares izquierdo y derecho del diafragma son también porciones musculares, pero en este caso gruesas y acintadas, que se sitúan dorsalmente y se insertan en el aspecto ventral de las vértebras L2 y L3. Ambos pilares forman un trayecto o hiato dorsal por el que la arteria aorta puede pasar al abdomen. Por último, la porción tendinosa del diafragma constituye su área central y presenta dos soluciones de continuidad, que en sentido dorsoventral son el hiato esofágico y el hiato de la vena cava caudal.

Radiológicamente, el diafragma aparece representado por una serie de líneas que claramente delimitan las cavidades torácica y abdominal. Así, pueden distinguirse los dos pilares y la cúpula diafragmática ventral (figs. 42a y 42b). Dada la disposición asimétrica del diafragma, el tórax y el abdomen en los mamíferos, la apariencia radiográfica de la cúpula y los pilares varía dependiendo de la proyección anatómica que se considere (figs. 43 y 44).

Las únicas soluciones de continuidad anatómicamente normales en el diafragma son los hiatos anteriormente descritos. Cualquier otra discontinuidad diafragmática es patológica y considerada como una hernia de origen traumático o congénito.

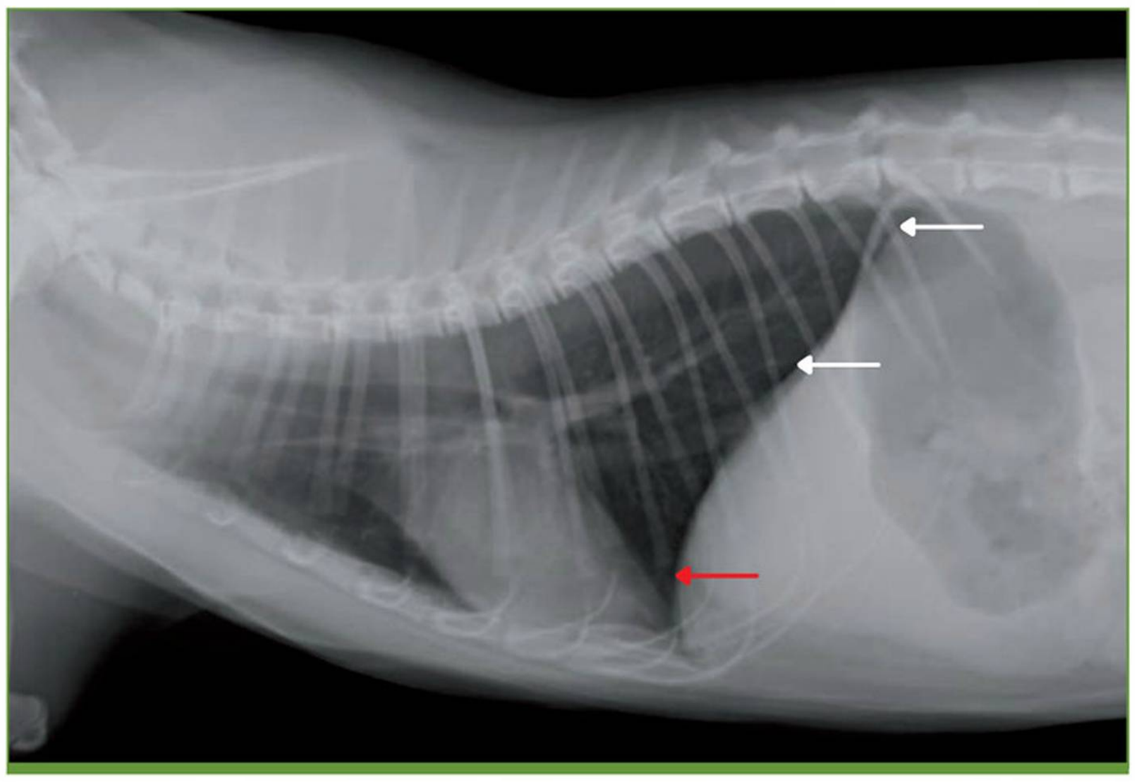


Figura 42a. Radiografía lateral del tórax de un gato normal, en la que se señalan las diferentes líneas diafragmáticas. Cúpula (en rojo) y pilares derecho (cercano a la vena cava, en blanco) e izquierdo (superpuesto con la sombra gástrica, en blanco).

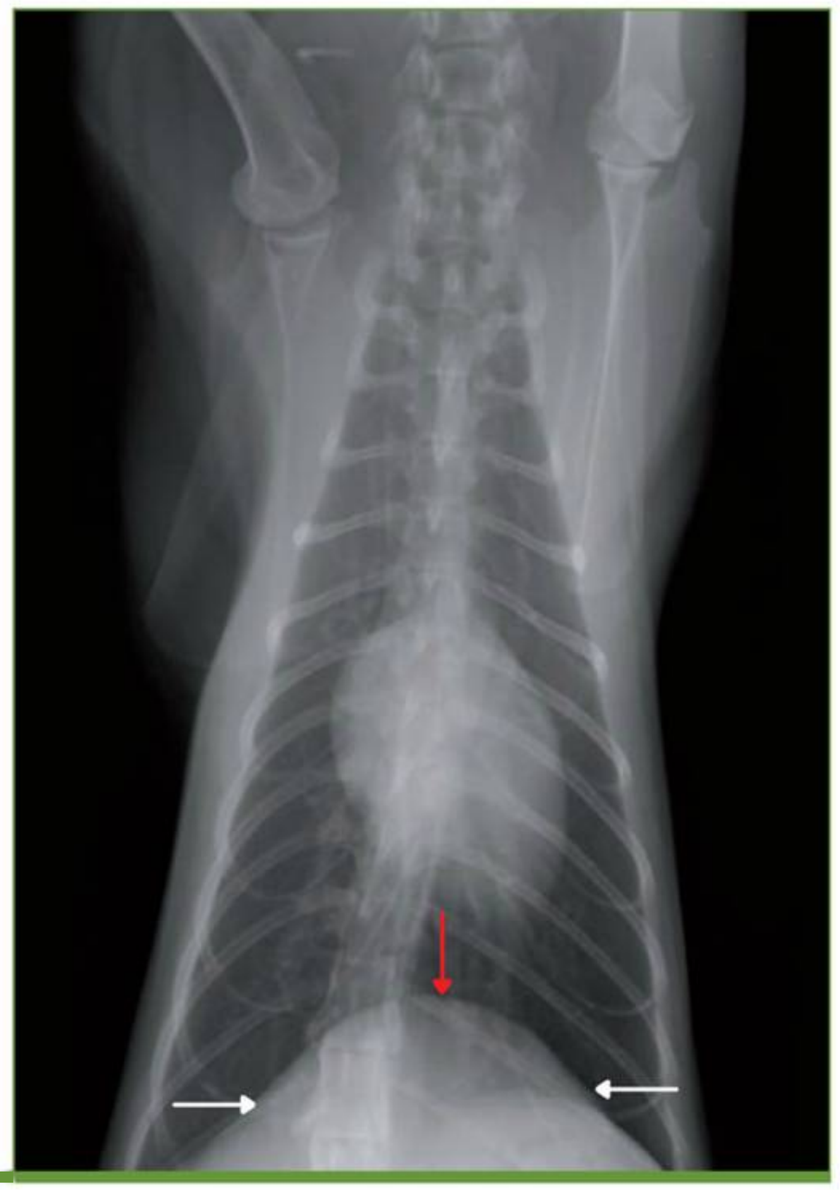


Figura 42b. Radiografía ventrodorsal del tórax de un gato normal, en la que se señalan las diferentes líneas diafragmáticas. Cúpula (rojo) y pilares derecho e izquierdo (en blanco).

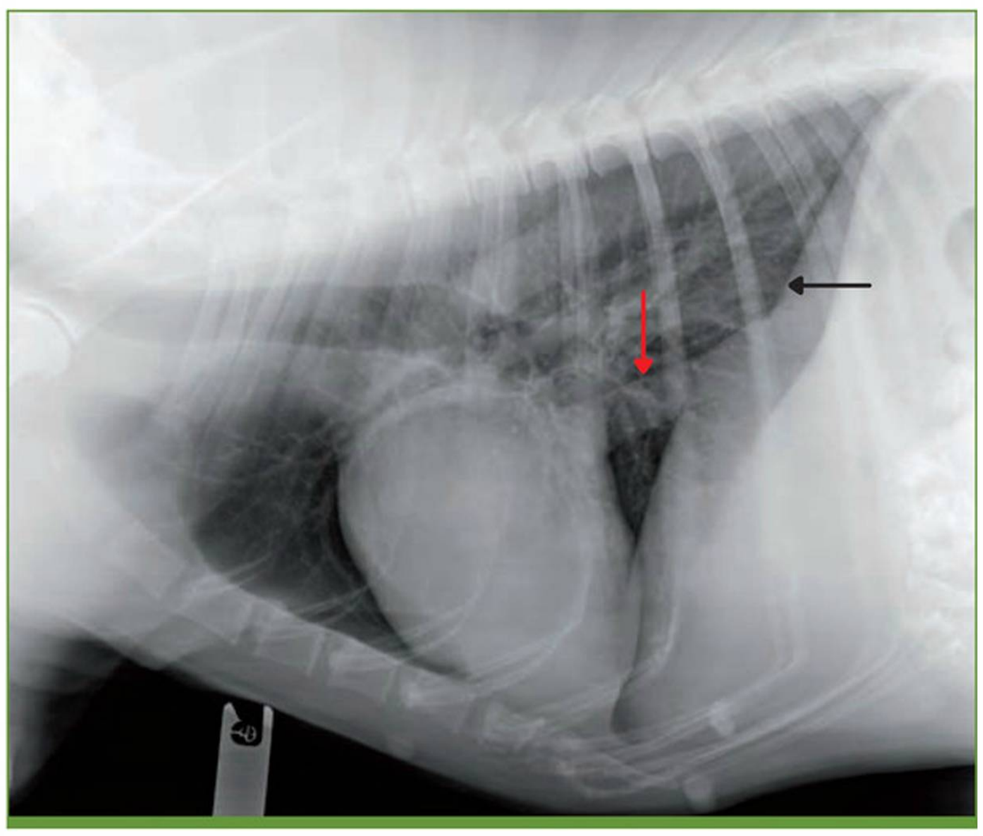


Figura 43. Radiografía del tórax de un perro tomada en decúbito lateral derecho. Obsérvese la disposición aproximadamente paralela de los dos pilares diafragmáticos. La vena cava caudal (flecha roja) atraviesa el diafragma por su pilar derecho (flecha negra), que queda situado craneal mente en esta proyección.

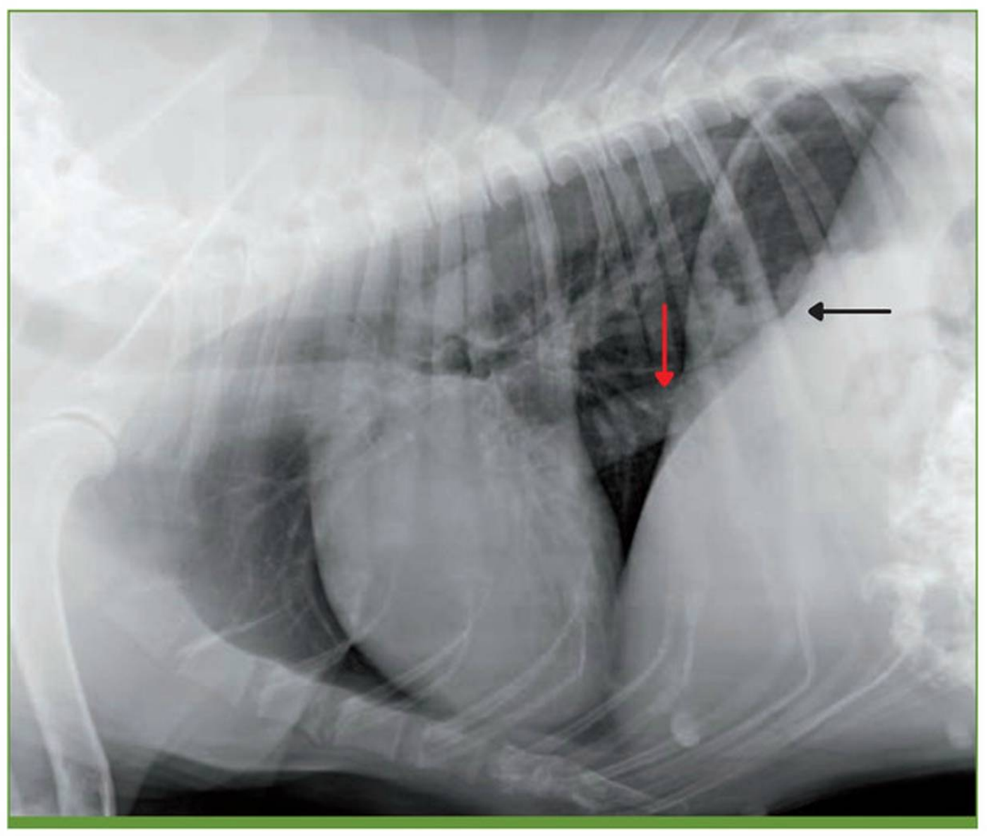


Figura 44. Radiografía lateral del tórax tomada en decúbito lateral izquierdo (mismo perro de la figura 43). Obsérvese el entrecruzamiento de los pilares diafragmáticos. La vena cava caudal (flecha roja) atraviesa el diafragma por el pilar derecho (flecha negra), que queda situado caudalmente en esta proyección. La silueta cardiaca aparece levemente más redondeada en esta proyección lateral izquierda.

Estructuras esqueléticas torácicas y abdomen craneal

El tórax es una estructura diseñada con una doble función. Por un lado, es necesaria en su construcción una relativa flexibilidad para ejercer su función respiratoria adecuadamente. Por otro, para preservar la integridad de órganos vitales frente a posibles ataques externos. Así, el tórax está rodeado de una serie de elementos constitutivos óseos que cumplen la función dual antes descrita. Dorsalmente se sitúa la porción torácica de la columna vertebral, ventralmente el esternón y, lateralmente, queda flanqueado a ambos lados por las extremidades anteriores en su porción más craneal y por las costillas hasta bien pasado el comienzo de la cavidad abdominal.

Por tanto, y como tales estructuras óseas, es necesario evaluar su integridad en cuanto a traumatismos o signos de osteolisis se refiere, así como examinar las articulaciones que sean visibles.

Respecto al abdomen craneal, hay que recordar que, puesto que la caja torácica recubre la porción más anterior del abdomen, siempre aparece una pequeña porción del mismo en las radiografías torácicas. Las sombras de las siluetas hepáticas y gástricas suelen ser visibles, así como también puede, aproximadamente, predecirse la calidad del contraste radiográfico que presenta el abdomen. Por tanto, es especialmente importante prestar atención al abdomen visible en una radiografía torácica, ya que en ocasiones puede darnos información acerca de los siguientes pasos diagnósticos que debemos realizar.

Anatomía tomográfica del tórax

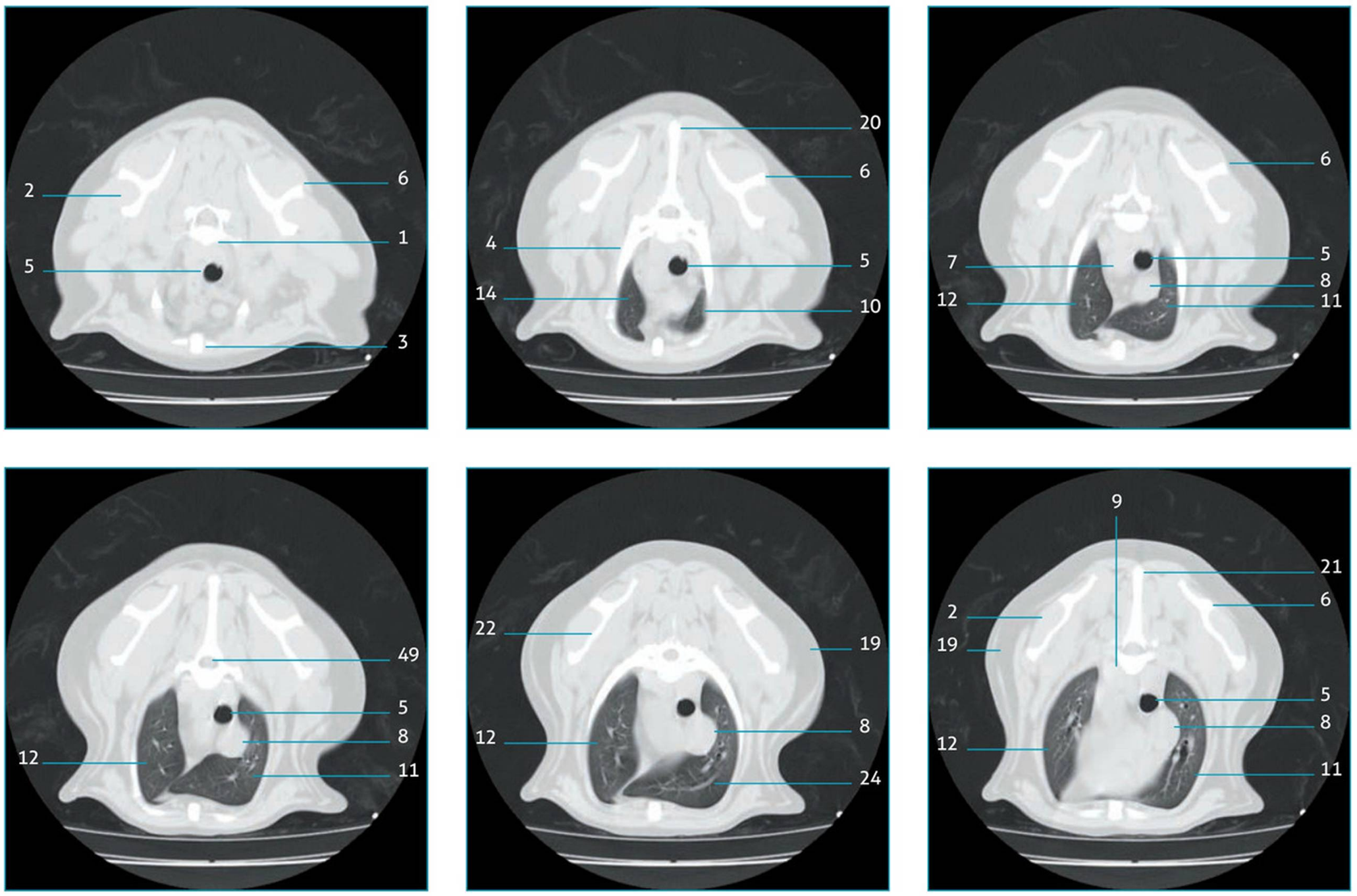
Para realizar la exploración tomográfica del tórax el animal se coloca normalmente en decúbito supino y debe ser anestesiado para evitar cualquier movimiento indeseado que interfiera con la exploración.

En la tomografía, el tubo de rayos X gira alrededor del paciente mientras se emite la radiación. Por tanto, los cortes que se generan son transversales, teniendo habitualmente un grosor de plano de 5 mm. El espacio entre cortes oscila entre 1 y 5 mm, con un kilovoltaje de 120 kV.

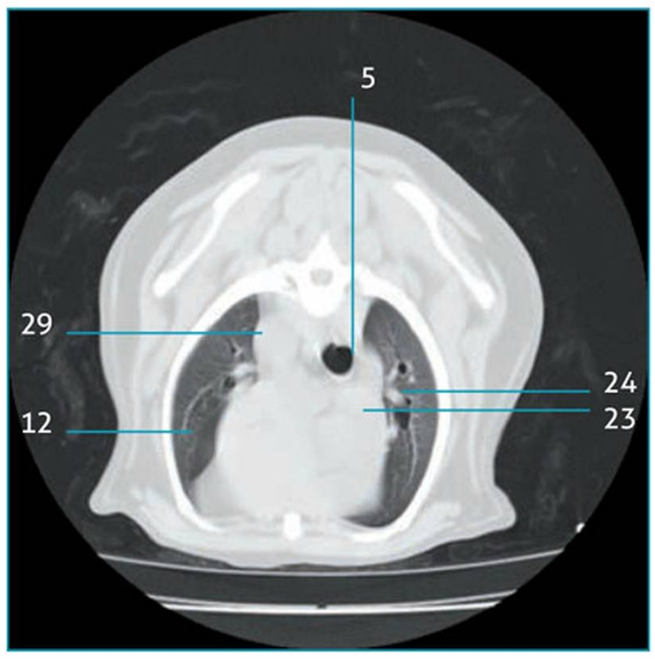
Es posible la adición de contraste yodado intravenoso (iohexol: 300 mg I_2/ml a razón de 2,2 ml/kg) para visualizar la vascularización torácica, con un tiempo ideal de retraso en la adquisición de imágenes de unos 5 segundos.

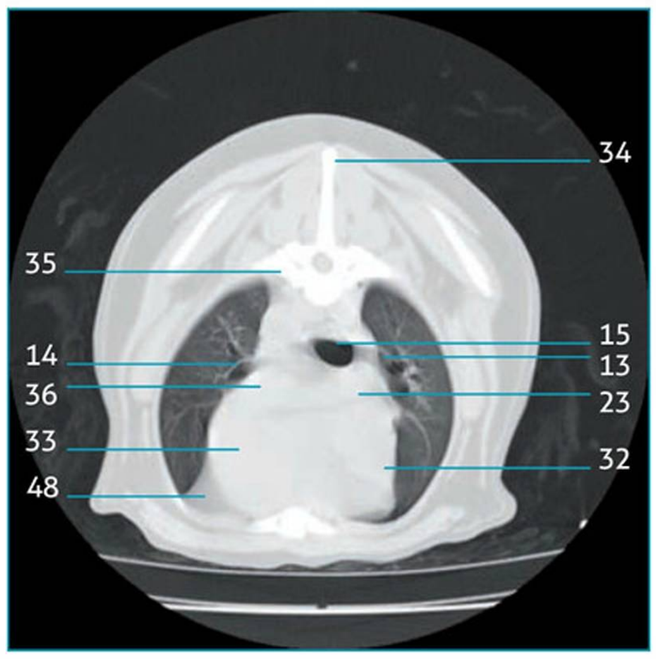
En las figuras 45 a 65 se describe la apariencia tomográfica normal del tórax en un perro adulto en secciones transversales distanciadas entre sí 1 cm, siguiendo un sentido craneocaudal. Obsérvese como la grasa y el aire ejercen de contraste natural en la definición de las estructuras.

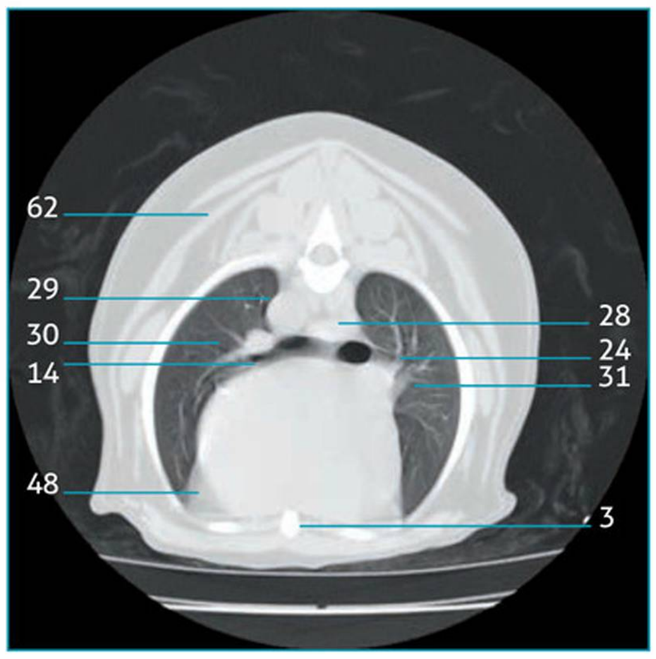
Figuras 45 a 65. Secciones tomográficas transversales del tórax de un perro con ventana de tejidos blandos. Las imágenes se muestran dispuestas correlativamente en sentido craneocaudal. El espacio entre cortes es de 1 cm.

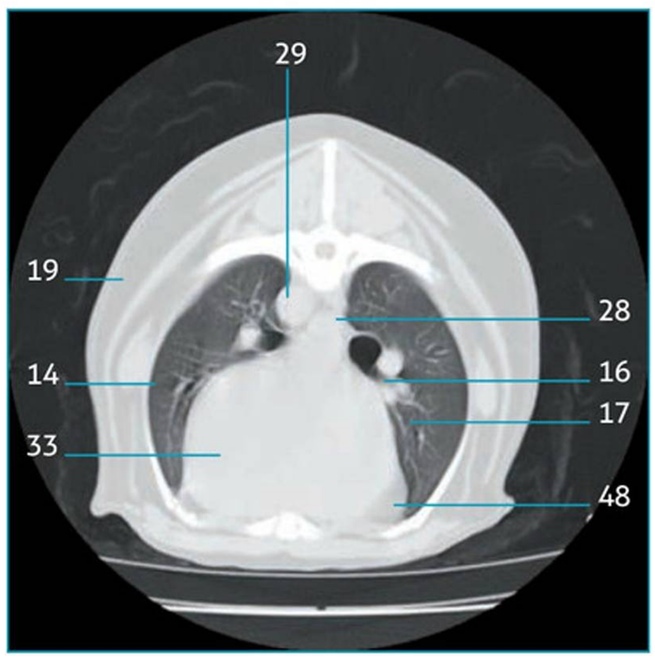


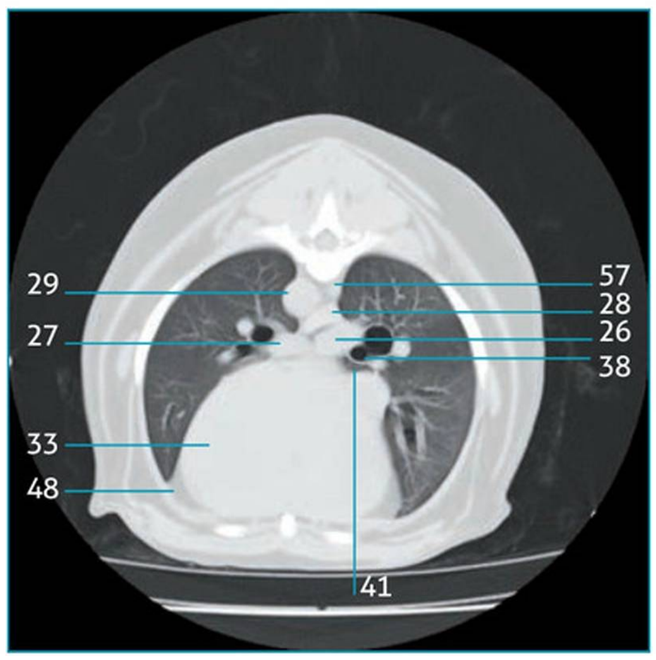
1. Cuerpo de la 7ª vértebra cervical.
2. Músculo supraespinoso derecho.
3. Esternón.
4. Primera costilla izquierda.
5. Tráquea torácica.
6. Espina de la escápula derecha.
7. Tronco braquiocefálico.
8. Vena cava craneal.
9. Músculo largo del cuello.
10. Extremo apical del lóbulo craneal derecho.
11. Lóbulo craneal derecho.
12. Lóbulo craneal izquierdo.
13. Bronquio craneal derecho.
14. Bronquio craneal izquierdo.
15. Bifurcación traqueal o carina.
16. Bronquio del lóbulo medio del pulmón derecho.
17. Lóbulo medio del pulmón derecho.
18. Músculo subescapular derecho.
19. Grasa subcutánea.
20. Apófisis espinosa de la 1ª vértebra torácica.
21. Apófisis espinosa de la 3ª vértebra torácica.
22. Fosa infraespinosa izquierda.
23. Aurícula derecha.
24. Arteria del lóbulo pulmonar craneal derecho.
25. Tronco arterial pulmonar.
26. Vena pulmonar del lóbulo caudal derecho.
27. Vena pulmonar del lóbulo caudal izquierdo.
28. Esófago.
29. Arteria aorta torácica.
30. Arteria del lóbulo pulmonar craneal izquierdo.
31. Vena del lóbulo pulmonar craneal derecho.
32. Ventrículo derecho.
33. Ventrículo izquierdo.
34. Bronquio craneal izquierdo.
35. Aurícula derecha.
36. Aurícula izquierda.
37. Vena cava caudal.
38. Bronquio del lóbulo accesorio del pulmón derecho.
39. Tríada (arteria/bronquio/vena) del lóbulo pulmonar caudal izquierdo.
40. Tríada (arteria/bronquio/vena) del lóbulo pulmonar caudal derecho.
41. Lóbulo accesorio del pulmón derecho.
42. Centro tendinoso del diafragma.
43. Fundus gástrico.
44. Pared gástrica.
45. Ingesta con material mineral en estómago.
46. Lóbulo pulmonar caudal derecho.
47. Lóbulo pulmonar caudal izquierdo.
48. Grasa pericárdica.
49. Médula espinal.
50. Cardias.
51. Hígado.
52. Grasa falciforme.
53. Apófisis espinosa de la undécima vértebra torácica.
54. Extremo caudodorsal del lóbulo caudal derecho.
55. Extremo caudodorsal del lóbulo caudal izquierdo.
56. Arteria aorta abdominal.
57. Vena ázigos derecha.
58. Píloro.
59. Duodeno.
60. Músculo longísimo del tórax.
61. Músculo multífido torácico.
62. Músculo dorsal ancho.
63. Fascia toracolumbar.
64. Bronquio caudal derecho.
65. Porción muscular del diafragma.
66. Vesícula biliar.

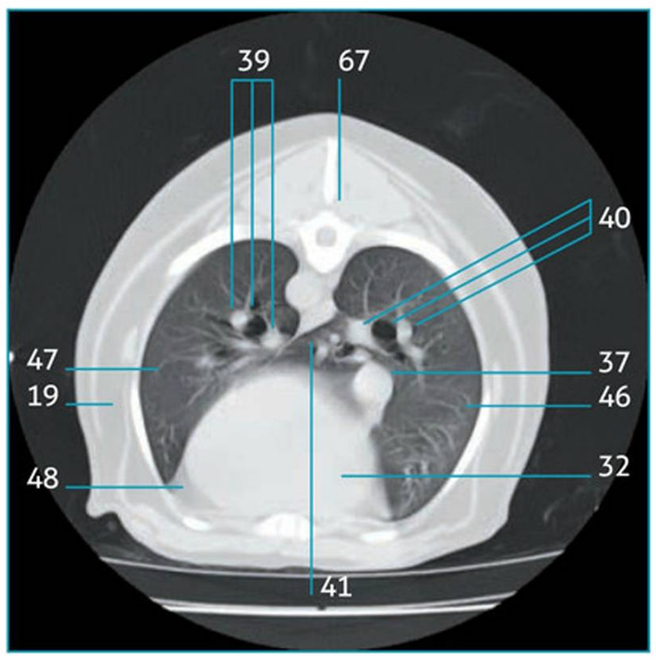




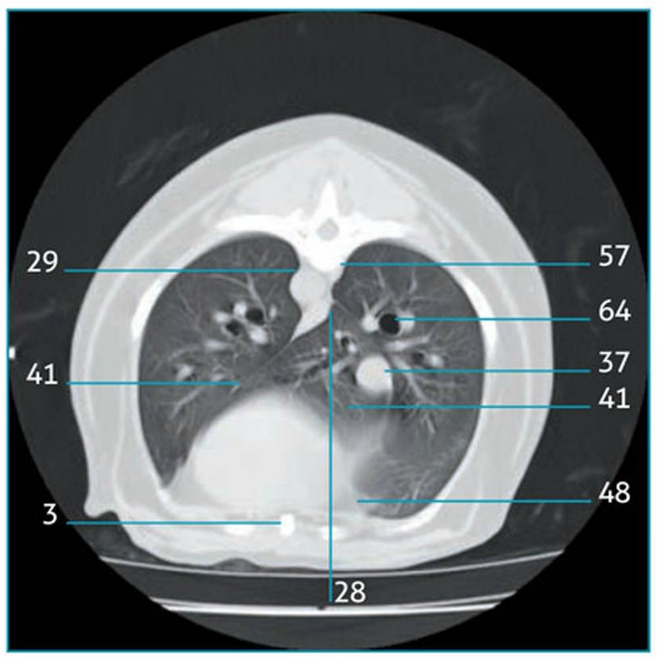


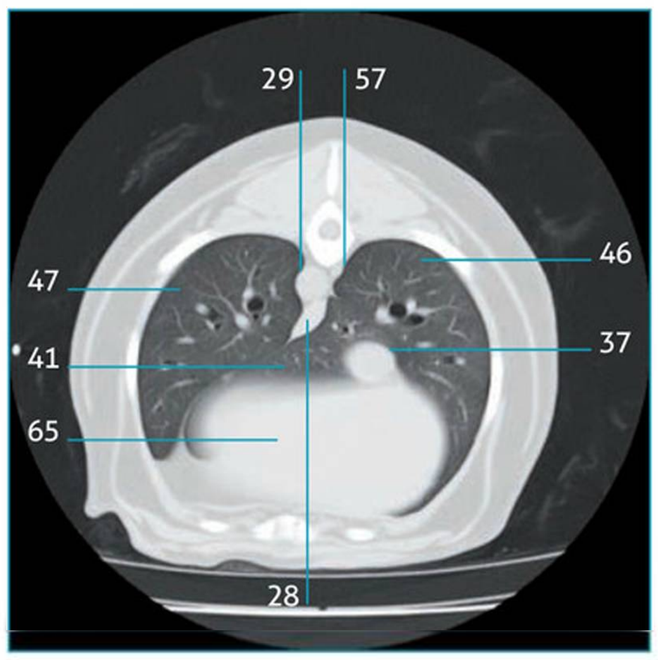


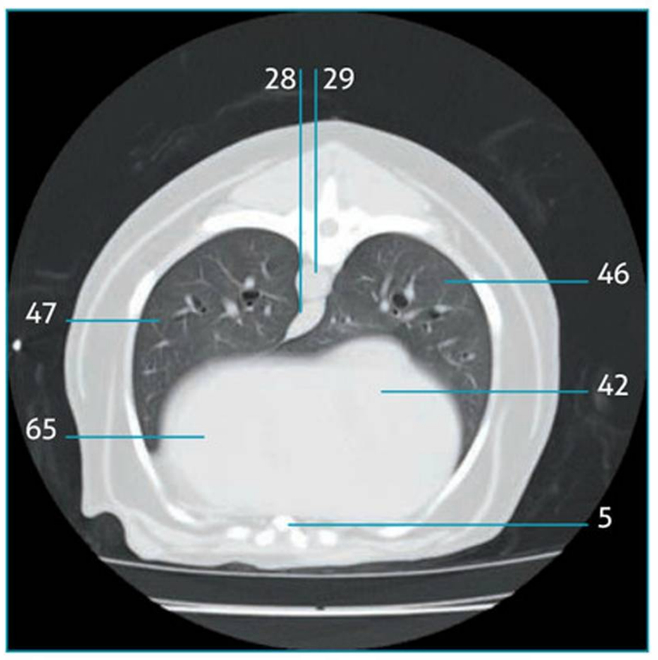


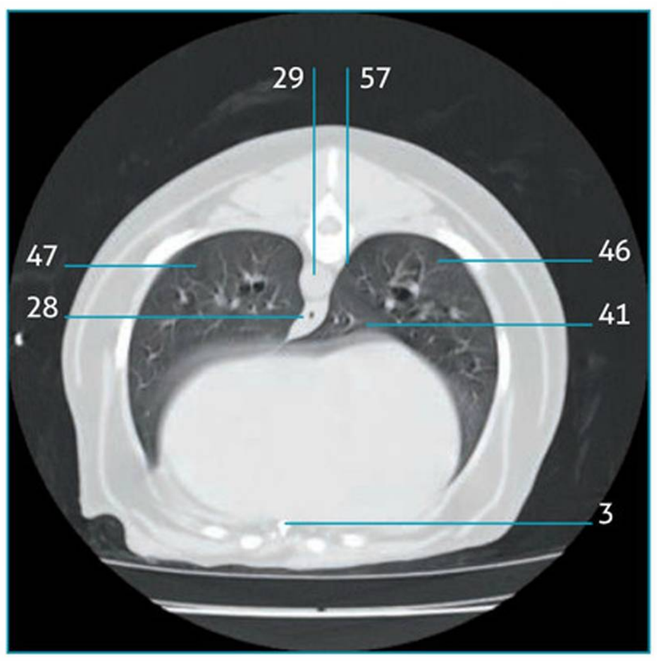


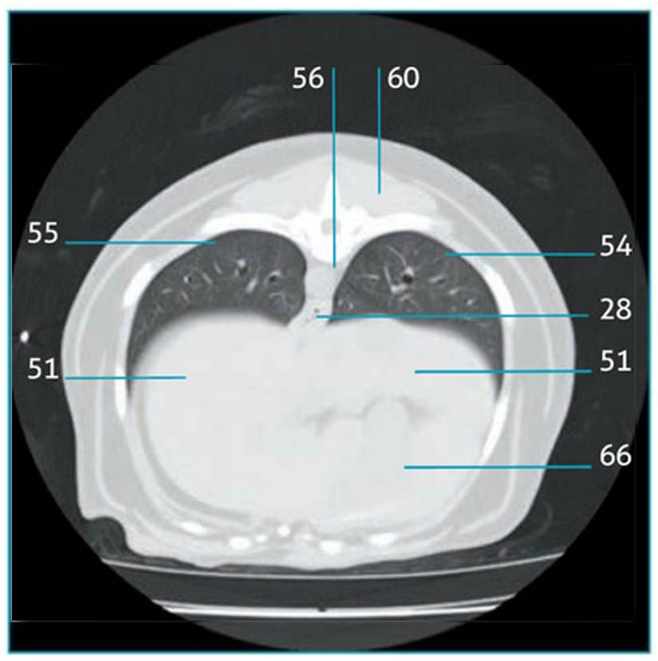
1. Cuerpo de la 7ª vértebra cervical.
2. Músculo supraespinoso derecho.
3. Esternón.
4. Primera costilla izquierda.
5. Tráquea torácica.
6. Espina de la escápula derecha.
7. Tronco braquiocefálico.
8. Vena cava craneal.
9. Músculo largo del cuello.
10. Extremo apical del lóbulo craneal derecho.
11. Lóbulo craneal derecho.
12. Lóbulo craneal izquierdo.
13. Bronquio craneal derecho.
14. Bronquio craneal izquierdo.
15. Bifurcación traqueal o carina.
16. Bronquio del lóbulo medio del pulmón derecho.
17. Lóbulo medio del pulmón derecho.
18. Músculo subescapular derecho.
19. Grasa subcutánea.
20. Apófisis espinosa de la 1ª vértebra torácica.
21. Apófisis espinosa de la 3ª vértebra torácica.
22. Fosa infraespinosa izquierda.
23. Aurícula derecha.
24. Arteria del lóbulo pulmonar craneal derecho.
25. Tronco arterial pulmonar.
26. Vena pulmonar del lóbulo caudal derecho.
27. Vena pulmonar del lóbulo caudal izquierdo.
28. Esófago.
29. Arteria aorta torácica.
30. Arteria del lóbulo pulmonar craneal izquierdo.
31. Vena del lóbulo pulmonar craneal derecho.
32. Ventrículo derecho.
33. Ventrículo izquierdo.
34. Bronquio craneal izquierdo.
35. Aurícula derecha.
36. Aurícula izquierda.
37. Vena cava caudal.
38. Bronquio del lóbulo accesorio del pulmón derecho.
39. Tríada (arteria/bronquio/vena) del lóbulo pulmonar caudal izquierdo.
40. Tríada (arteria/bronquio/vena) del lóbulo pulmonar caudal derecho.
41. Lóbulo accesorio del pulmón derecho.
42. Centro tendinoso del diafragma.
43. Fundus gástrico.
44. Pared gástrica.
45. Ingesta con material mineral en estómago.
46. Lóbulo pulmonar caudal derecho.
47. Lóbulo pulmonar caudal izquierdo.
48. Grasa pericárdica.
49. Médula espinal.
50. Cardias.
51. Hígado.
52. Grasa falciforme.
53. Apófisis espinosa de la undécima vértebra torácica.
54. Extremo caudodorsal del lóbulo caudal derecho.
55. Extremo caudodorsal del lóbulo caudal izquierdo.
56. Arteria aorta abdominal.
57. Vena ázigos derecha.
58. Píloro.
59. Duodeno.
60. Músculo longísimo del tórax.
61. Músculo multífido torácico.
62. Músculo dorsal ancho.
63. Fascia toracolumbar.
64. Bronquio caudal derecho.
65. Porción muscular del diafragma.
66. Vesícula biliar.

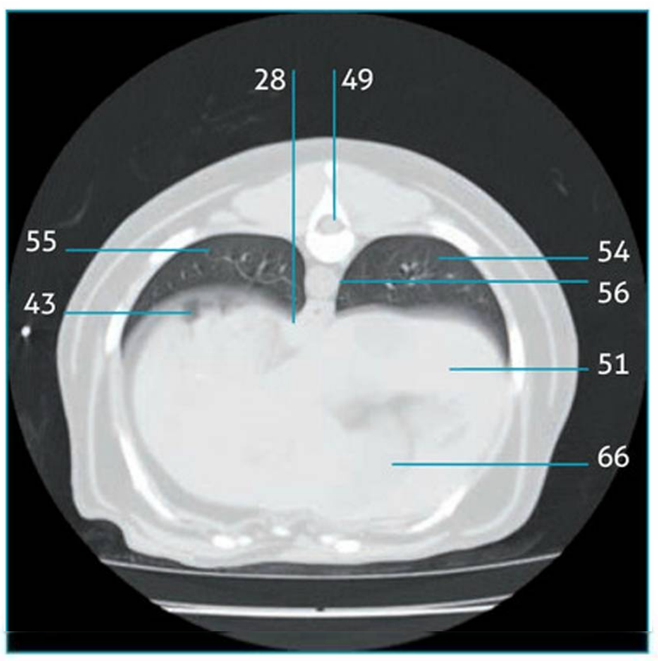

29
57
64
41
37
41
48
3
28

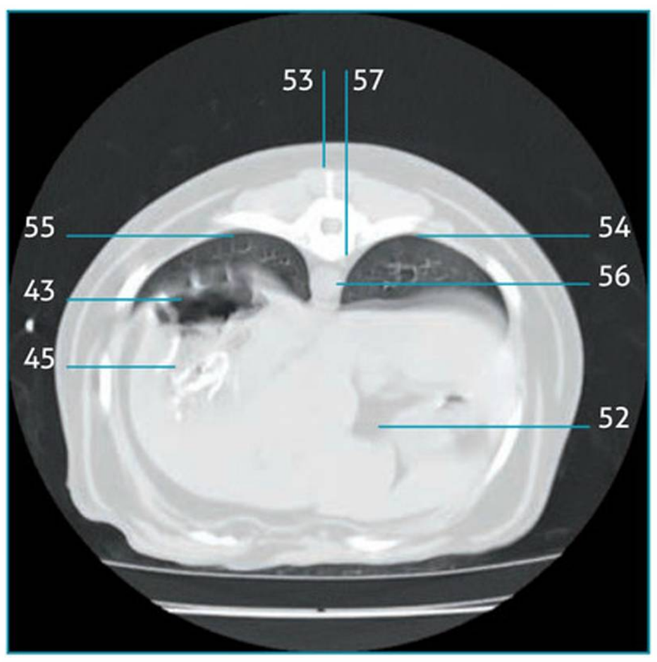

29
57
47
46
41
37
65
28

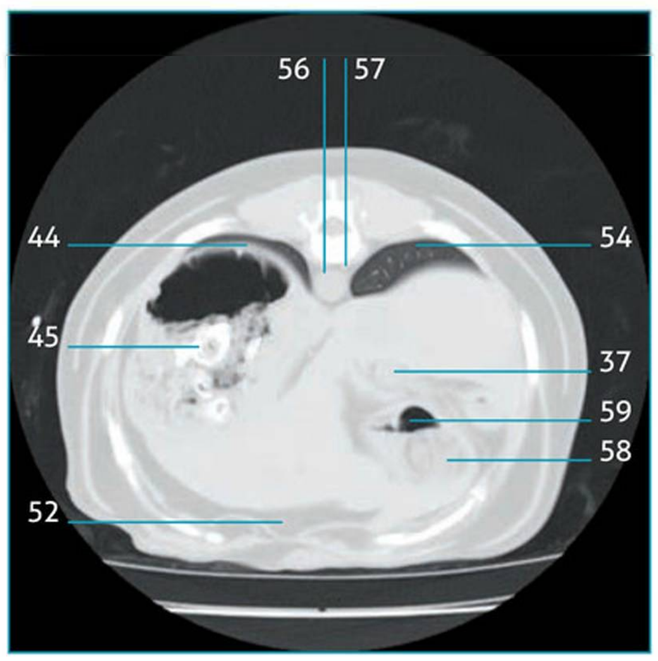

28
29
46
47
42
65
5

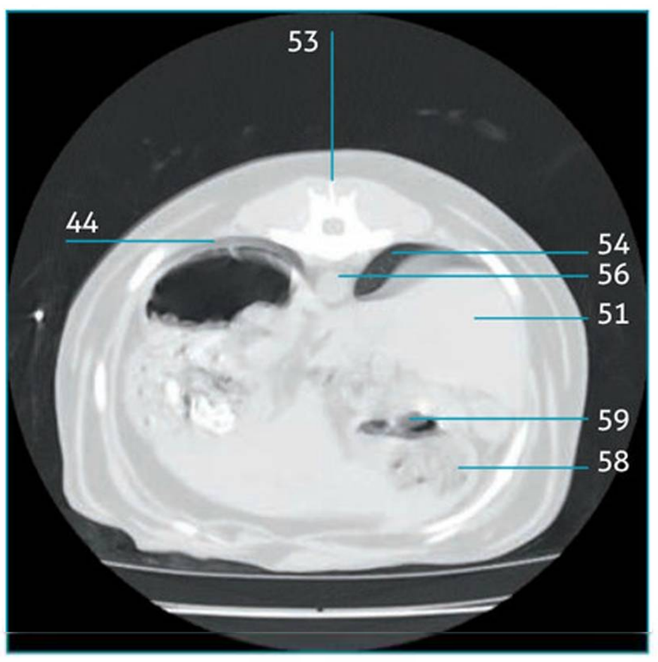

29
57
47
46
28
41
3


56
60
55
54
28
51
51
66


28
49
55
54
56
43
51
66

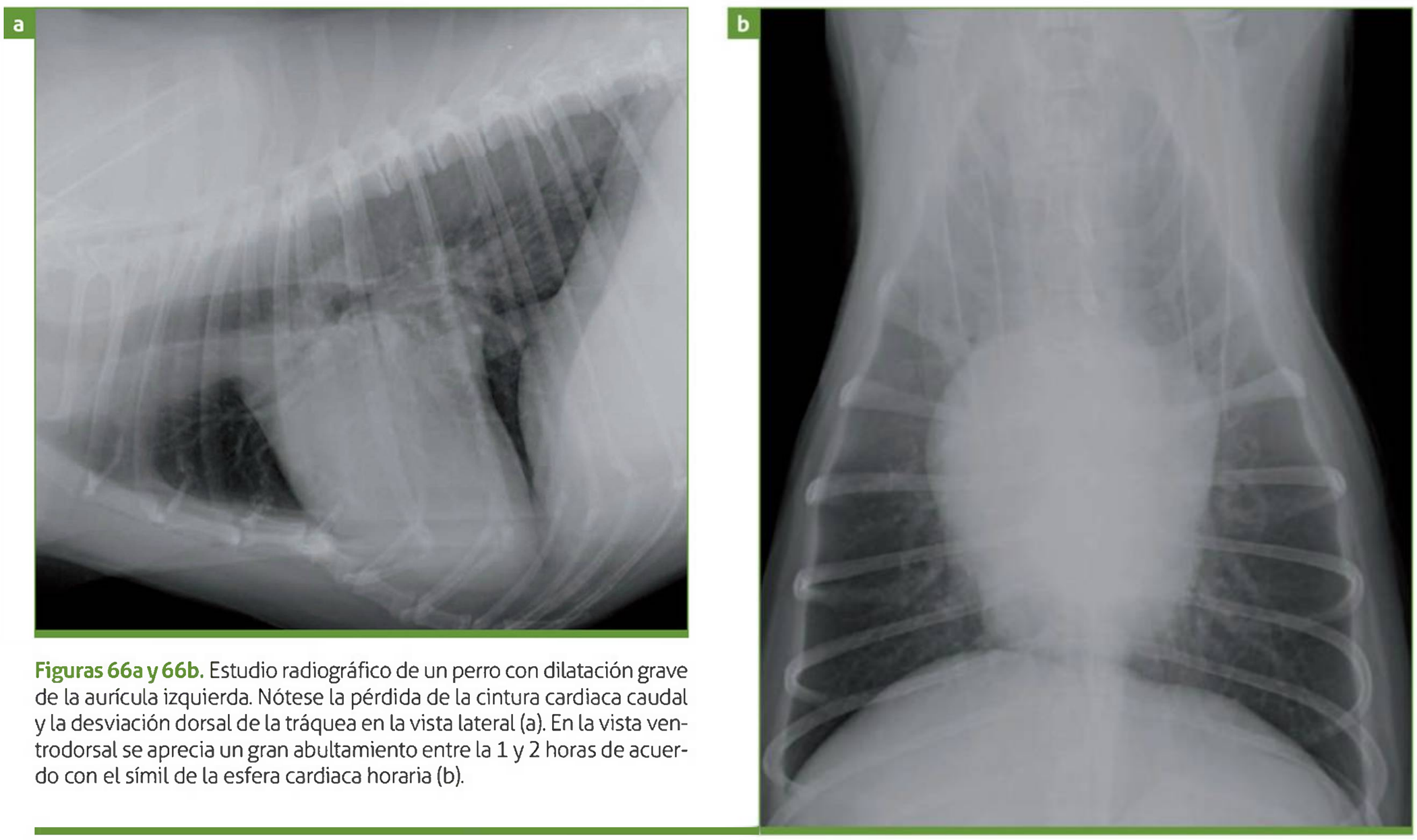

53
57
55
54
43
56
45
52


56
57
44
54
45
37
59
58
52

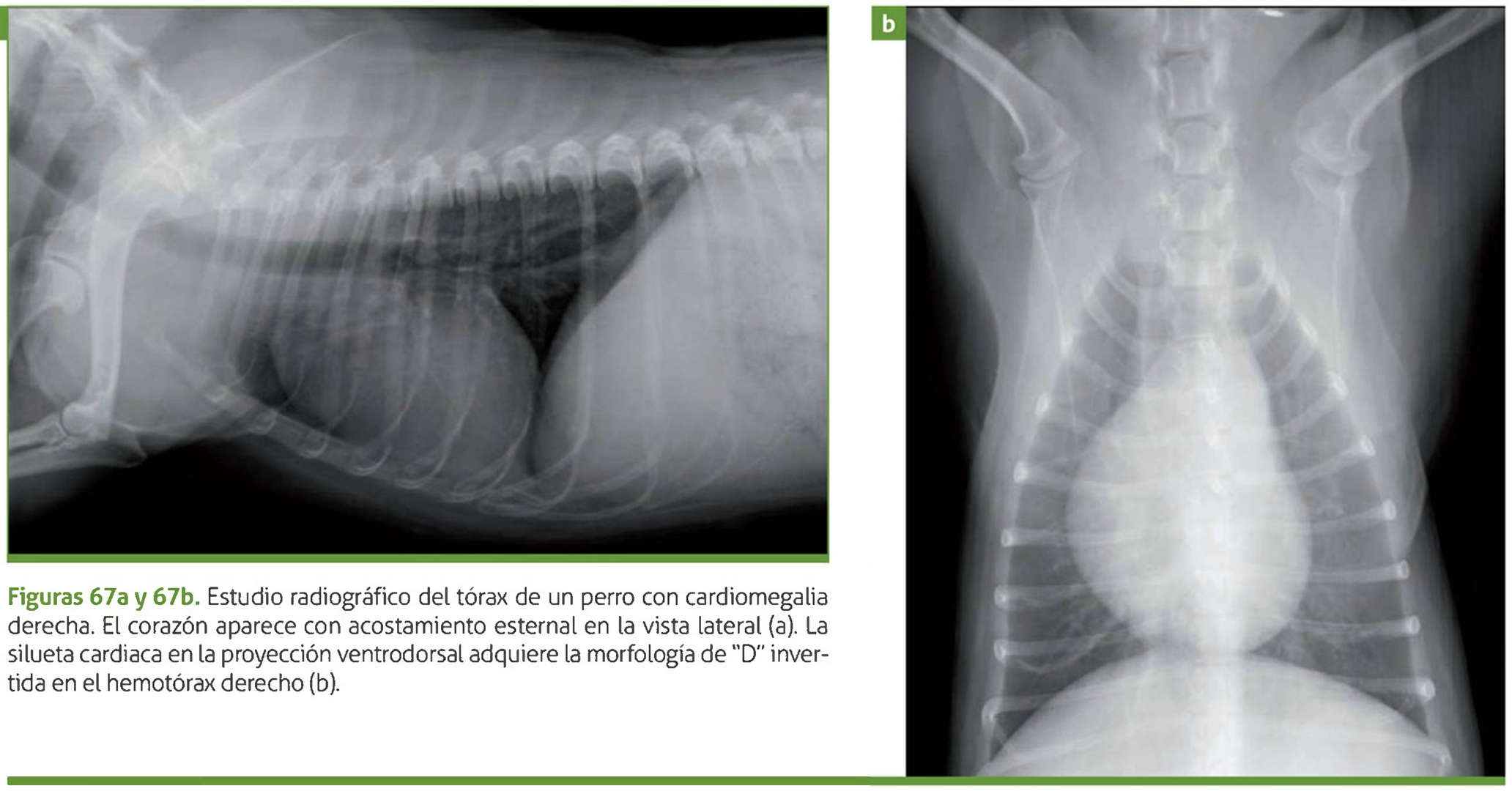

53
44
54
56
51
59
58

Cardiomegalia

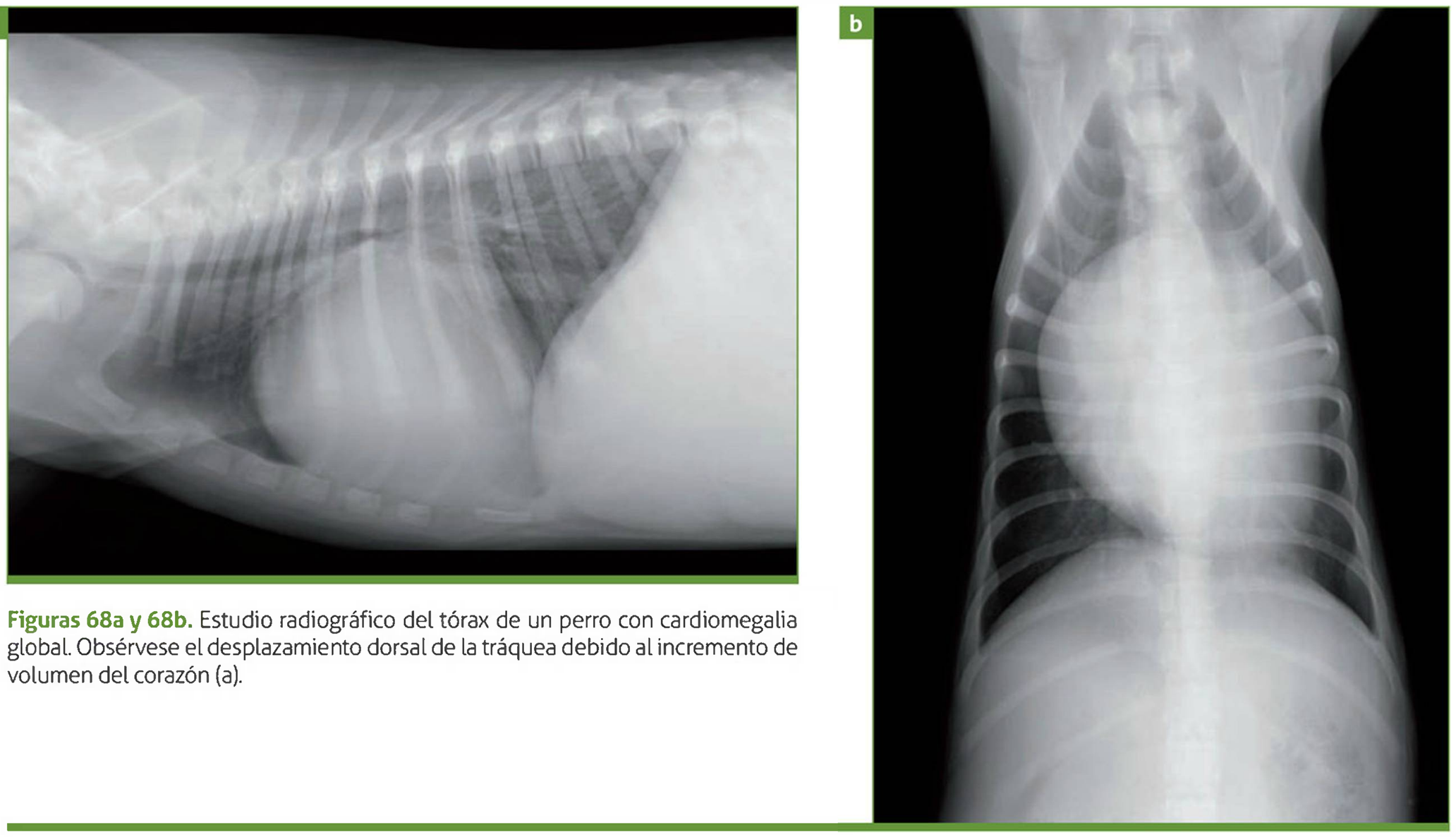
El incremento de tamaño de la silueta cardiaca puede evaluarse utilizando métodos objetivos, tal y como se ha descrito anteriormente (figs. 10 a 13). Las figuras 66 a 72 muestran imágenes de animales con cardiomegalia con diferentes patologías miocárdicas. Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que existen ocasiones en las que podemos detectar en radiología un aumento de tamaño del corazón sin que exista una enfermedad miocárdica subyacente. Por ejemplo, en ocasiones la cardiomiopatía hipertrófica puede cursar sin alteraciones radiológicas evidentes. En otras situaciones, puede darse un incremento de tamaño de la silueta cardiaca por causas ajenas al miocardio (figs. 73 a 75).



Figuras 66a y 66b. Estudio radiográfico de un perro con dilatación grave de la aurícula izquierda. Nótese la pérdida de la cintura cardiaca caudal y la desviación dorsal de la tráquea en la vista lateral (a). En la vista ventrodorsal se aprecia un gran abultamiento entre la 1 y 2 horas de acuerdo con el símil de la esfera cardiaca horaria (b).



Figuras 67a y 67b. Estudio radiográfico del tórax de un perro con cardiomegalia derecha. El corazón aparece con acostamiento esternal en la vista lateral (a). La silueta cardiaca en la proyección ventrodorsal adquiere la morfología de "D" invertida en el hemotórax derecho (b).



Figuras 68a y 68b. Estudio radiográfico del tórax de un perro con cardiomegalia global. Obsérvese el desplazamiento dorsal de la tráquea debido al incremento de volumen del corazón (a).

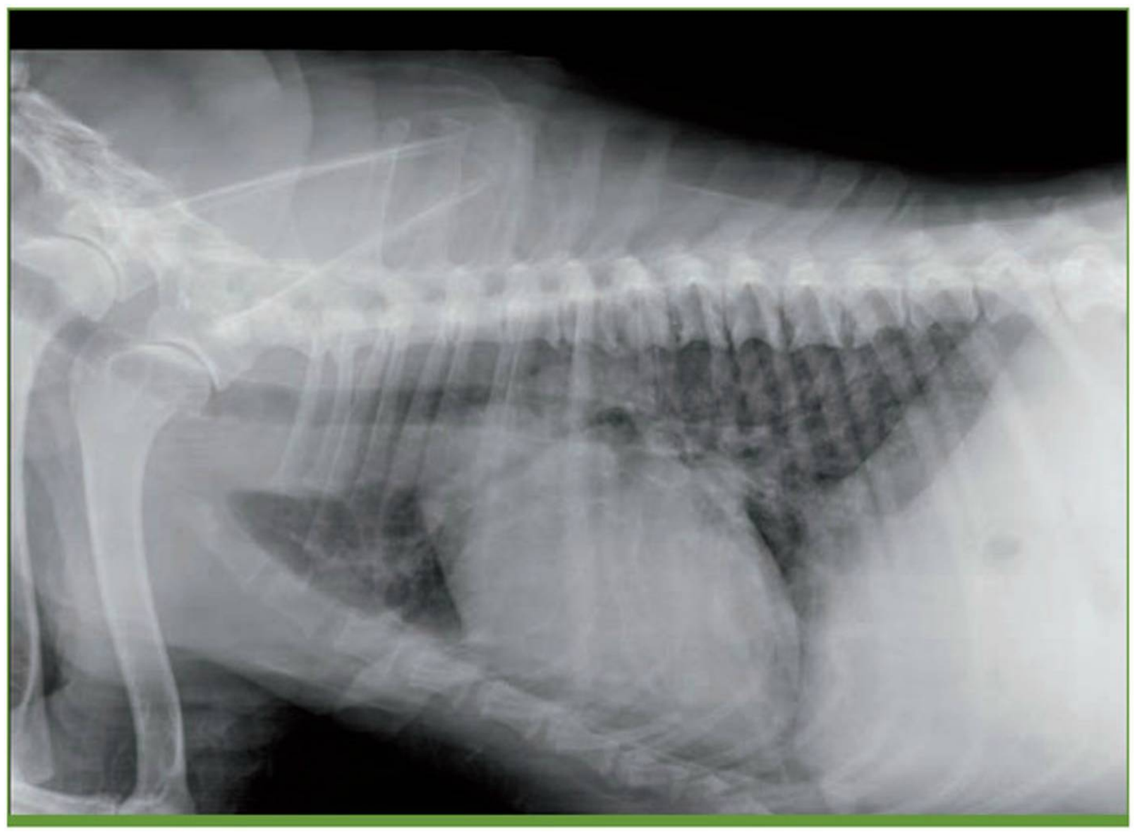


Figura 69. Proyección radiográfica lateral del tórax en un perro infestado de *Dirofilaria immitis*. Se aprecia un patrón vascular generalizado debido a la tortuosidad de las arterias pulmonares. Existe acostamiento esternal de la silueta cardiaca debido al aumento de tamaño del tronco pulmonar principal.

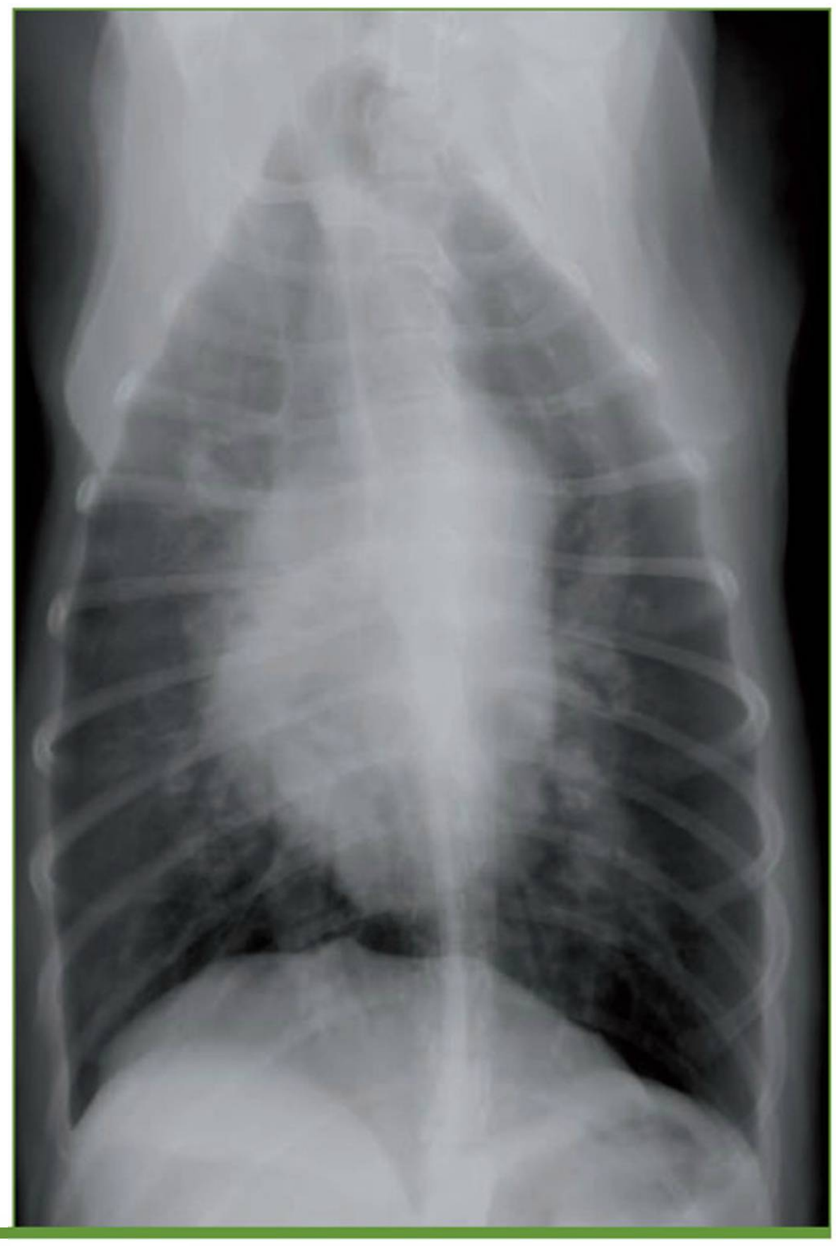
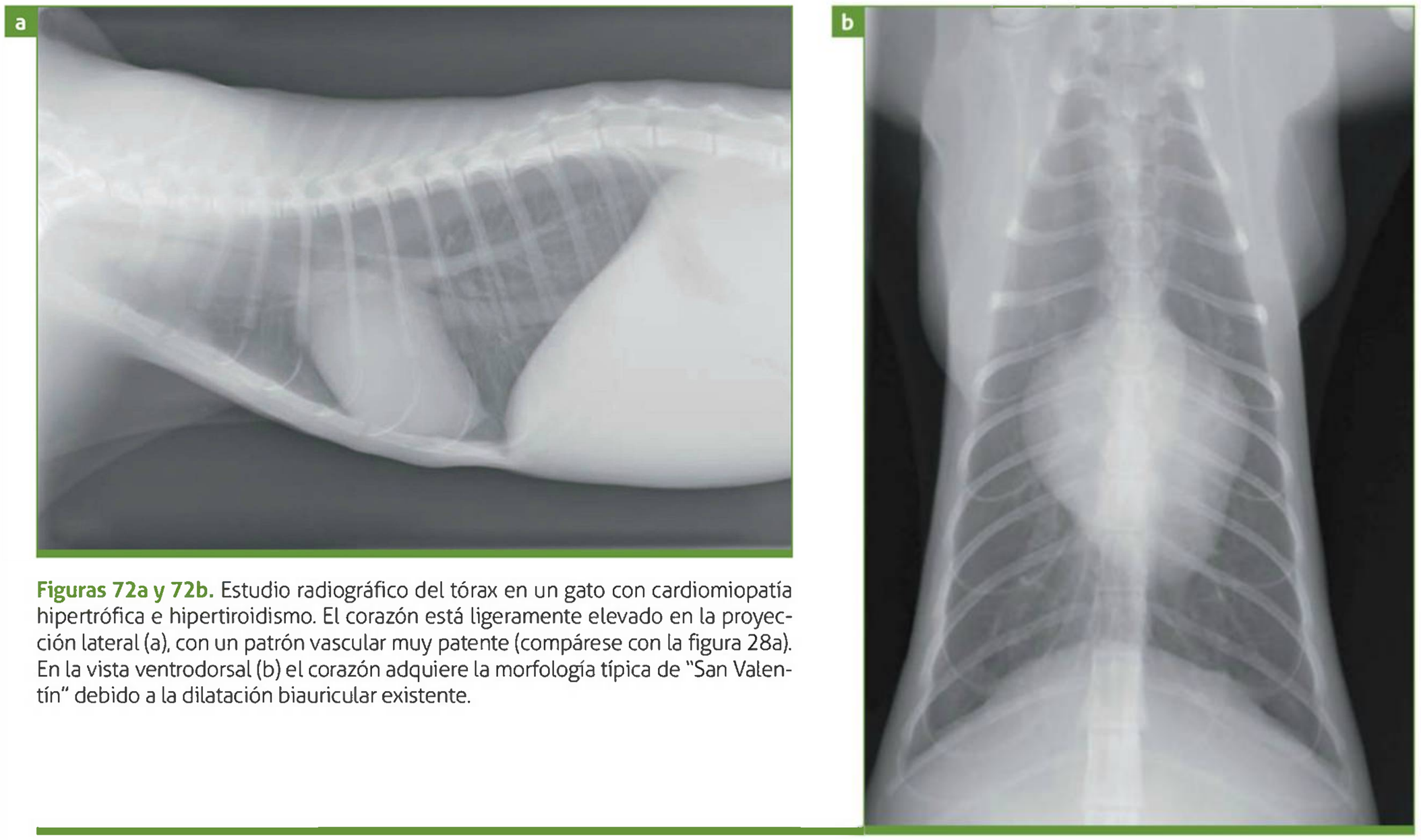
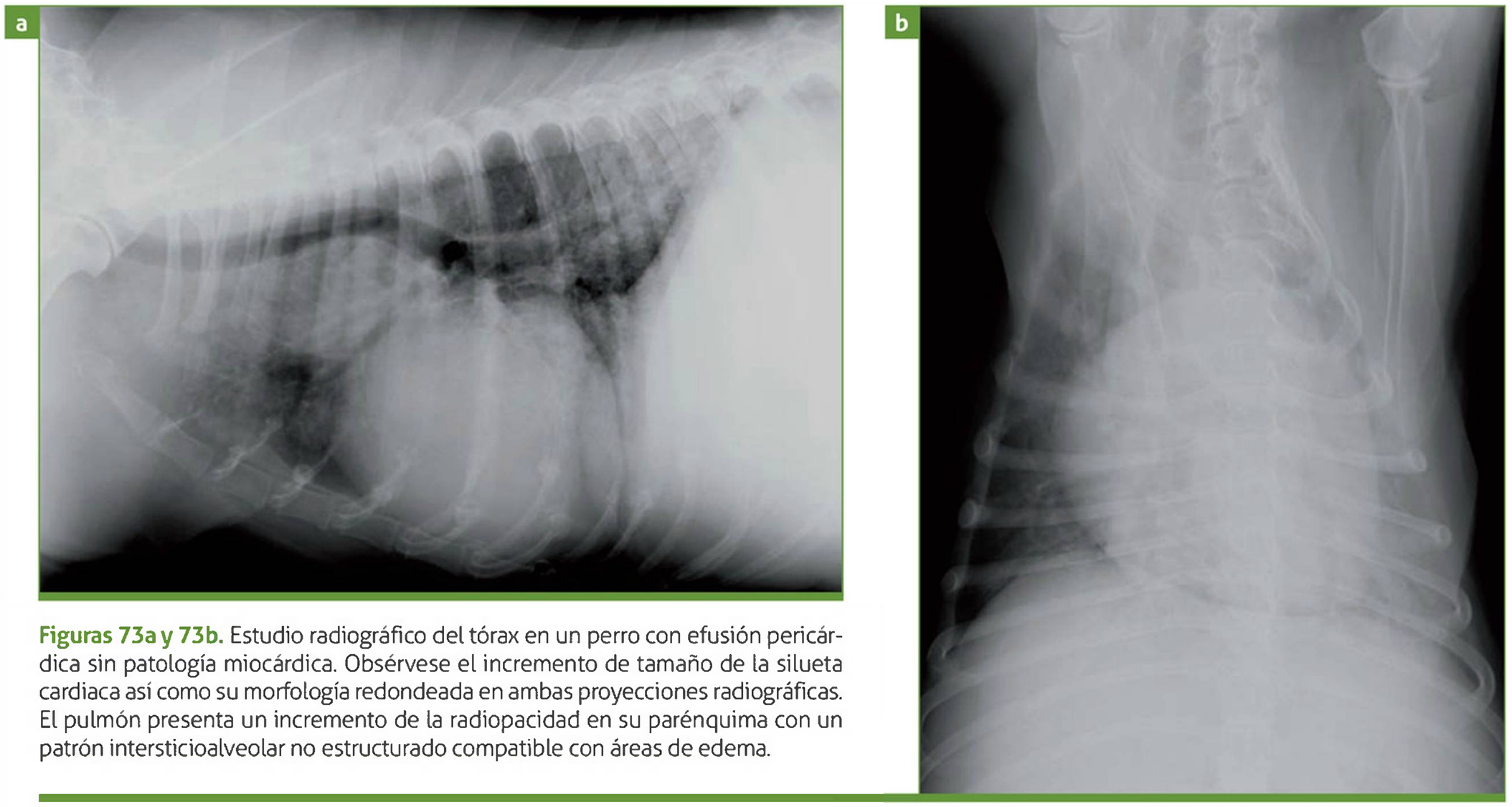


Figura 70. Proyección radiográfica ventrodorsal del tórax en un animal con filariosis. Las arterias pulmonares están aumentadas de tamaño y presentan trayectos tortuosos. El abultamiento del tronco arterial pulmonar es patente entre las 12 y la 1 de acuerdo con el símil de la esfera horaria cardiaca.

Figura 71. Proyección radiográfica lateral del tórax en un perro con estenosis aórtica. El cayado aórtico está dilatado deformando la silueta cardiaca craneal.



Figuras 72a y 72b. Estudio radiográfico del tórax en un gato con cardiomiopatía hipertrófica e hipertiroidismo. El corazón está ligeramente elevado en la proyección lateral (a), con un patrón vascular muy patente (compárese con la figura 28a). En la vista ventrodorsal (b) el corazón adquiere la morfología típica de "San Valentín" debido a la dilatación biauricular existente.



Figuras 73a y 73b. Estudio radiográfico del tórax en un perro con efusión pericárdica sin patología miocárdica. Obsérvese el incremento de tamaño de la silueta cardiaca así como su morfología redondeada en ambas proyecciones radiográficas. El pulmón presenta un incremento de la radiopacidad en su parénquima con un patrón intersticioalveolar no estructurado compatible con áreas de edema.

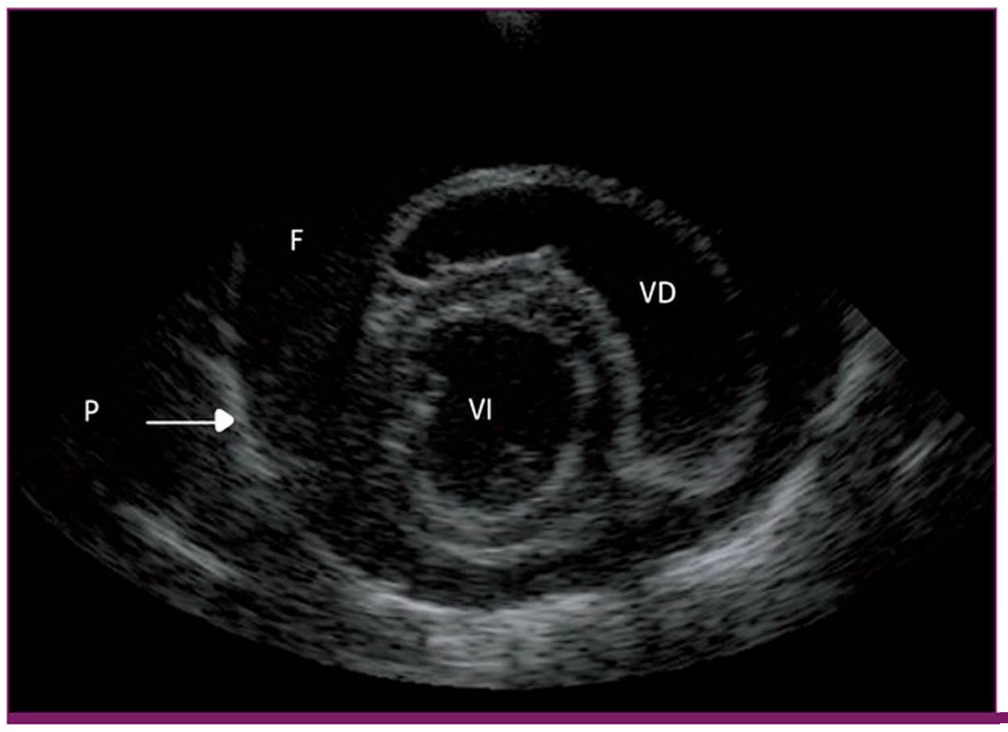
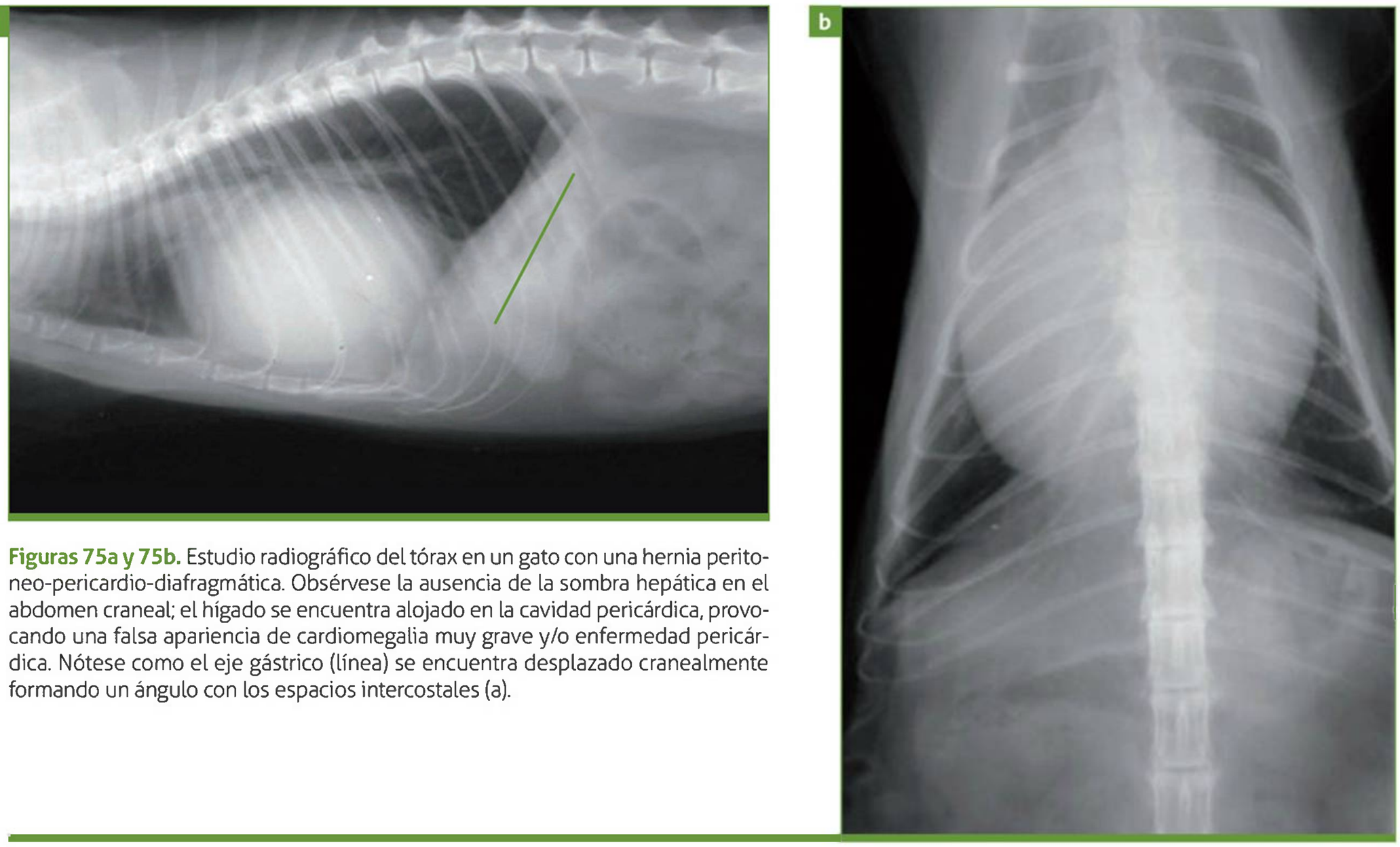


Figura 74. Imagen ecográfica del corazón en corte transversal a la altura del vértice cardiaco, en un abordaje paraesternal derecho, en un perro con hemopericardias. Obsérvese como las paredes miocárdicas están completamente rodeadas por un área anecoica que se corresponde con la presencia de fluido en la cavidad pericárdica. F: fluido en cavidad pericárdica, P: pericardio parietal, VI: luz ventricular izquierda, VD: luz ventricular derecha.

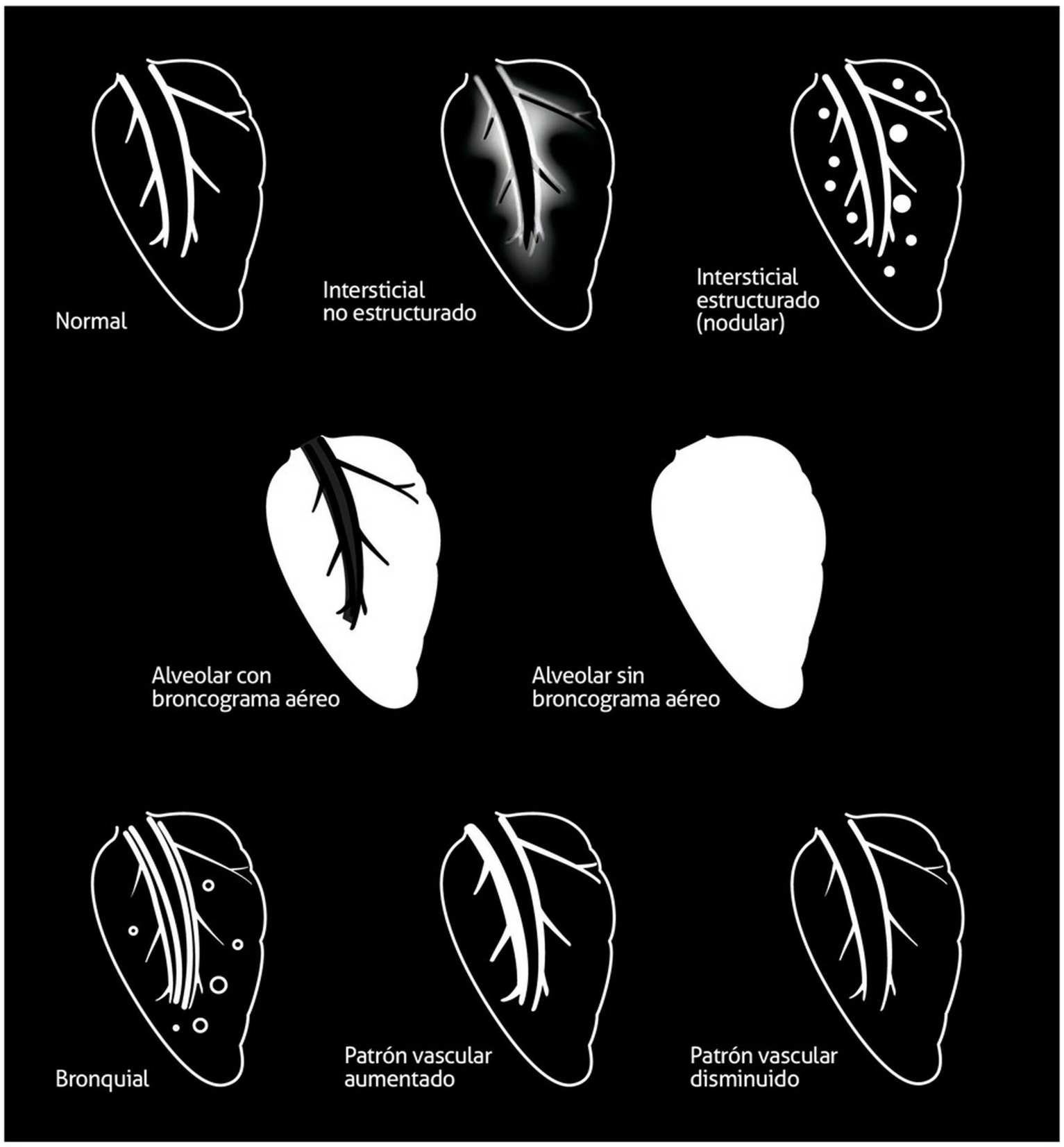


Figuras 75a y 75b. Estudio radiográfico del tórax en un gato con una hernia peritoneo-pericardio-diafragmática. Obsérvese la ausencia de la sombra hepática en el abdomen craneal; el hígado se encuentra alojado en la cavidad pericárdica, provocando una falsa apariencia de cardiomegalia muy grave y/o enfermedad pericárdica. Nótese como el eje gástrico (línea) se encuentra desplazado cranealmente formando un ángulo con los espacios intercostales (a).

Patrones pulmonares

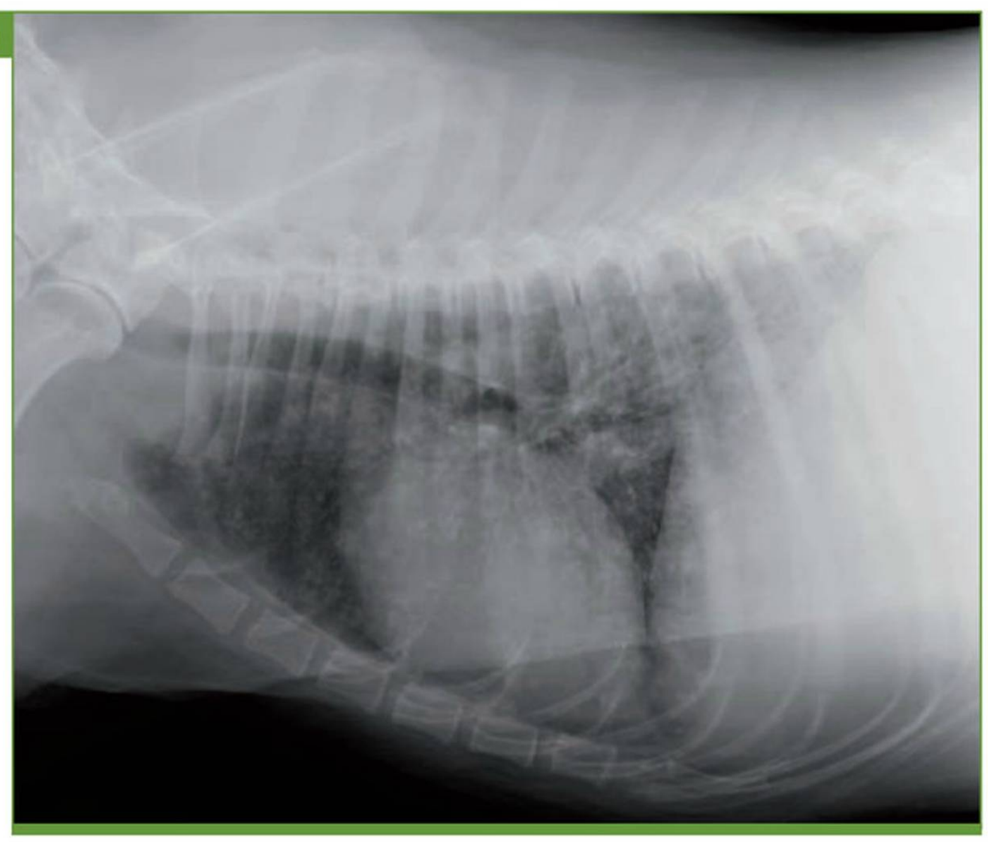
El pulmón es un órgano extremadamente radiolúcido, ya que utiliza el aire inspirado para ejercer su función principal dentro de su parénquima y, aun en la espiración, conserva un importante volumen en su interior. La mayoría de las lesiones que se producen en los pulmones afectan a su parénquima y su estroma provocando un incremento de la densidad en la imagen radiográfica. Clásicamente, se consideran cuatro tipos de patrones pulmonares que, de una manera u otra, producen un aumento en la densidad de este órgano. Estos patrones son: intersticial, alveolar, bronquial y vascular. La presencia de un patrón netamente puro en una lesión puede tener lugar, pero es necesario además considerar las posibles combinaciones entre patrones: broncointersticial, intersticioalveolar, etc.

Representaciones gráficas de los diferentes patrones pulmonares que pueden apreciarse en una radiografía de tórax.

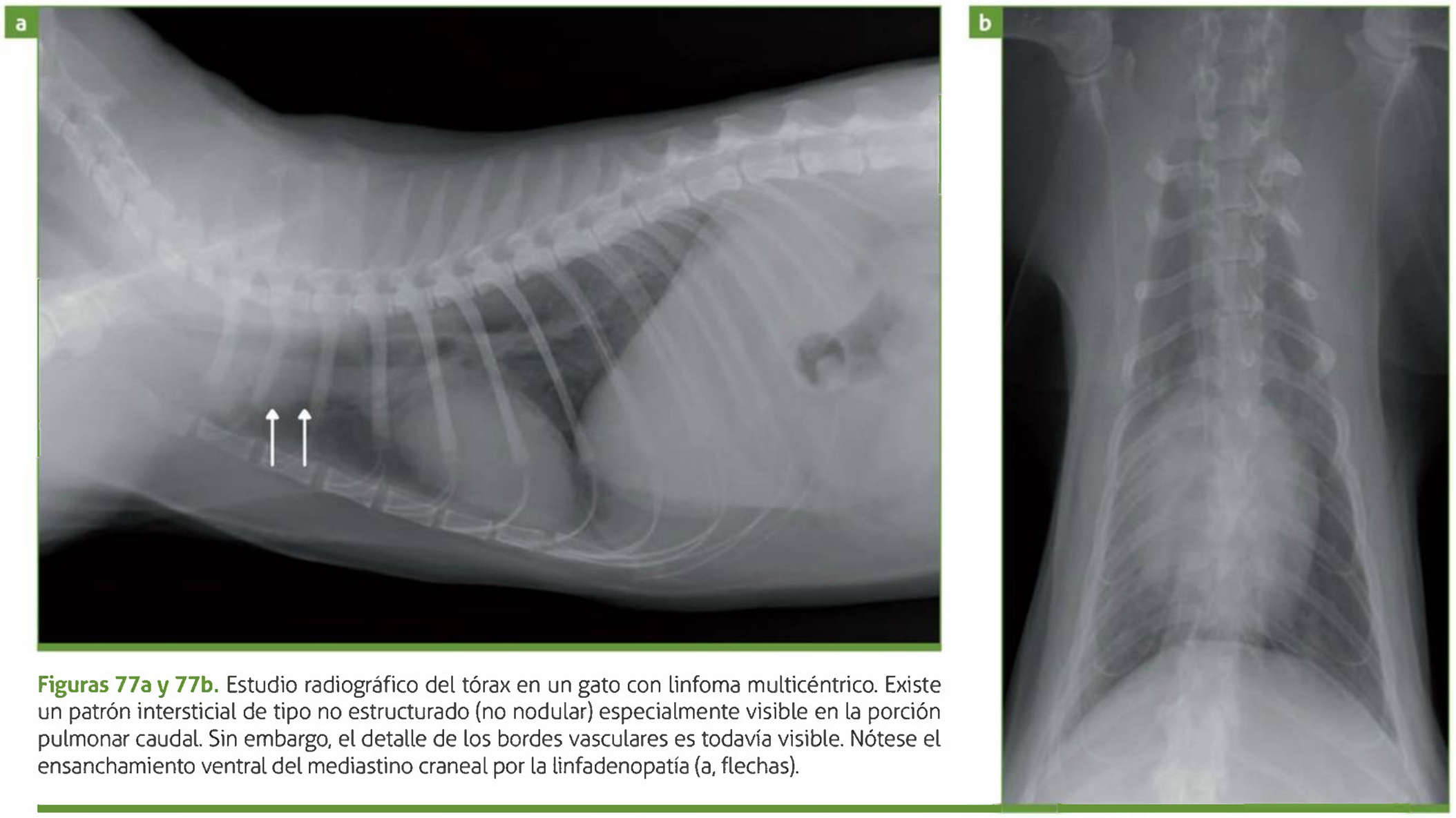


Patrón intersticial

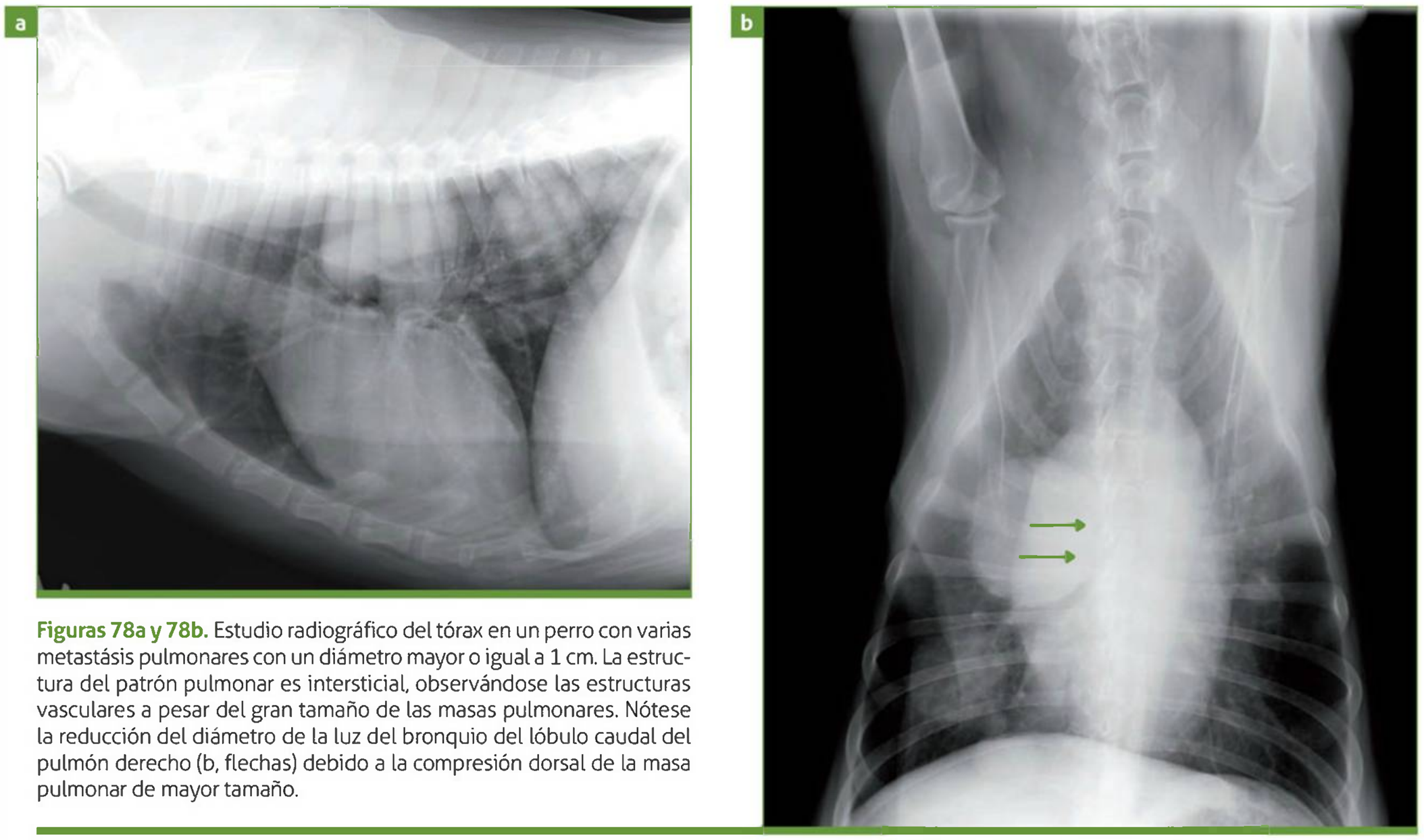
El patrón intersticial se refiere al depósito de fluido o infiltrados celulares en los espacios intersticiales. A su vez, el patrón intersticial se divide en dos tipos: **estructurado o nodular**, y **no estructurado o lineal**. Radiográficamente, el patrón intersticial no estructurado es el más difícil de identificar ya que no tiende a formar conglomerados radiopacos definidos, sino que aporta una opacidad generalizada en el área de la lesión. Una regla típica para diferenciarlo del patrón alveolar es que en las lesiones intersticiales los vasos pulmonares son todavía visibles (figs. 76 a 78). Por otra parte, el patrón intersticial se observa aumentado en la obesidad (la radiación ha de atravesar la grasa subcutánea que está necesariamente superpuesta con el pulmón, figs. 28 a 30), durante la espiración (escaso aire dentro de los alveolos, fig. 32) o en radiografías infraexpuestas.



Figuras 76a y 76b. Estudio radiográfico del tórax en una perra con metástasis pulmonares procedentes de un carcinoma mamario. Estas imágenes muestran el patrón pulmonar intersticial nodular típico en el caso de los procesos metastásicos. Numerosos nódulos de morfología redondeada y tamaño variable se encuentran dispersos por la totalidad del parénquima. Obsérvese que los componentes vasculares (vena cava, aorta, vasos pulmonares lobulares) son visibles en el caso del patrón pulmonar intersticial.



Figuras 77a y 77b. Estudio radiográfico del tórax en un gato con linfoma multicéntrico. Existe un patrón intersticial de tipo no estructurado (no nodular) especialmente visible en la porción pulmonar caudal. Sin embargo, el detalle de los bordes vasculares es todavía visible. Nótese el ensanchamiento ventral del mediastino craneal por la linfadenopatía (a, flechas).



Figuras 78a y 78b. Estudio radiográfico del tórax en un perro con varias metastásis pulmonares con un diámetro mayor o igual a 1 cm. La estructura del patrón pulmonar es intersticial, observándose las estructuras vasculares a pesar del gran tamaño de las masas pulmonares. Nótese la reducción del diámetro de la luz del bronquio del lóbulo caudal del pulmón derecho (b, flechas) debido a la compresión dorsal de la masa pulmonar de mayor tamaño.

Patrón alveolar

El patrón alveolar añade un punto más de radiopacidad al parénquima pulmonar. En este tipo de lesiones, los alveolos están llenos de fluido, de tejido neoformado, o bien totalmente colapsados y por tanto vacíos de aire. Así, las patologías alveolares se clasifican en función del tipo de contenido de los espacios ocupados (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de las patologías pulmonares en función del contenido de los espacios alveolares.

Contenido alveolar	Patología asociada
Exudado	Neumonía con o sin broncograma. Absceso
Trasudado	Edema cardiógeno/no cardiógeno
Sangre	Contusión pulmonar/coagulopatías
Tejido neoformado	Carcinoma broncoalveolar
Vacío de aire	Neumotórax

Al contrario que en el patrón intersticial, las lesiones alveolares tienden a asociarse formando cúmulos de densidad tipo tejido blando en el parénquima pulmonar. De esta manera, si un cúmulo de alveolos entra en contacto con el lecho vascular adyacente o el miocardio, se produce un efecto de silueta positiva que impide distinguir los bordes de los vasos arteriales y venosos.

Frecuentemente, la distribución anatómica de las lesiones alveolares tiene una correspondencia bastante buena con el tipo de patología. Así, con frecuencia, las neumonías por aspiración y bacterianas presentan una distribución ventral y caudal respectivamente. El edema pulmonar suele mostrarse bilateralmente en los lóbulos caudales en el perro pero es de distribución ventral en los gatos. En las figuras 79 a 88 se ilustran diferentes patologías que se manifiestan con patrones radiográficos pulmonares alveolares.

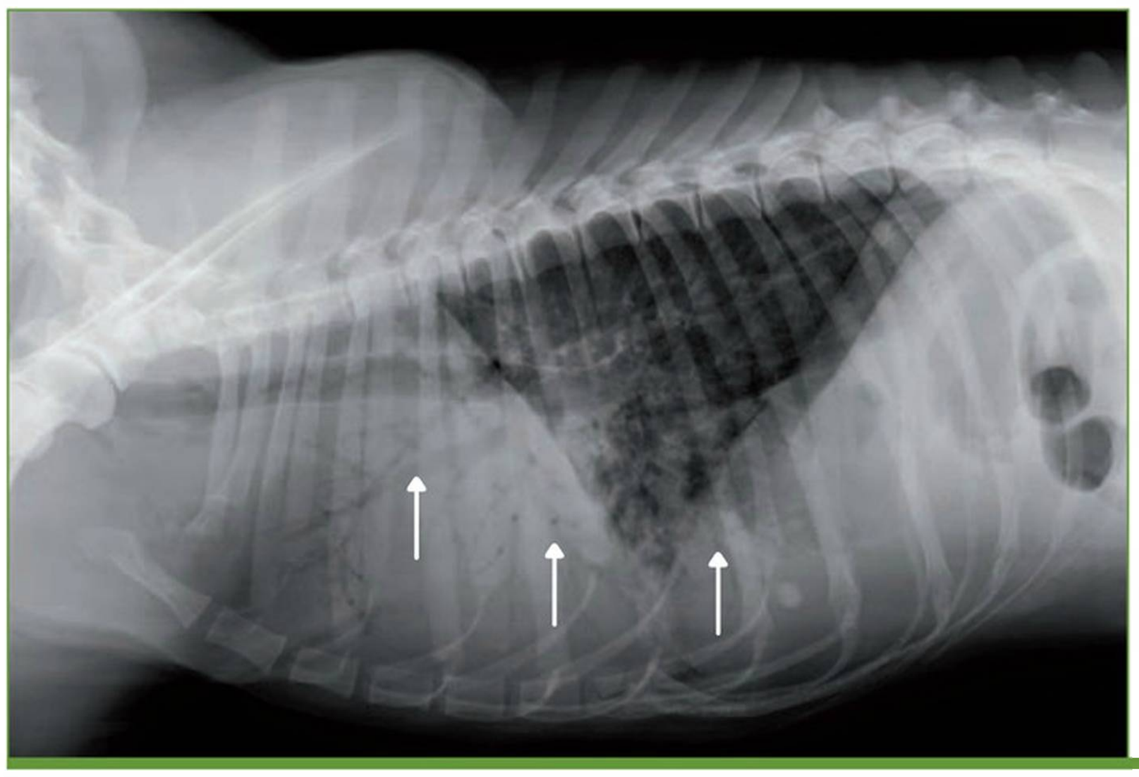
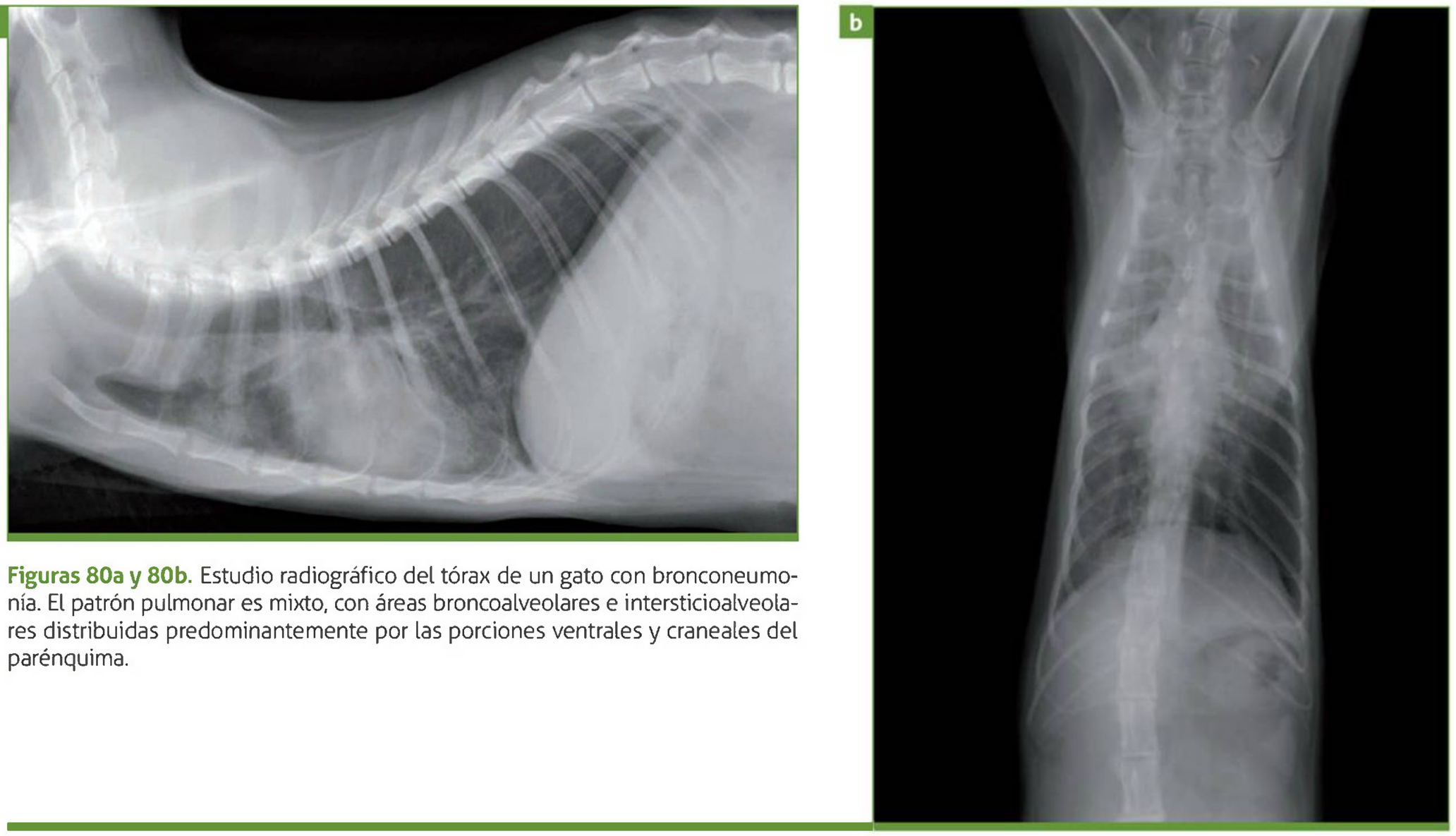
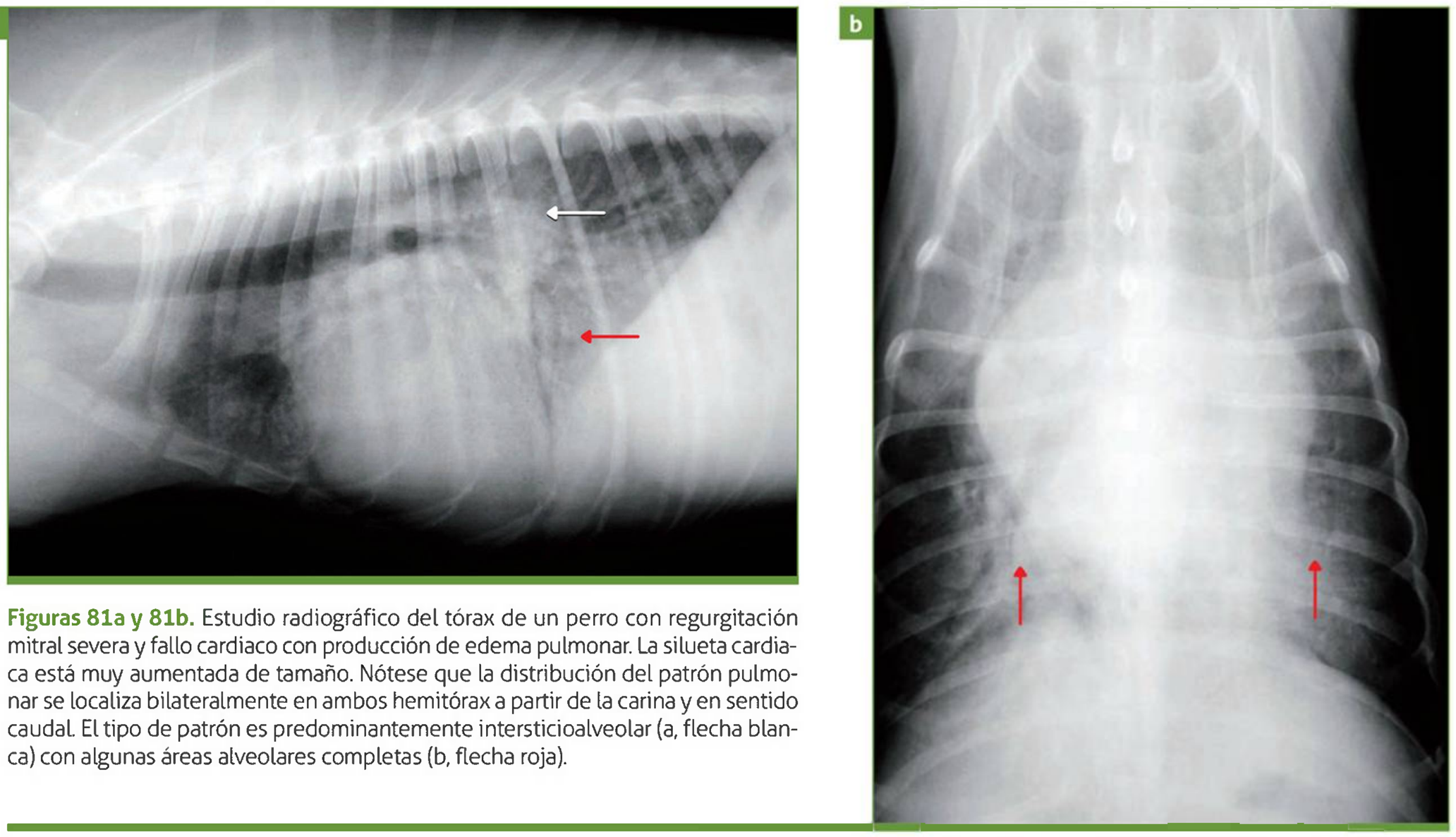


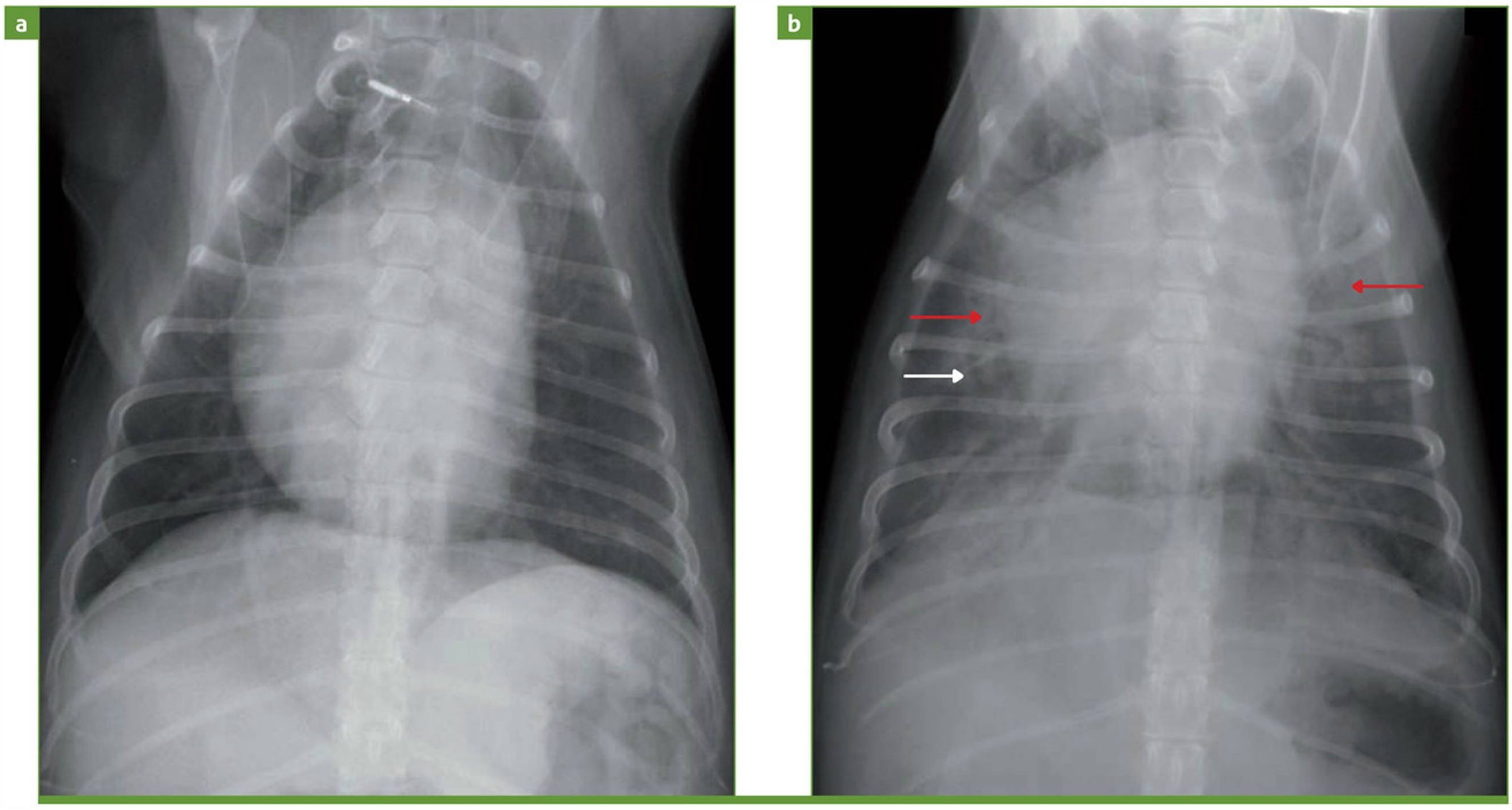
Figura 79. Radiografía lateral del tórax de un perro con neumonía donde se observa la consolidación en ambos lóbulos craneales, así como en el lóbulo medio y parte del accesorio en el pulmón derecho. Obsérvese como la presencia de exudado ocupando los espacios alveolares dibuja el trazado de los bronquios principales de dichos lóbulos al contrastar con el aire de su interior (broncogramas aéreos, flechas).



Figuras 80a y 80b. Estudio radiográfico del tórax de un gato con bronconeumonía. El patrón pulmonar es mixto, con áreas broncoalveolares e intersticioalveolares distribuidas predominantemente por las porciones ventrales y craneales del parénquima.



Figuras 81a y 81b. Estudio radiográfico del tórax de un perro con regurgitación mitral severa y fallo cardiaco con producción de edema pulmonar. La silueta cardiaca está muy aumentada de tamaño. Nótese que la distribución del patrón pulmonar se localiza bilateralmente en ambos hemitórax a partir de la carina y en sentido caudal. El tipo de patrón es predominantemente intersticioalveolar (a, flecha blanca) con algunas áreas alveolares completas (b, flecha roja).



Figuras 82a y 82b. Las imágenes se corresponden con dos proyecciones ventrodorsales, tomadas en un intervalo de 24 horas en un perro de 7 años de edad afectado de pancreatitis aguda. En la imagen previa (a), el patrón pulmonar es normal. Un día después (b), el animal presenta un patrón alveolar de distribución media y caudal (flechas rojas) compatible con un edema de origen no cardiógeno y efusión pleural leve (flecha blanca).

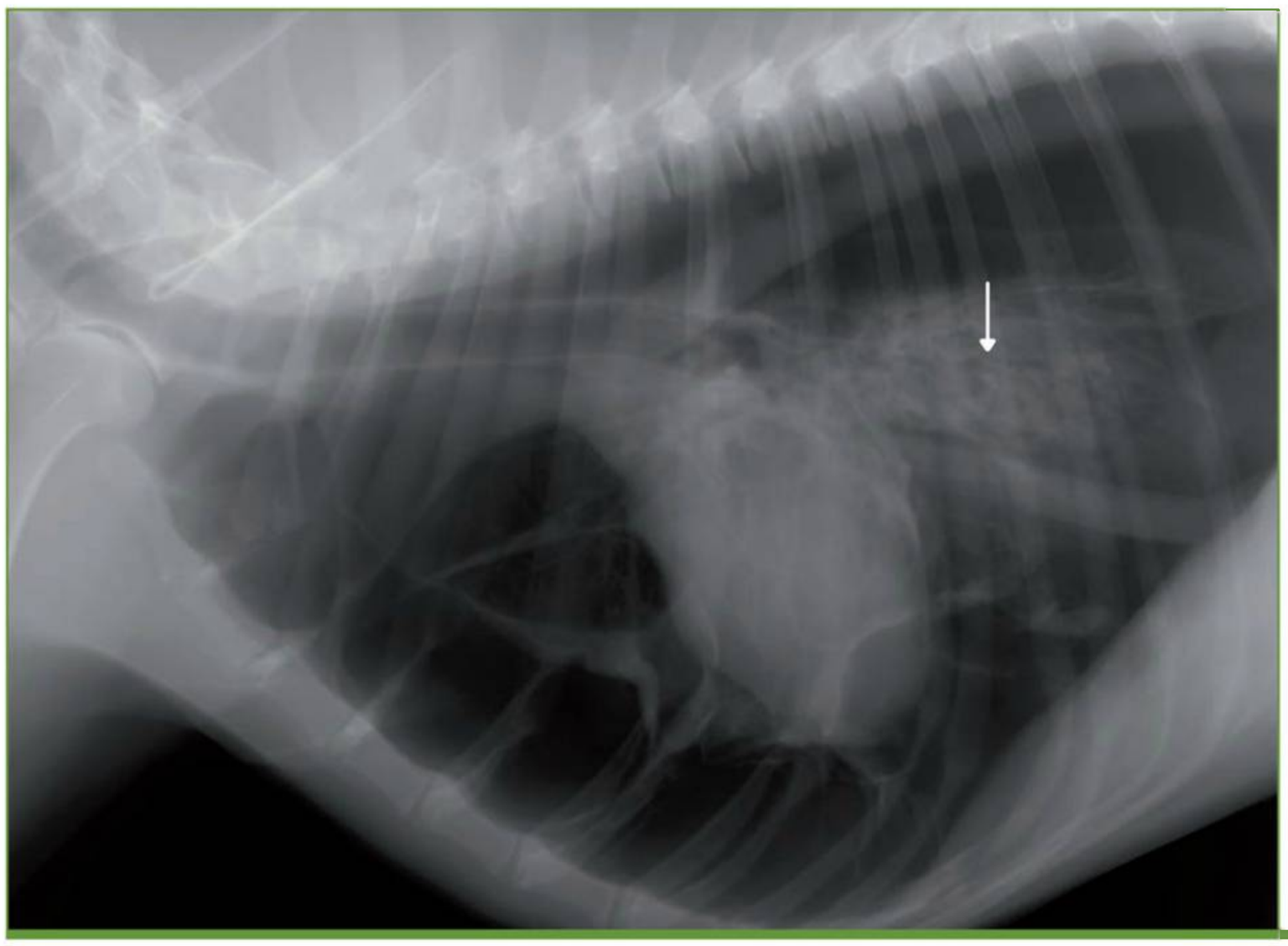
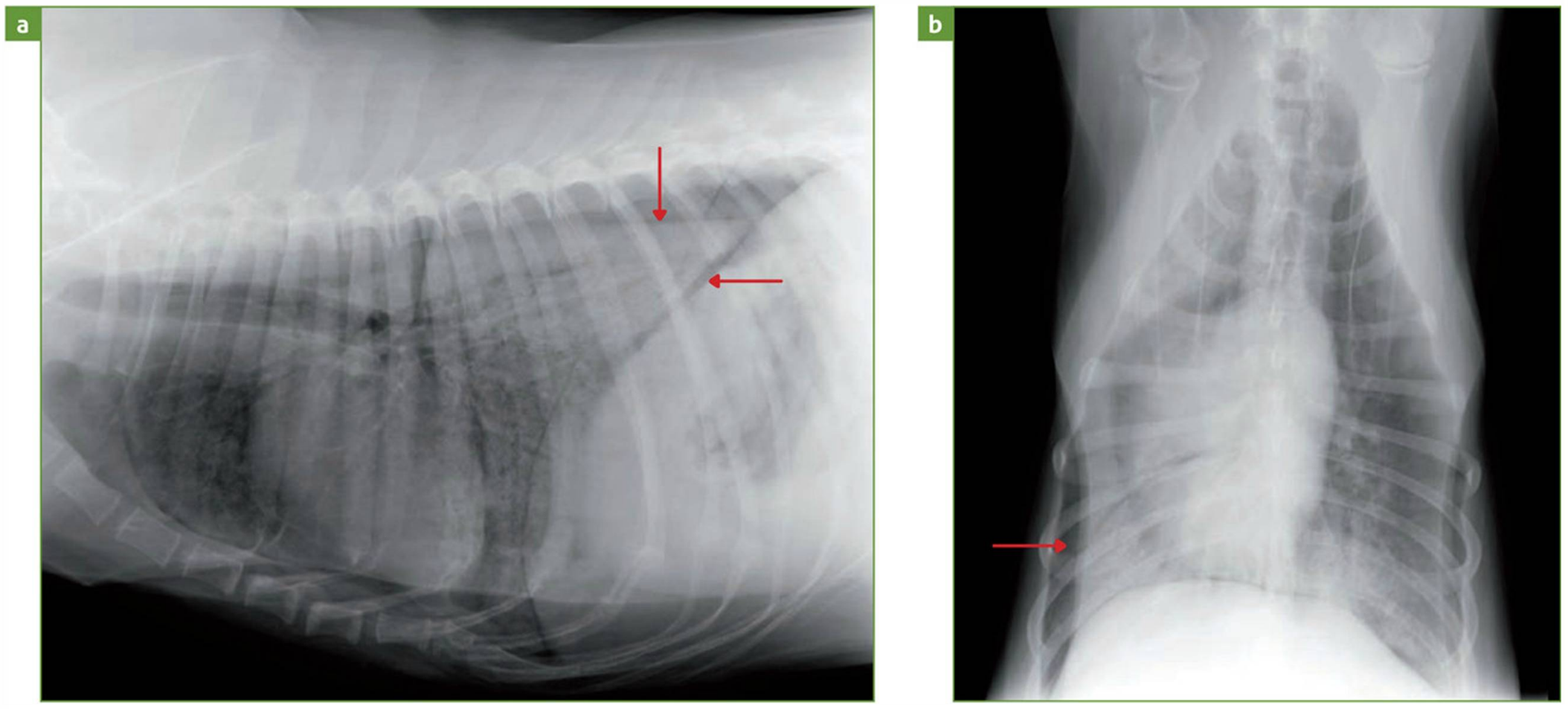
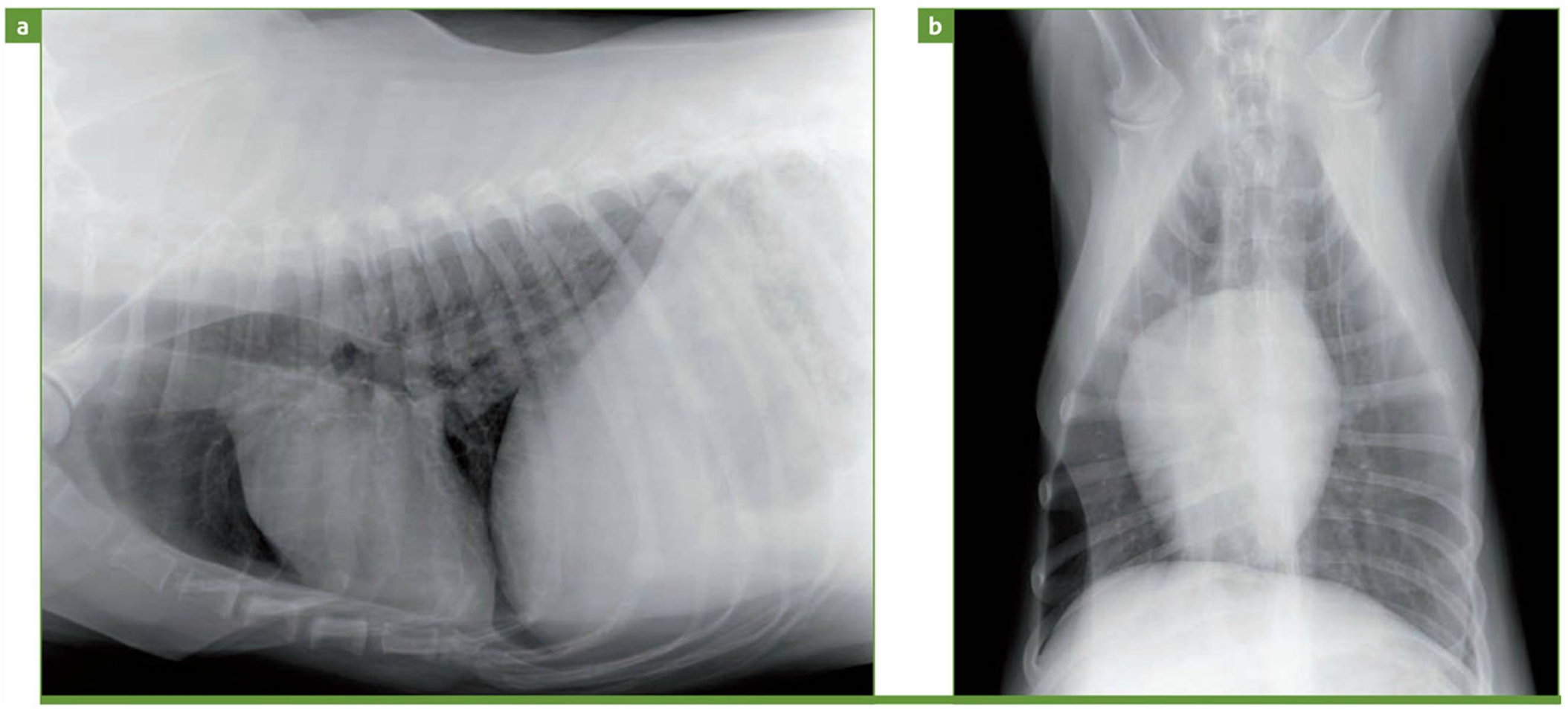


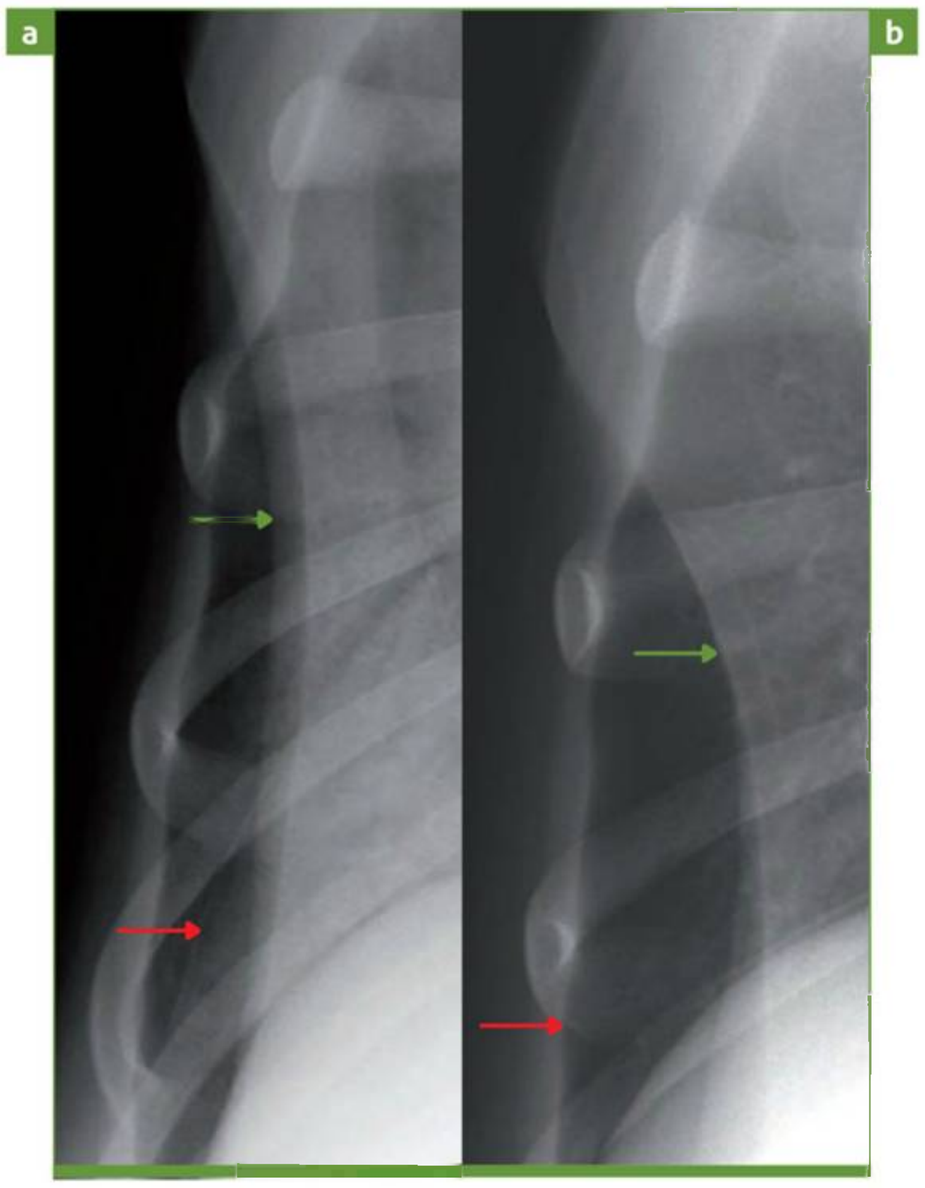
Figura 83. Radiografía lateral de un perro con neumotórax grave después de un atropello. El corazón se encuentra desplazado dorsalmente respecto del esternón debido al giro mediastínico que experimenta en casos de atelectasia pulmonar. El parénquima pulmonar se encuentra completamente retraído de su habitual contacto con el diafragma y adquiere una densidad radiológica similar a la de cualquier órgano abdominal blando (flecha).



Figuras 84a y 84b.



Figuras 85a y 85b. Evolución de un neumotórax hasta su resolución. En una fase inicial (84a y b), se observa como el neumotórax es bilateral pero más grave en el lado derecho, hacia donde el corazón se desplaza, y el parénquima pulmonar se aprecia con un patrón alveolar más consolidado. Las flechas rojas indican la presencia de aire libre en la cavidad pleural. Dos días después (85a y b) el neumotórax se ha resuelto.



Figuras 86a y 86b. Radiografía de detalle mostrando el aspecto caudal del hemitórax derecho con (a) y sin (b) neumotórax. Las flechas verdes señalan un pliegue de piel que no ha de confundirse con el borde libre del lóbulo pulmonar caudal derecho (flechas rojas). Nótese como el parénquima presenta un patrón alveolar neto, así como el lóbulo pulmonar se encuentra separado del borde costal por la presencia de aire en la cavidad pleural (a). Cuando el neumotórax se resuelve, el pulmón vuelve a su apariencia y localización normales (b).

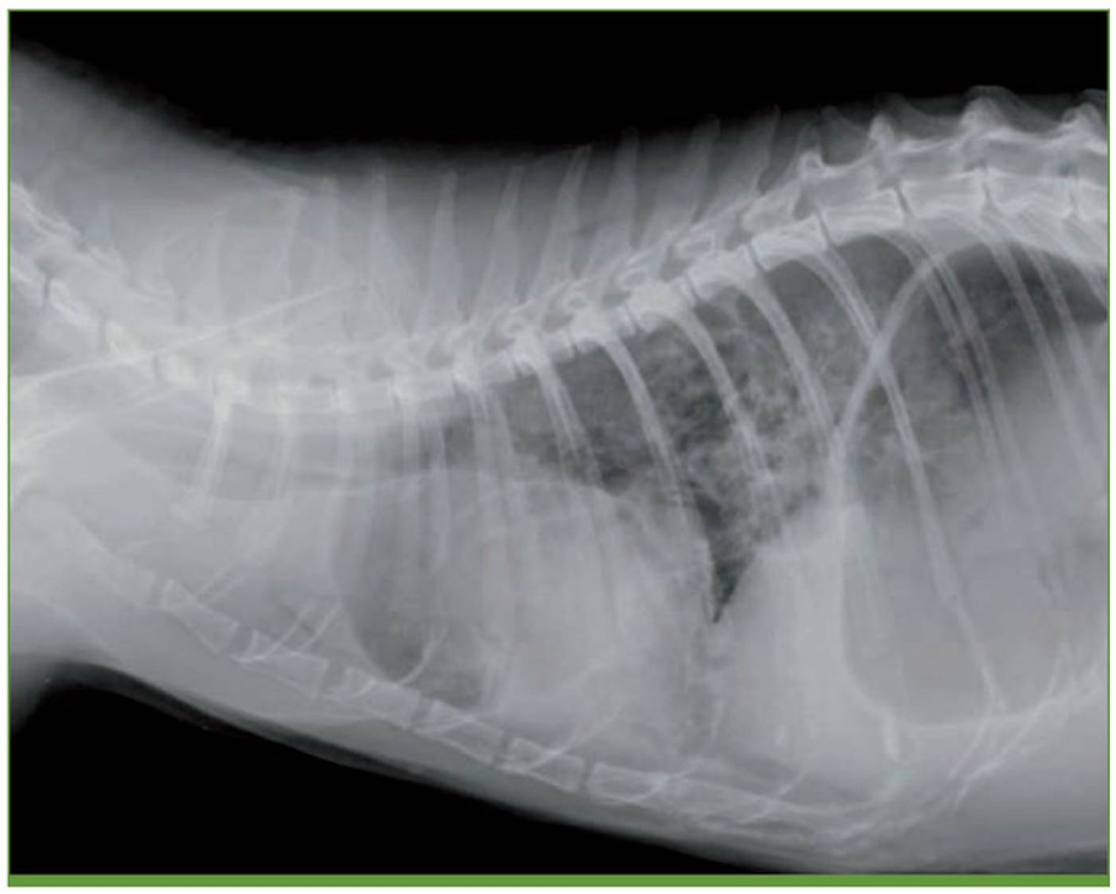
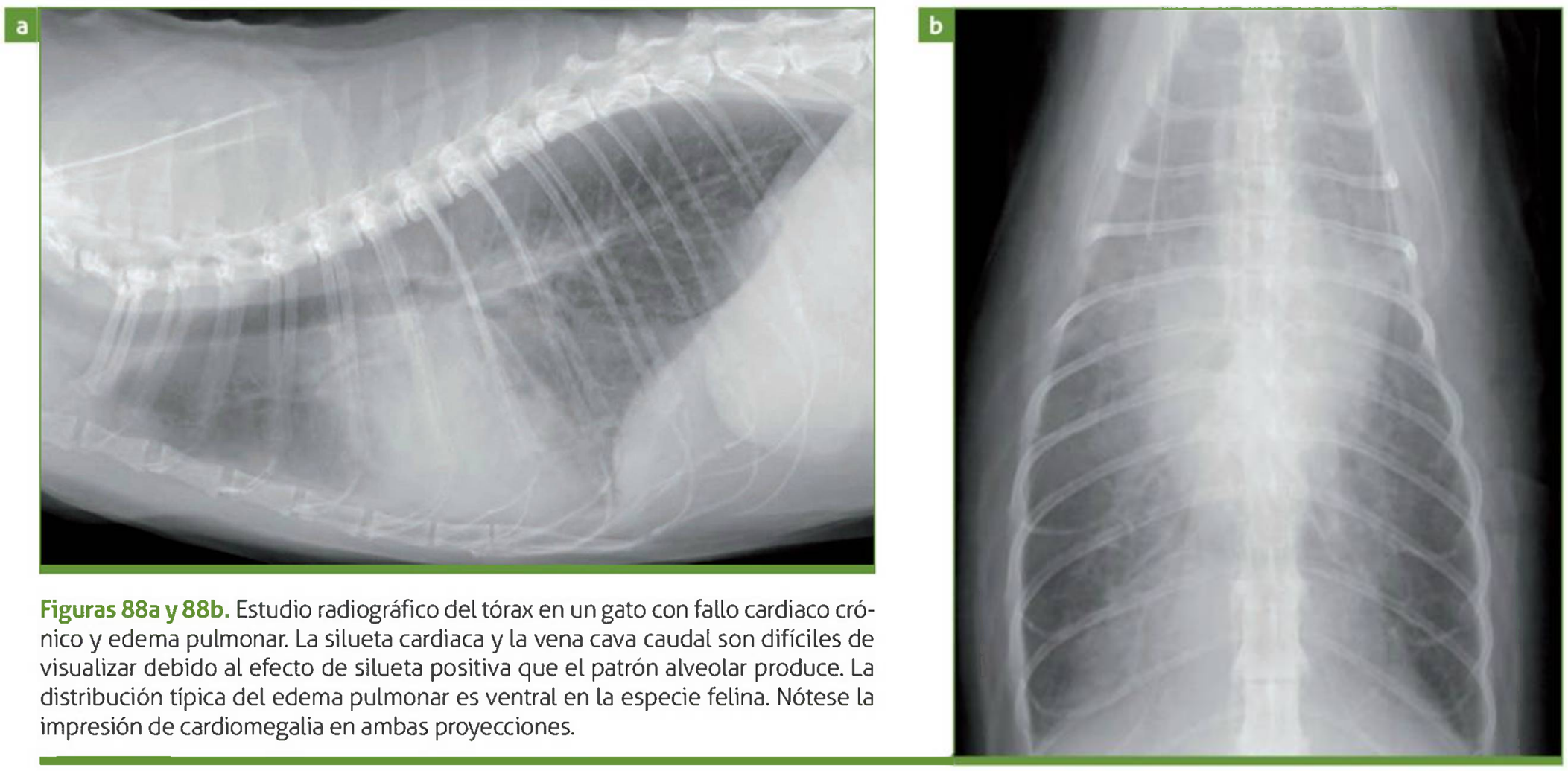
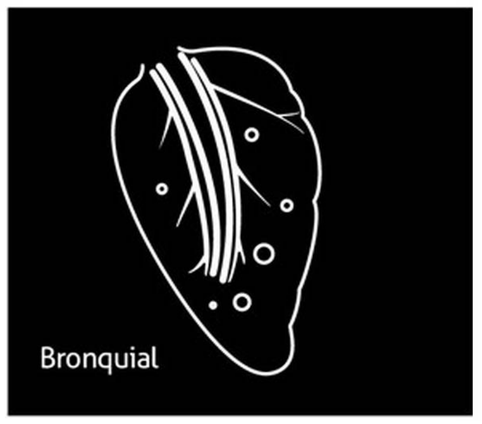


Figura 87. Radiografía lateral del tórax en un gato con carcinoma broncoalveolar. Existe un patrón alveolar de tipo no estructurado, que es más notable en la porción dorsal del parénquima pulmonar.

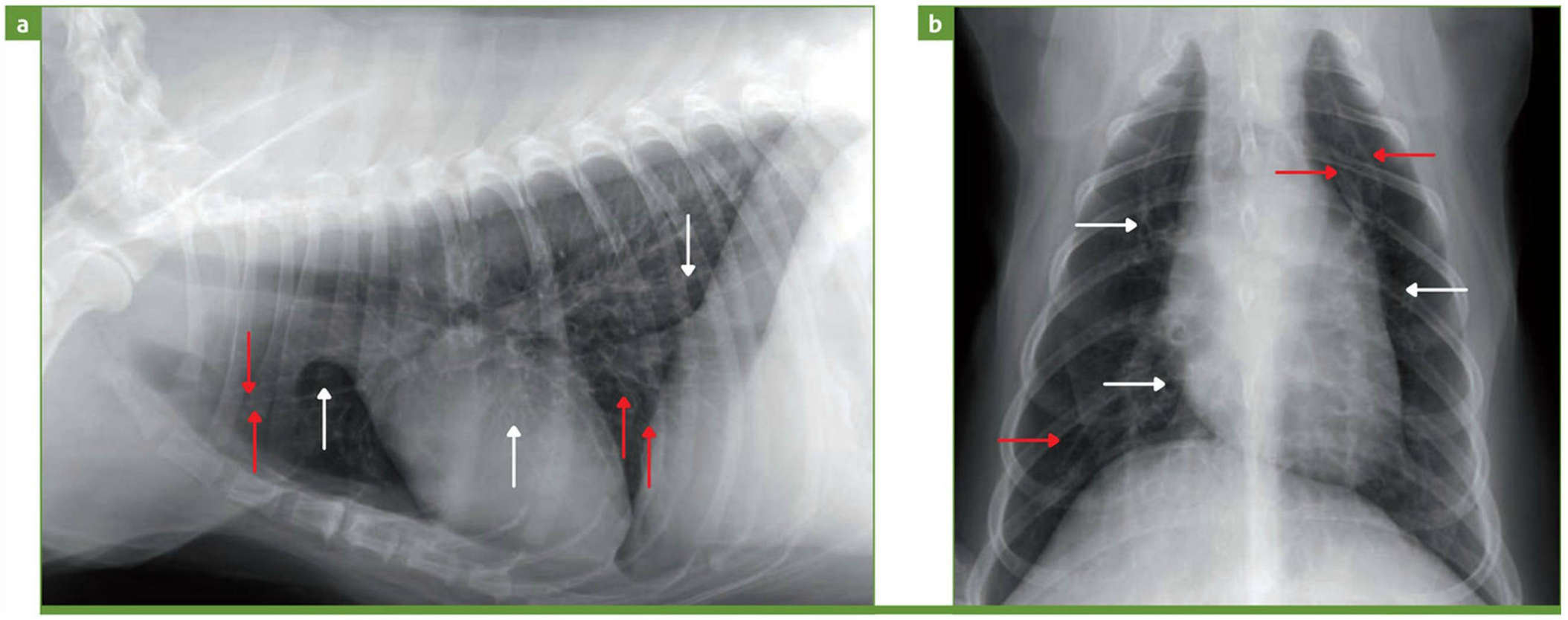


Figuras 88a y 88b. Estudio radiográfico del tórax en un gato con fallo cardiaco crónico y edema pulmonar. La silueta cardiaca y la vena cava caudal son difíciles de visualizar debido al efecto de silueta positiva que el patrón alveolar produce. La distribución típica del edema pulmonar es ventral en la especie felina. Nótese la impresión de cardiomegalia en ambas proyecciones.

Patrón bronquial



En el patrón bronquial, los bronquios se hacen más visibles radiográficamente porque sus paredes se engruesan. La imagen de "donut" en corte transversal o "líneas de ferrocarril" en corte longitudinal de los bronquios es una regla nemotécnica clásica para identificar esta patología. En la bronquitis o el asma, estos signos radiográficos suelen verse de manera más evidente en la zona más alejada del hilio pulmonar. En las figuras 89 y 90 se observan ejemplos de patrones bronquiales.



Figuras 89a y 89b. Estudio radiográfico torácico en un perro con bronquitis e infiltrados pulmonares eosinofílicos. El patrón bronquial es generalizado en todo el parénquima. Nótese el engrosamiento bronquial en una sección transversal (flecha blanca, signo del "donut") y sagital (flecha roja, signo de las "líneas de ferrocarril").

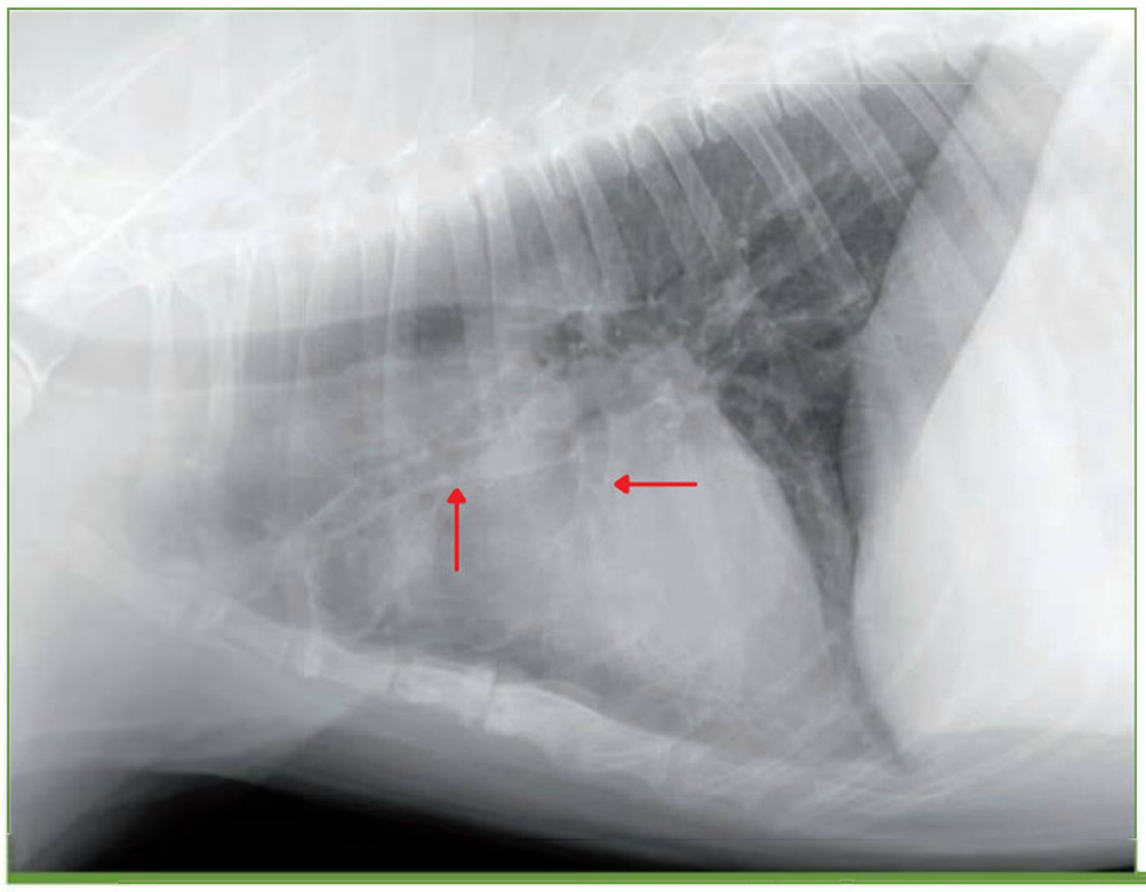


Figura 90. Radiografía lateral del tórax de un perro con bronquiectasia (dilatación bronquial) en los bronquios craneal y medio derechos (flechas) con infiltrados alveolares en las porciones lobulares más distales. Hallazgos compatibles con neumonía por aspiración.

La tráquea normal conserva un diámetro homogéneo a lo largo de todo su trayecto cervical y torácico. El colapso traqueal es frecuente en razas braquiocéfalas, como el Bulldog Inglés, que a su vez son más susceptibles de sufrir hipoplasia traqueal. Con la edad, la tráquea puede presentar deficiencias estructurales en el contorno rígido de su circunferencia. Así, el músculo traqueal dorsal se desplaza ventralmente reduciendo el diámetro del tubo traqueal y posibilitando el paso de estructuras dorsales tales como el esófago. A este fenómeno se le llama **membrana esófagica traqueal redundante**, pudiendo verse en animales sin signos clínicos (fig. 91). Por el contrario, el colapso traqueal verdadero puede provocar ronquidos y/o síntomas respiratorios graves. La evaluación radiográfica del colapso traqueal ha de realizarse mediante un estudio que incluya proyecciones laterales de la tráquea a su entrada al tórax, tanto en inspiración como en espiración.

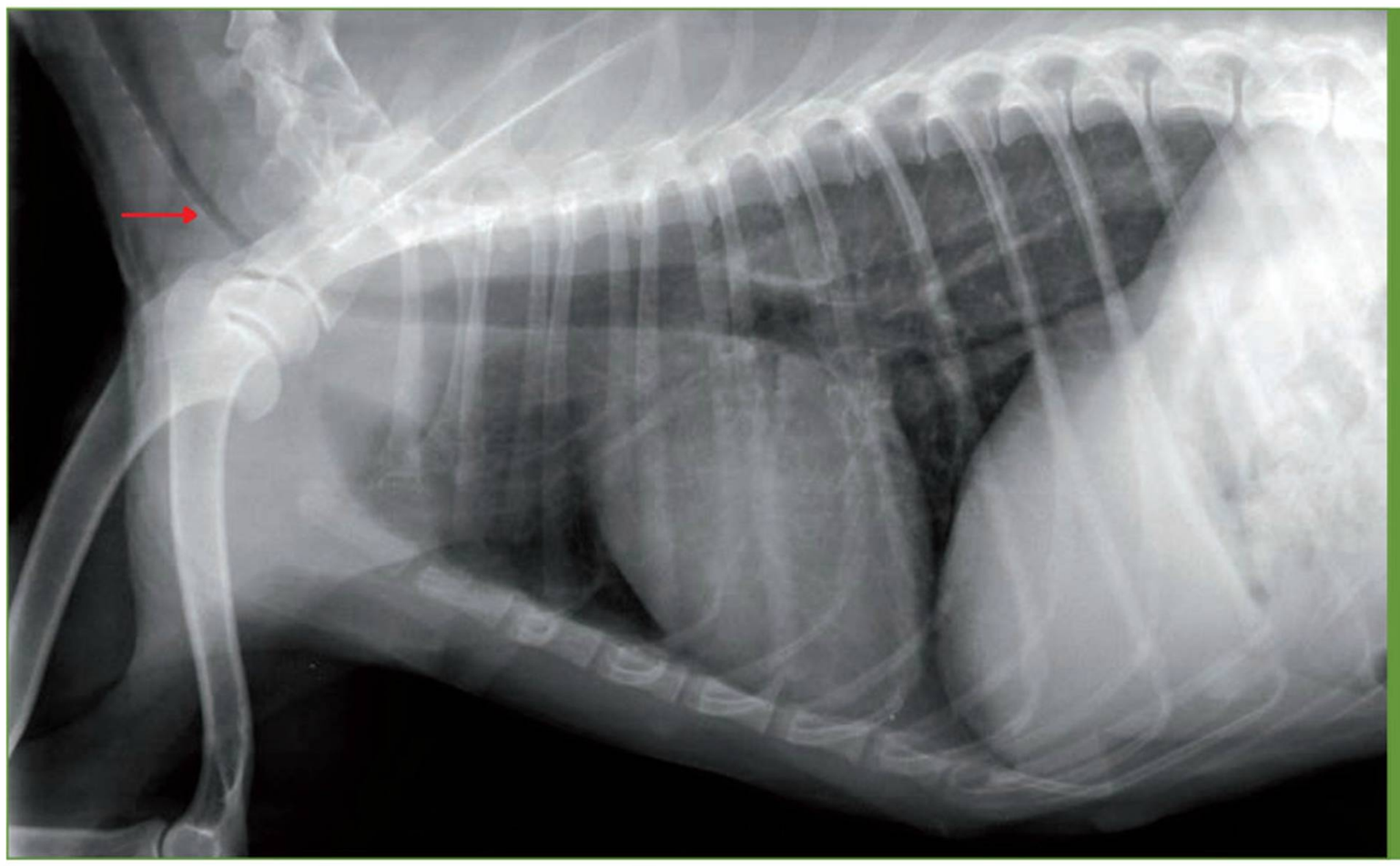


Figura 91. Radiografía torácica lateral de un perro con membrana esofágica traqueal redundante. Nótese la superposición del aspecto ventral del esófago en la luz traqueal (flecha).

Las modificaciones de la posición de la tráquea pueden deberse al desplazamiento por la presencia de masas mediastínicas craneales, grandes volúmenes de efusión pleural o masas en la base del corazón, pero también pueden responder a un error posicional por una extensión inapropiada del cuello (figs. 92 a 94).

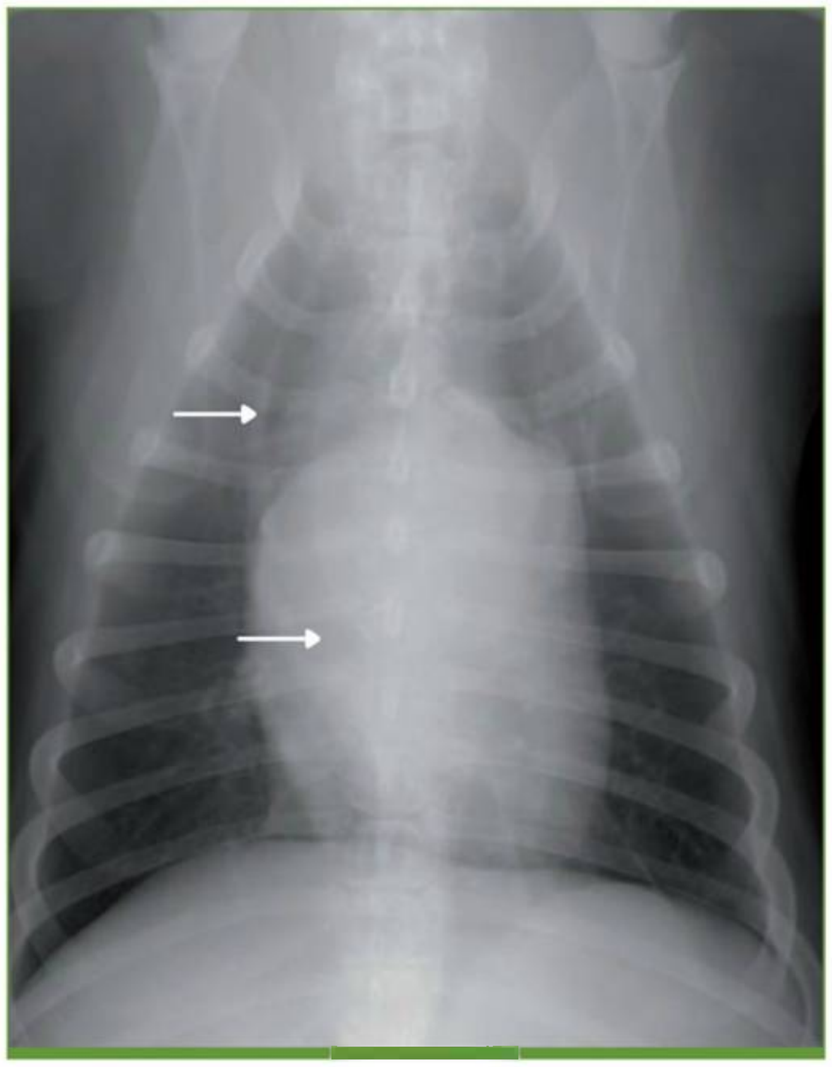


Figura 92. Radiografía ventrodorsal del tórax en un perro que presenta una masa en la base del corazón que desplaza la tráquea hacia la derecha, alejando la carina de su posición centrada habitual (flechas). Compárese esta desviación anormal de la tráquea con el trayecto normal en el caso del perro de la figura 37a.

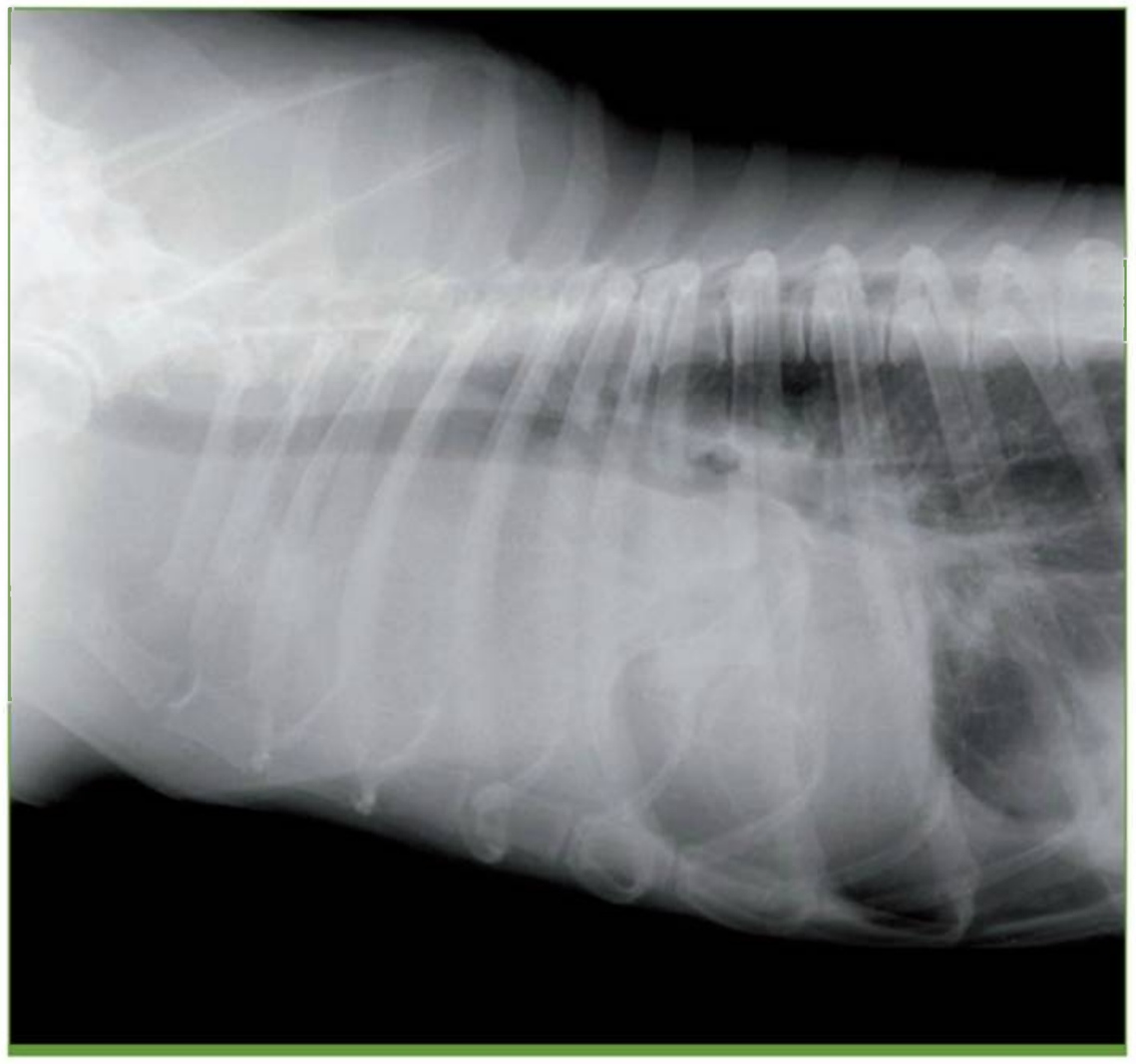


Figura 93. Radiografía lateral de tórax en un perro con una masa mediastínica craneal. Nótese el desplazamiento dorsal de la tráquea y la carina. El diámetro de la luz traqueal es homogéneo en todo su trayecto.

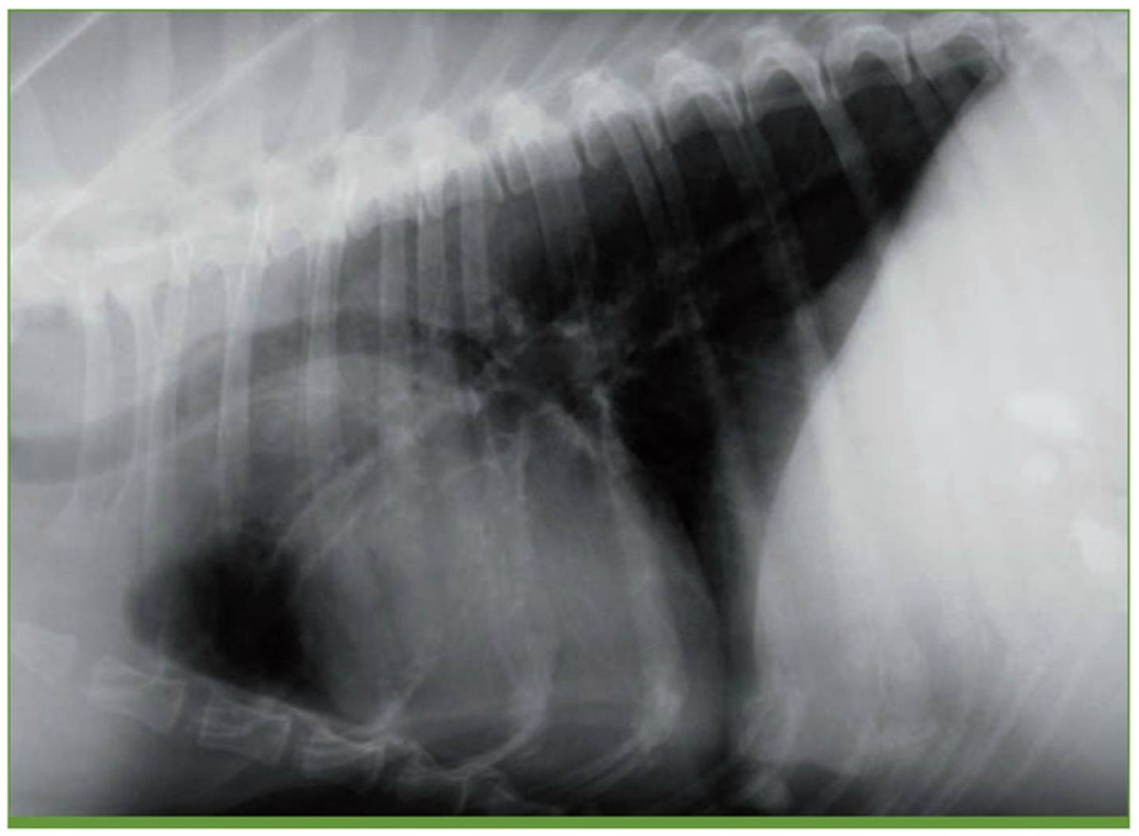


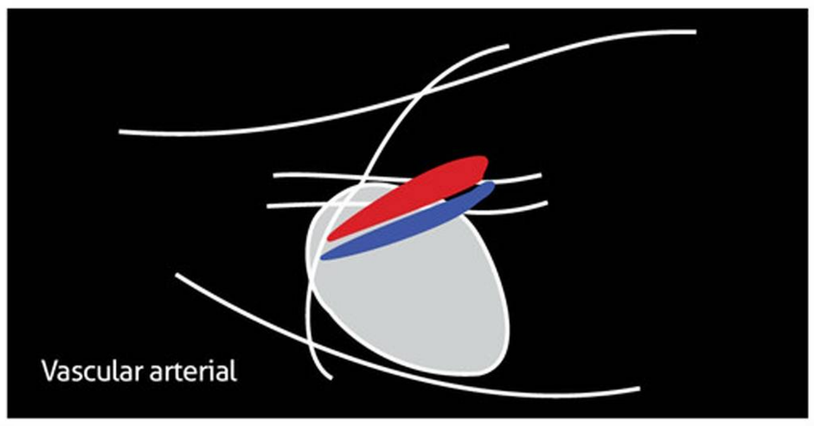
Figura 94. Radiografía lateral del tórax de un perro con un trayecto traqueal sinuoso. Obsérvese que el diámetro traqueal es homogéneo en toda su extensión. Estas modificaciones del trayecto traqueal son debidas a una mala colocación del cuello que no se ha extendido adecuadamente y no deben confundirse con patología alguna.

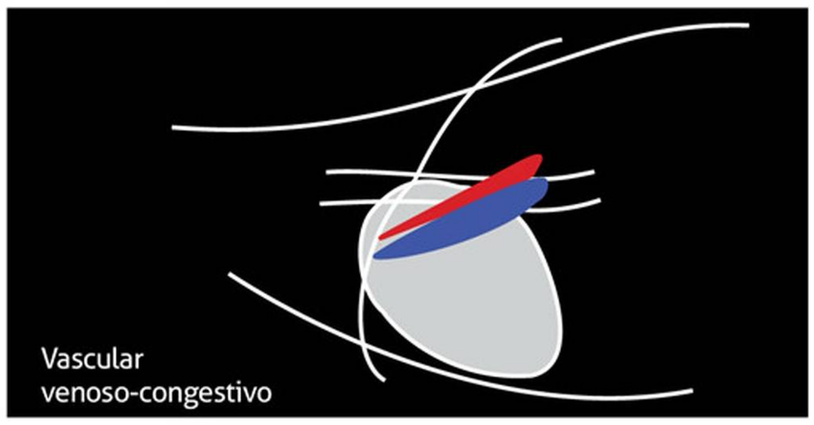
Patrón vascular

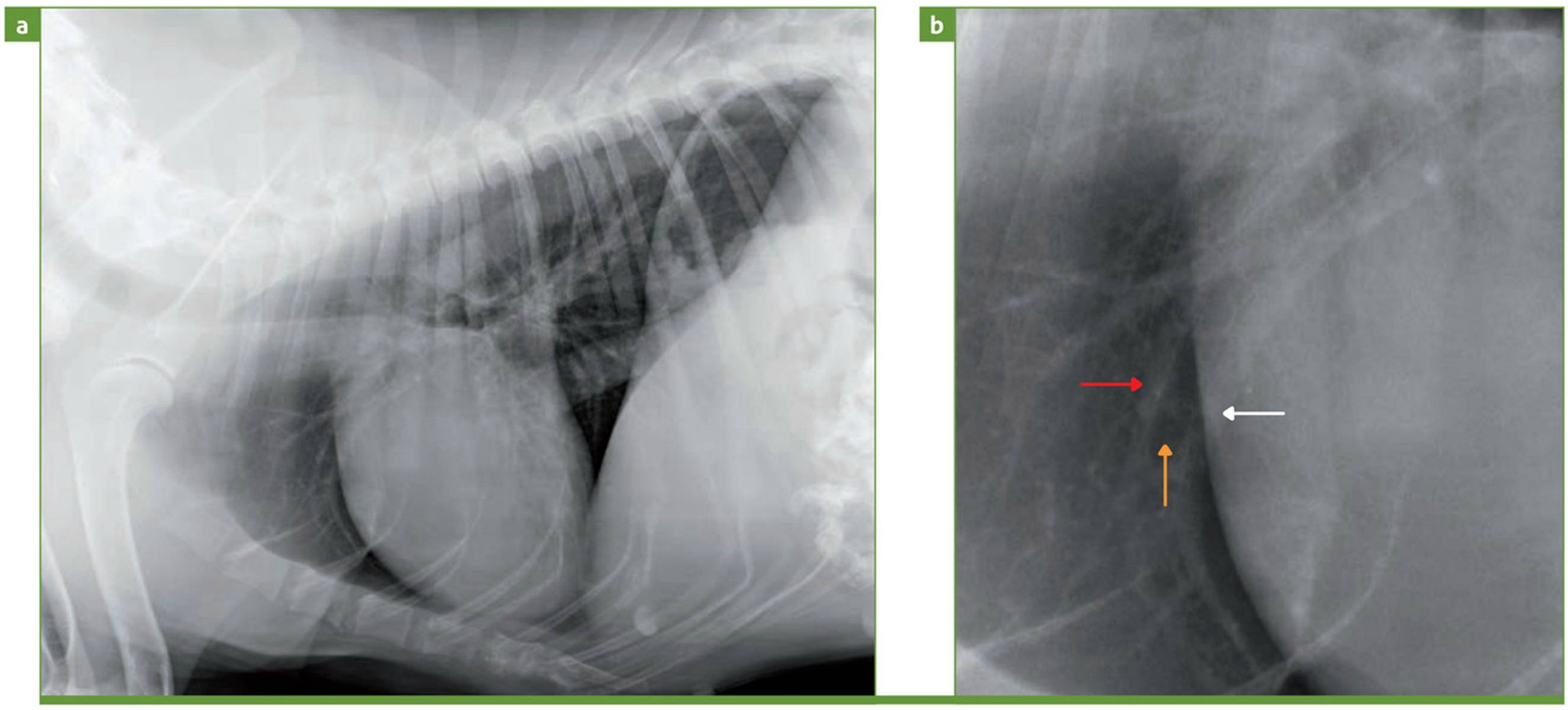
El patrón vascular se produce cuando existe una alteración en el tamaño de las arterias o las venas pulmonares en el parénquima pulmonar.

Si la alteración del tamaño se da a la vez en arterias y venas, podemos hablar de un patrón vascular generalizado en sentido de aumento, cuando los vasos son muy prominentes (en una sobrecarga accidental de fluidos, por ejemplo), o disminución, cuando las estructuras vasculares tienen un diámetro muy reducido (en la hipovolemia, por ejemplo). La evaluación del diámetro de los vasos se realiza habitualmente recurriendo a su comparación con el diámetro del tercio proximal de la 4ª costilla en la proyección lateral o de la 9ª costilla en la ventrodorsal.

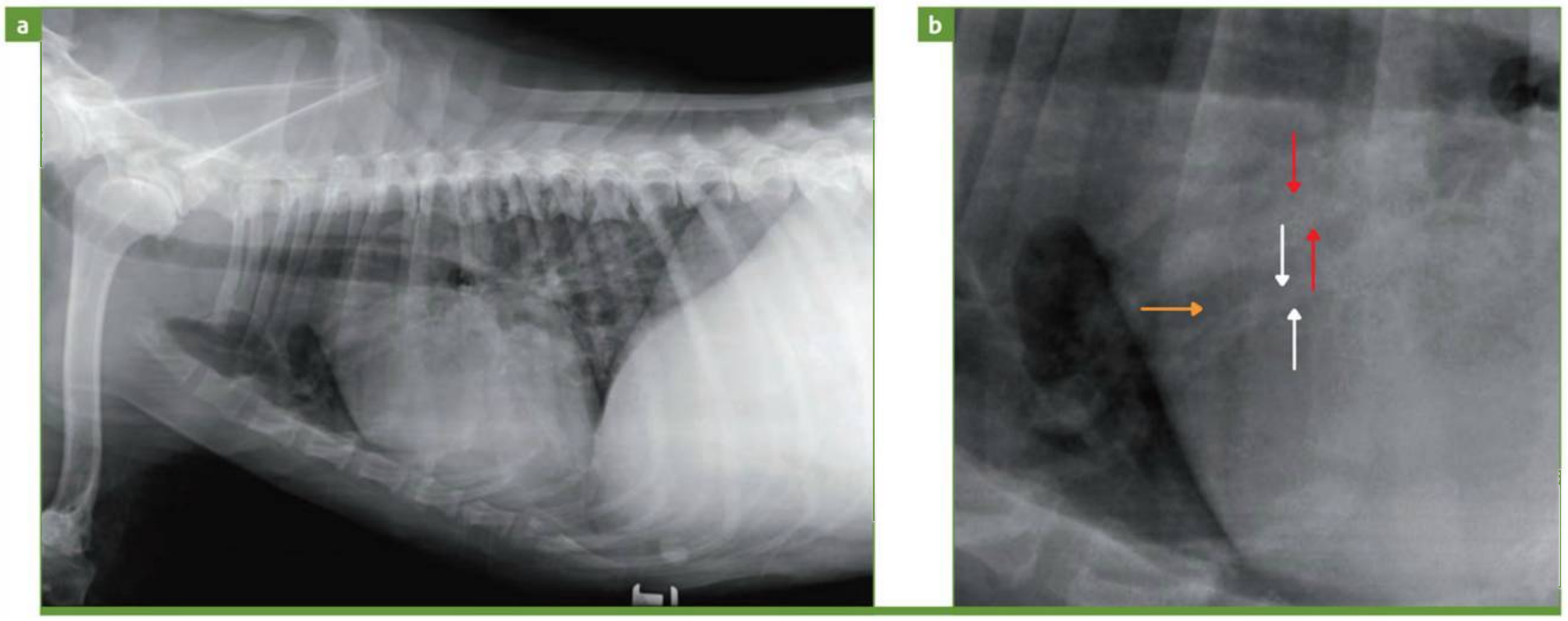
Por otra parte, los aumentos en el diámetro de los vasos pueden concernir únicamente a las arterias o a las venas. Por ejemplo, en casos de insuficiencia mitral con dilatación de la aurícula izquierda es frecuente encontrar fenómenos de congestión venosa donde las venas aparecen dilatadas. De la misma manera, en ocasiones solamente las arterias pulmonares pueden encontrarse aumentadas de tamaño, presentando incluso trayectos sinuosos, lo que es típico de animales infestados con *Dirofilaria immitis*. Las figuras 95 a 98 muestran algunos ejemplos de patrón vascular.







Figuras 95a y 95b. Radiografía lateral del tórax de un perro con insuficiencia mitral compensada. La aurícula izquierda se observa aumentada de tamaño. La imagen (b) es un detalle aumentado de la tríada (arteria en rojo, vena en blanco, bronquio en naranja) del lóbulo pulmonar craneal izquierdo. Obsérvese el mayor tamaño de la vena pulmonar en ese lóbulo comparado con su arteria correspondiente.



Figuras 96a y 96b. Radiografía lateral del tórax de un perro con filariosis pulmonar. El ventrículo derecho se observa aumentado de tamaño con acostamiento esternal. La imagen (b) es un detalle aumentado de la tríada (arteria en rojo, vena en blanco, bronquio en naranja) del lóbulo pulmonar craneal izquierdo. Obsérvese el mayor tamaño de la arteria pulmonar en ese lóbulo comparado con su vena correspondiente.

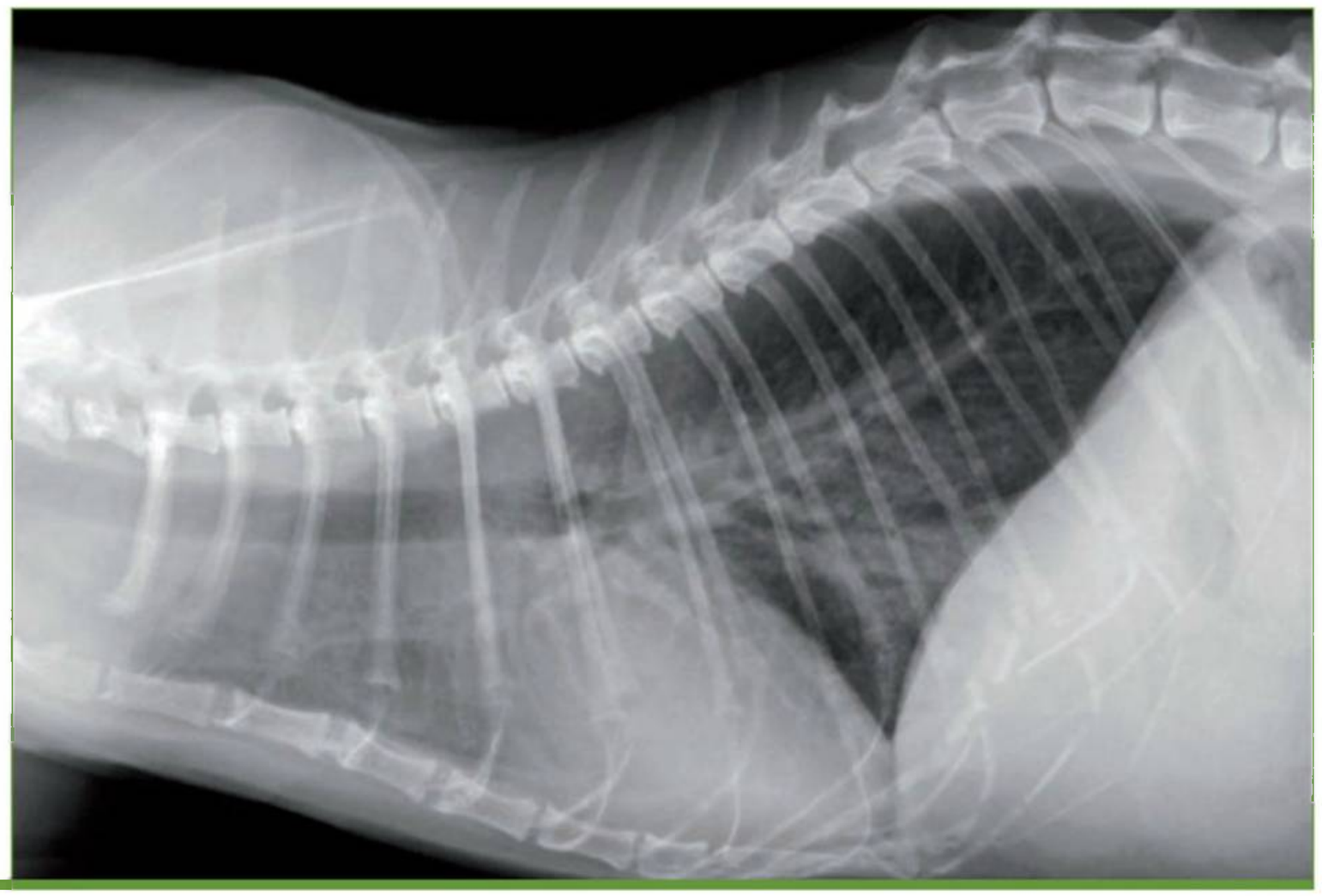
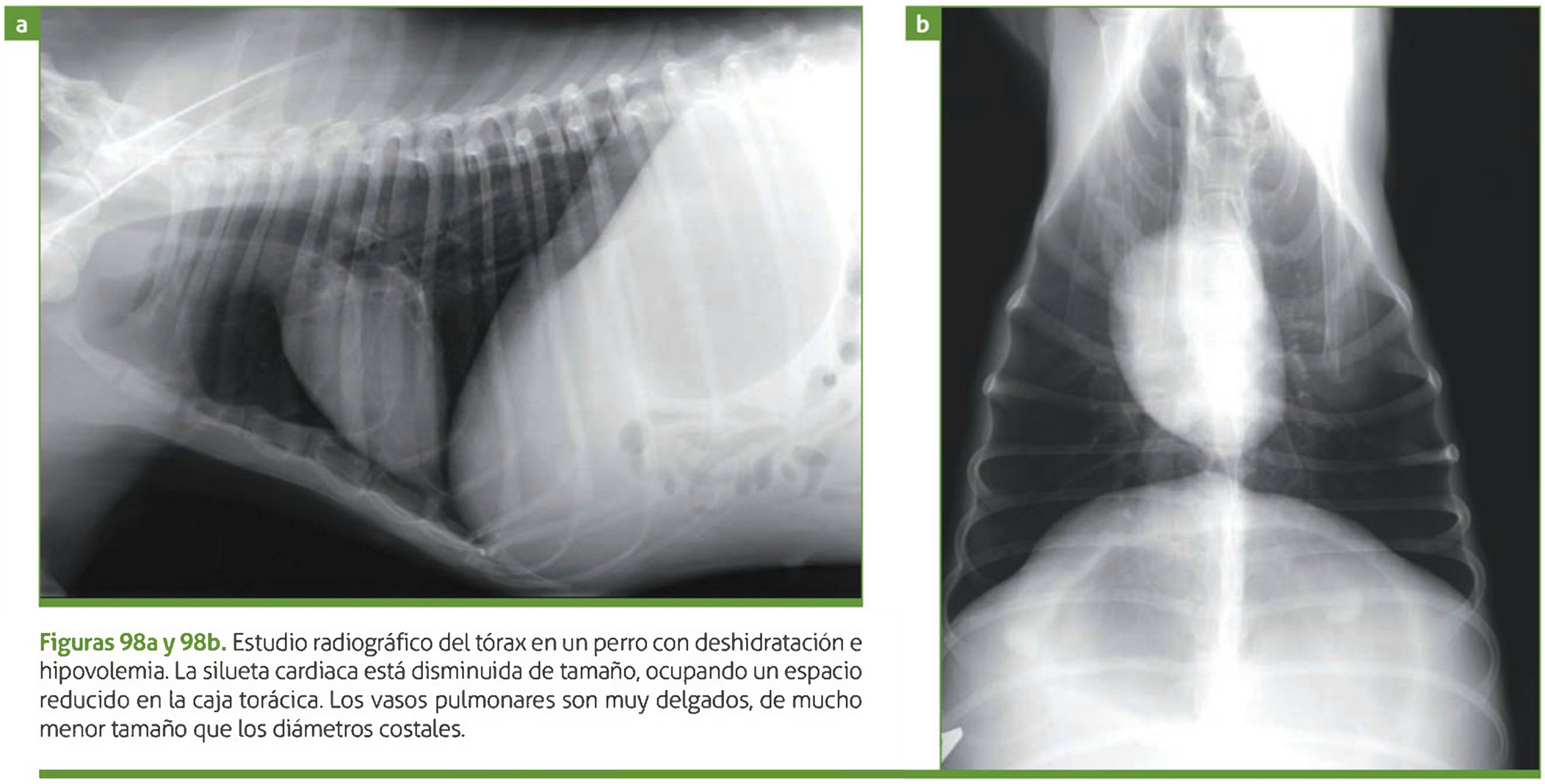


Figura 97. Radiografía lateral del tórax en un gato al que se le ha administrado por error un volumen excesivo de fluidoterapia. Existe un patrón intersticioalveolar ventral que dificulta la evaluación de la silueta cardiaca y es compatible con edema intersticial. Todos los vasos pulmonares se observan muy prominentes si los comparamos con el grosor de las costillas.



Figuras 98a y 98b. Estudio radiográfico del tórax en un perro con deshidratación e hipovolemia. La silueta cardiaca está disminuida de tamaño, ocupando un espacio reducido en la caja torácica. Los vasos pulmonares son muy delgados, de mucho menor tamaño que los diámetros costales.

Ecografía torácica no cardiaca

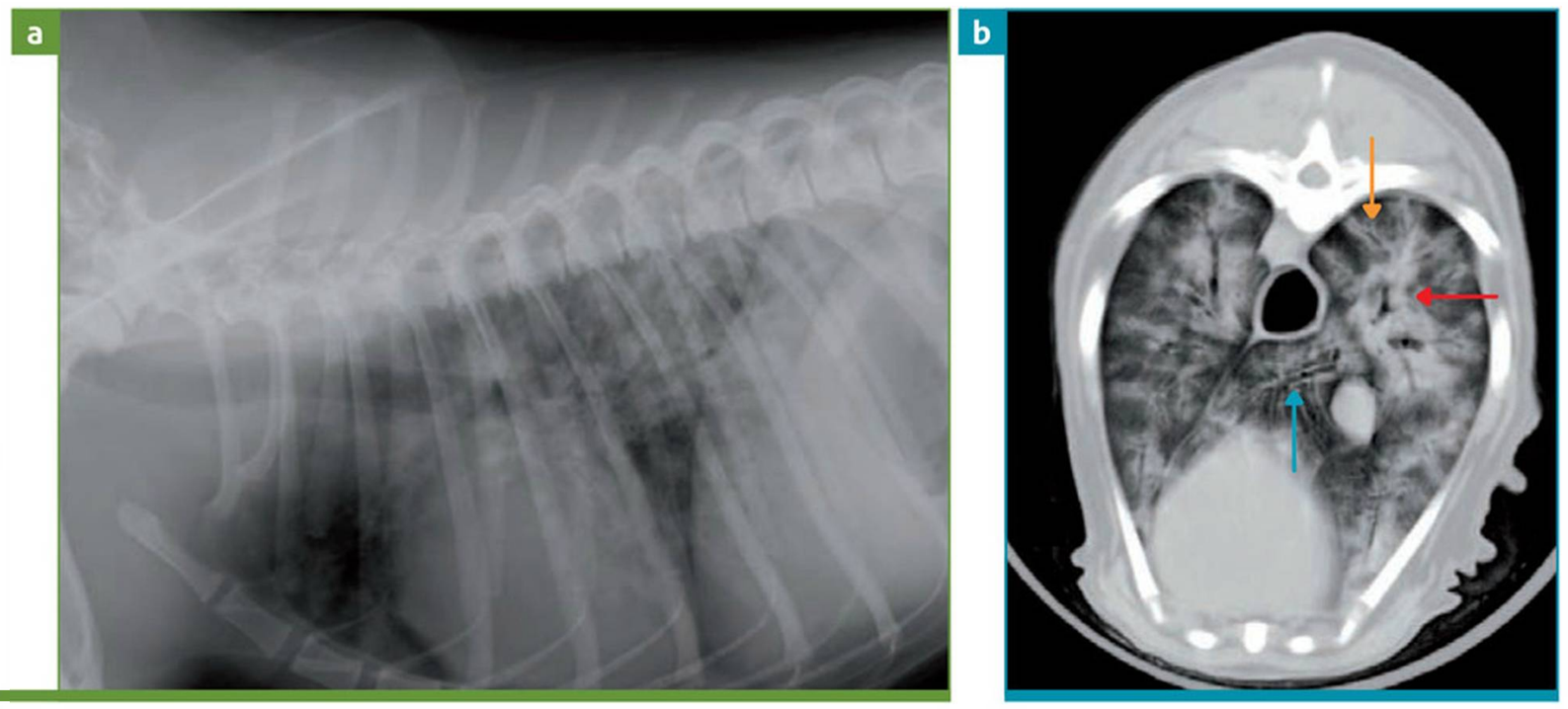
La ecografía torácica no cardiaca para la inspección del parénquima pulmonar tiene un uso limitado ya que los ultrasonidos experimentan una gran cantidad de reflexión al contacto con el aire alveolar (fig. 99). Sin embargo, sirve como guía para realizar aspirados de fluido libre en la cavidad torácica, así como para la recogida de muestras tisulares en nódulos o masas pulmonares, siempre que no estén rodeados de gran cantidad de aire (fig. 100).

Figura 99. Imagen ecográfica de un segmento de pulmón sano en un perro mediante una aproximación intercostal utilizando un transductor lineal de 11 MHz. Las flechas señalan la superficie ecogénica de la pleura visceral, única estructura visible del pulmón. El resto de la imagen es artefactual, ya que el gas intrapulmonar no permite el avance de los ultrasonidos.

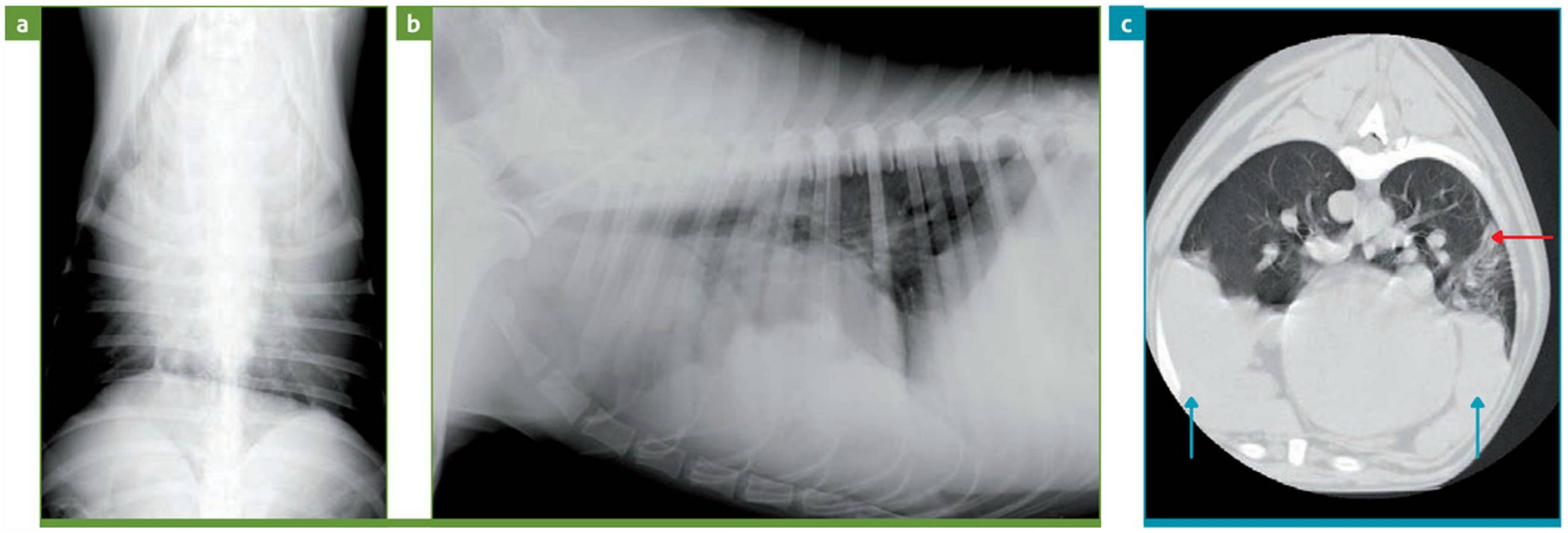
Figura 100. Imagen ecográfica de un segmento pulmonar con un nódulo cavitado de carácter anecoico, en la que se está obteniendo un aspirado del fluido interno mediante la introducción de una aguja fina, que se observa como una línea ecogénica oblicua dentro de la cavidad.

Tomografía computerizada del pulmón

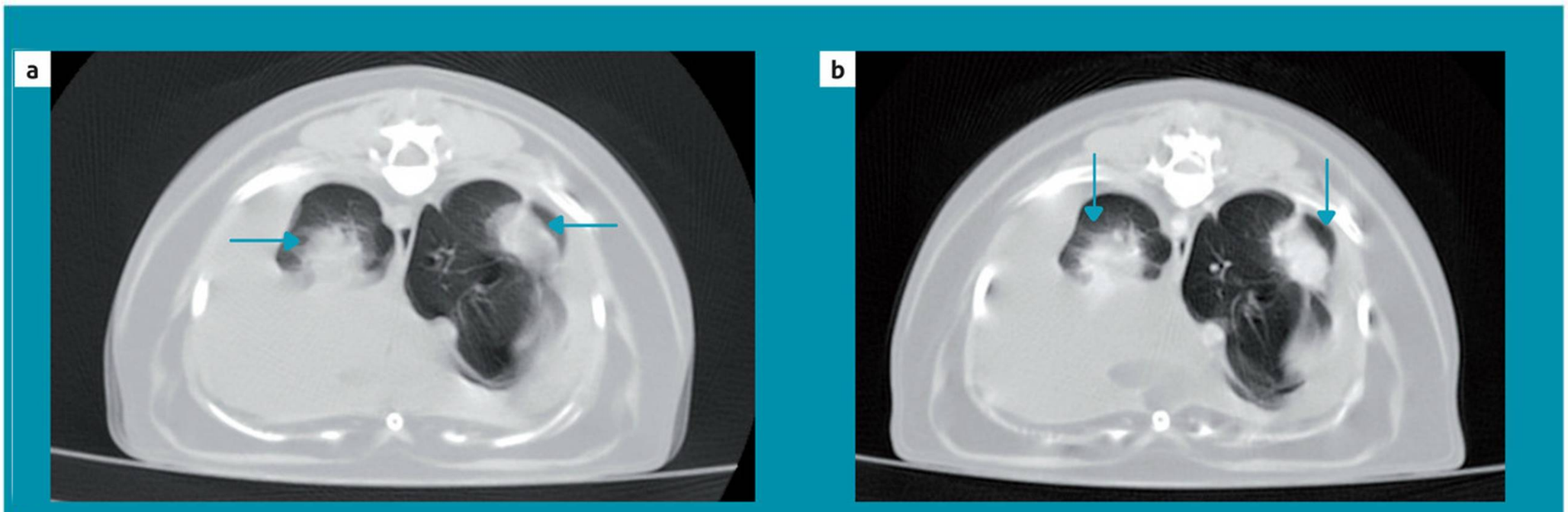
Al igual que en la radiología convencional, la producción de rayos X es también la base física de la tomografía computerizada. Así, pueden identificarse los distintos patrones radiológicos pulmonares anteriormente descritos (fig. 101). La posibilidad de realizar cortes axiales, reconstrucciones dorsales o en tres dimensiones permite una identificación anatómica más precisa de las lesiones del parénquima (fig. 102). Además, en la tomografía se puede obtener un contraste adicional con respecto a la radiología torácica administrando contraste yodado de tipo no iónico (iohexol) por vía intravenosa (fig. 103). Asimismo, esta técnica sirve de guía en la introducción de una aguja hacia una lesión de interés para su punción o aspiración (fig. 104). La resolución que ofrece la tomografía es también mayor respecto de la radiología convencional, pudiendo detectarse con mayor precisión pequeñas lesiones tales como metástasis pulmonares que no son visibles en la radiología convencional (fig. 105).



Figuras 101a y 101b. Radiografía lateral del tórax de un perro con un patrón pulmonar mixto broncointersticioalveolar (a). En un corte tomográfico axial (b) se observan con mayor precisión las lesiones combinadas en el interior del parénquima. Las flechas señalan áreas de lesión alveolar (rojo), intersticial (naranja) y bronquial (azul).



Figuras 102a, 102b y 102c. Estudio radiográfico (a y b) del tórax de un perro con una masa mediastínica craneal que desplaza dorsalmente la tráquea. Además, existe una masa de morfología irregular y naturaleza alveolar que se proyecta ventralmente en las porciones ventrales del lóbulo craneal izquierdo. En el estudio tomográfico del tórax (c), apreciamos con mayor precisión las lesiones, observándose una consolidación alveolar en ambos lóbulos craneales (flechas azules), así como una extensión dorsal de infiltrado instersticioalveolar (flecha roja) en el lado derecho.



Figuras 103a y 103b. Sección tomográfica transversal de la cavidad torácica a nivel del 4º espacio intercostal. Estudio en vacío (a) y con contraste (b) utilizando ventana de tejido blando. Para el contraste se administra iohexol (620 mg/kg IV) con retardo de 10 segundos. Obsérvese que existe efusión pleural en el hemitórax derecho que impide ver la silueta cardiaca. Dos nódulos pulmonares de densidad tipo tejido blando se aprecian en sendos campos pulmonares dorsales (flechas). Estos nódulos pulmonares presentan una captación heterogénea de contraste (flechas, 103b), demostrando así su naturaleza vascular y su potencial origen neoplásico.

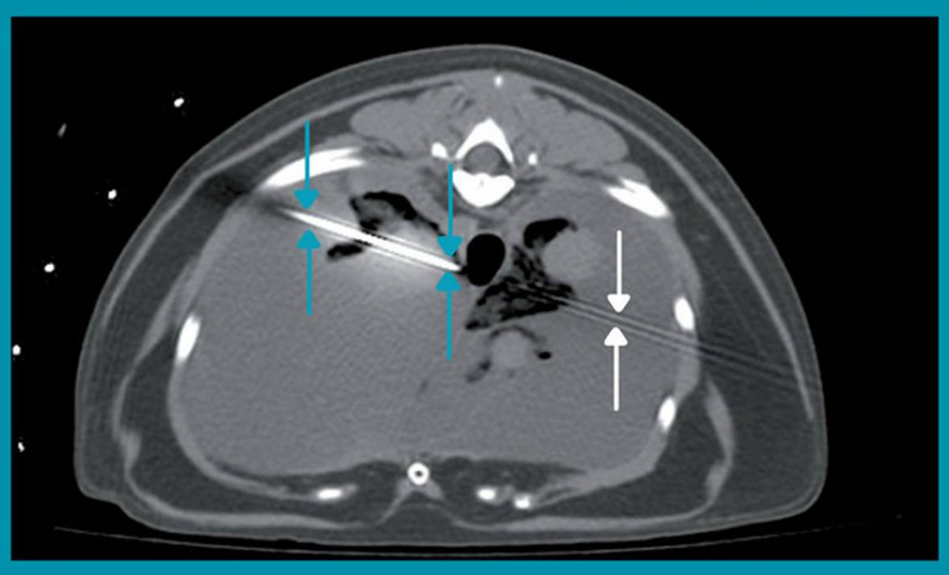


Figura 104. Sección tomográfica transversal de la cavidad torácica a nivel del 4º espacio intercostal. Estudio en vacío utilizando ventana mediastínica. La aguja de punción (entre flechas azules) se encuentra alojada dentro del nódulo pulmonar del lóbulo craneal derecho. Obsérvese el artefacto lineal (entre flechas blancas) producido por la presencia de la aguja de punción. El análisis histopatológico de la muestra ofreció un diagnóstico de carcinoma pulmonar.

Figura 105. Sección tomográfica transversal de la cavidad torácica a nivel del 7º espacio intercostal. Estudio en vacío utilizando ventana pulmonar. Las flechas azules indican la presencia de nódulos de densidad tipo tejido blando de 1-2 mm, en ambos lóbulos pulmonares caudales, compatibles con metástasis pulmonares. Estas lesiones metastásicas no fueron identificadas radiológicamente.

Alteraciones del espacio pleural

El espacio pleural es la cavidad situada entre la pleura pulmonar y diafragmática y la pleura costal. Este espacio está sometido, en condiciones normales, a una presión atmosférica negativa para facilitar la expansión pulmonar durante la fase inspiratoria del ciclo respiratorio. A fin de facilitar el deslizamiento del pulmón sobre las superficies pleurales y evitar rozamientos indeseados, la cavidad pleural contiene una pequeñísima cantidad de fluido lubricante que no se detecta en las imágenes radiográficas. Radiológicamente, y en condiciones normales, la cavidad pleural es un espacio virtual en el que resulta difícil establecer sus límites anatómicos. Ello es debido al hecho de que los lóbulos pulmonares no pueden individualizarse en condiciones normales. Unicamente cuando existe un elemento de contraste dentro de la cavidad pleural (un volumen dado de fluido o gas), es cuando se hace más evidente la existencia de este espacio. Así pues, el espacio pleural se hará visible cuando exista incluso un pequeño volumen de fluido (efusión pleural) o gas (neumotórax) entre la pleura visceral, diafragmática y costal.

El líquido o el gas libre en la cavidad pleural se va a disponer entre dos o más lóbulos adyacentes, permitiendo su identificación incluso en pequeños volúmenes. La ocupación del espacio pleural por gas o fluido conlleva una limitación en la capacidad de expansión pulmonar durante la inspiración, observándose una retracción de los bordes pulmonares respecto de la caja costal, con el consiguiente incremento de la radiopacidad del parénquima por atelectasia relativa, que puede llegar a consolidación completa y colapso pulmonar grave, siempre en función del volumen presente en el espacio pleural (figs. 106 y 107). Una consecuencia del llenado del espacio pleural es la pérdida parcial o total de la visualización del perfil del corazón, que forma un efecto de silueta positiva con los lóbulos pulmonares vacíos de aire o la efusión.

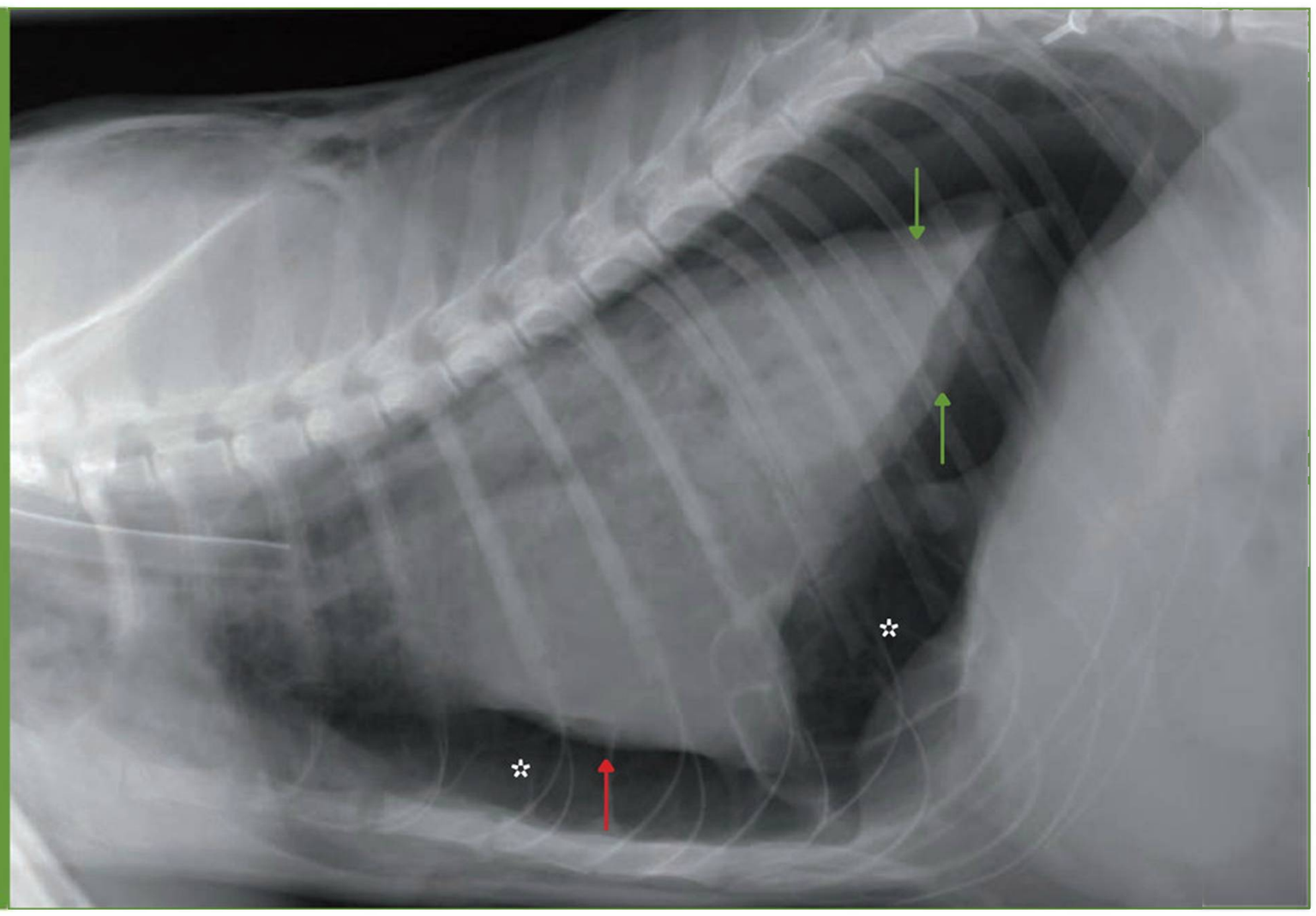


Figura 106. Radiografía lateral del tórax de un gato con neumotórax bilateral grave. Obsérvese la retracción de los lóbulos pulmonares desde la superficie diafragmática y su atelectasia casi completa (flechas verdes), que produce un patrón de tipo alveolar generalizado. La silueta cardiaca es difícil de distinguir debido a la silueta positiva pulmonar, ofreciendo la típica imagen de corazón "flotante" (flecha roja). El aire libre en la cavidad pleural está señalado con asteriscos.

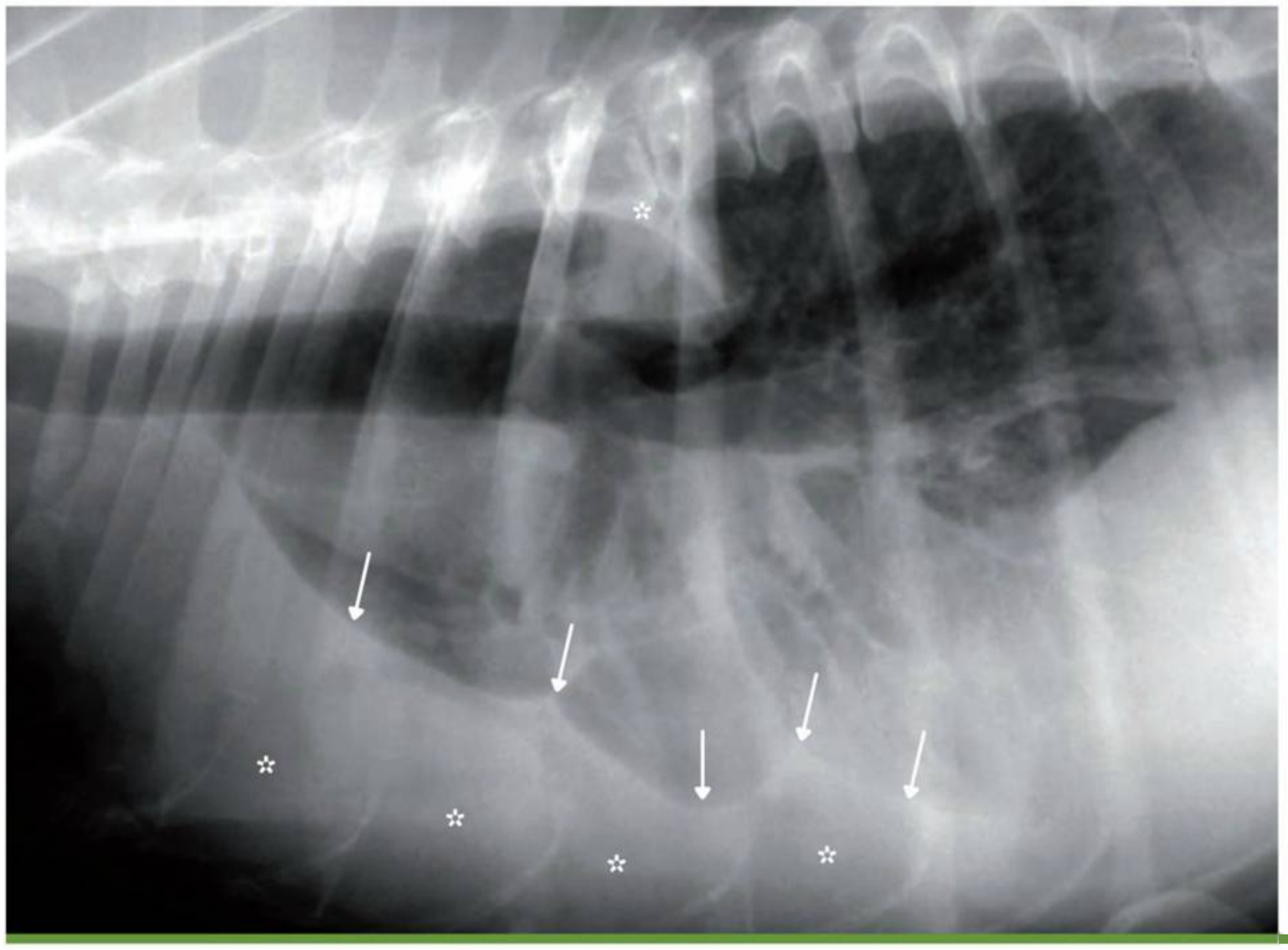
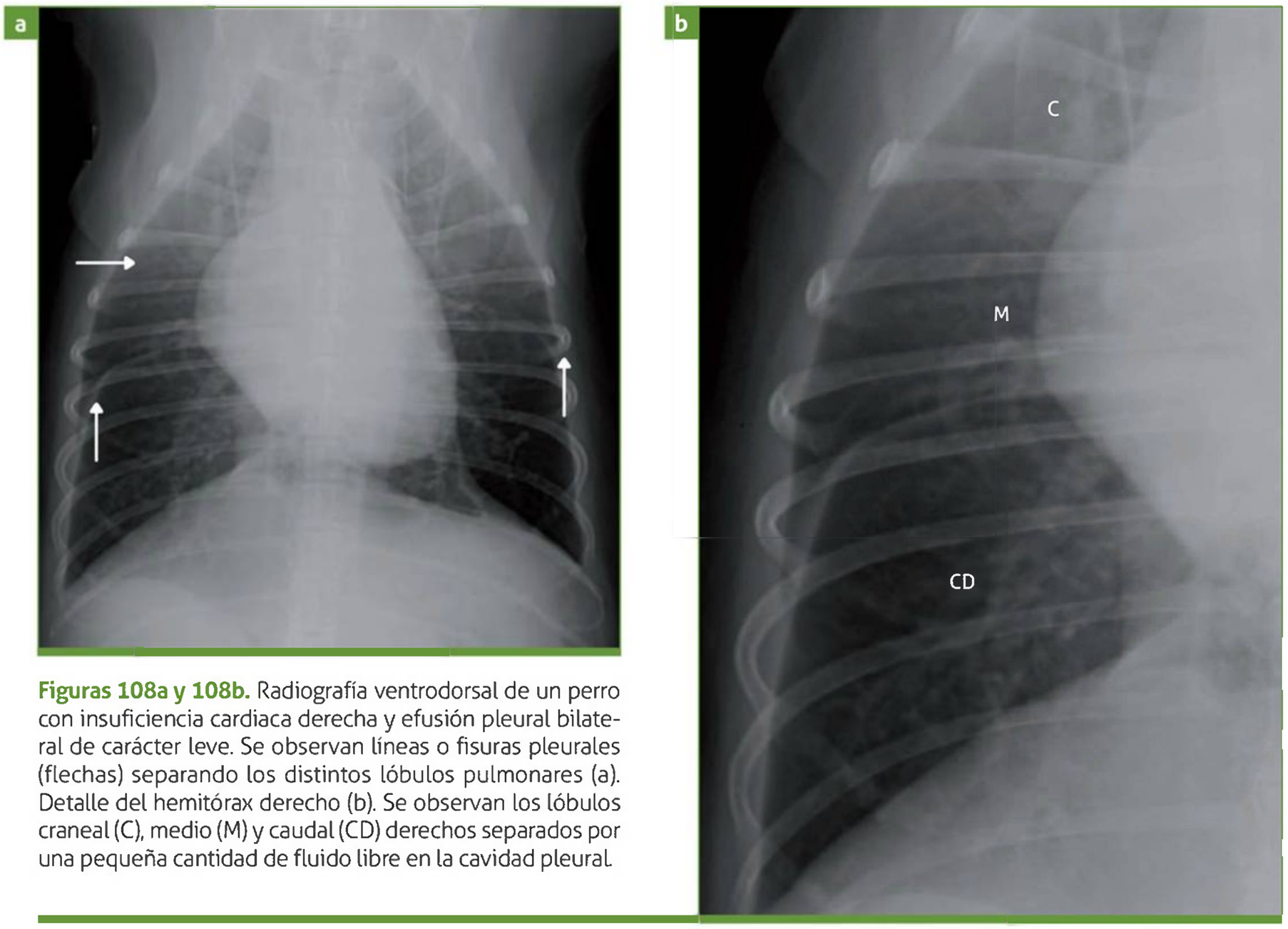
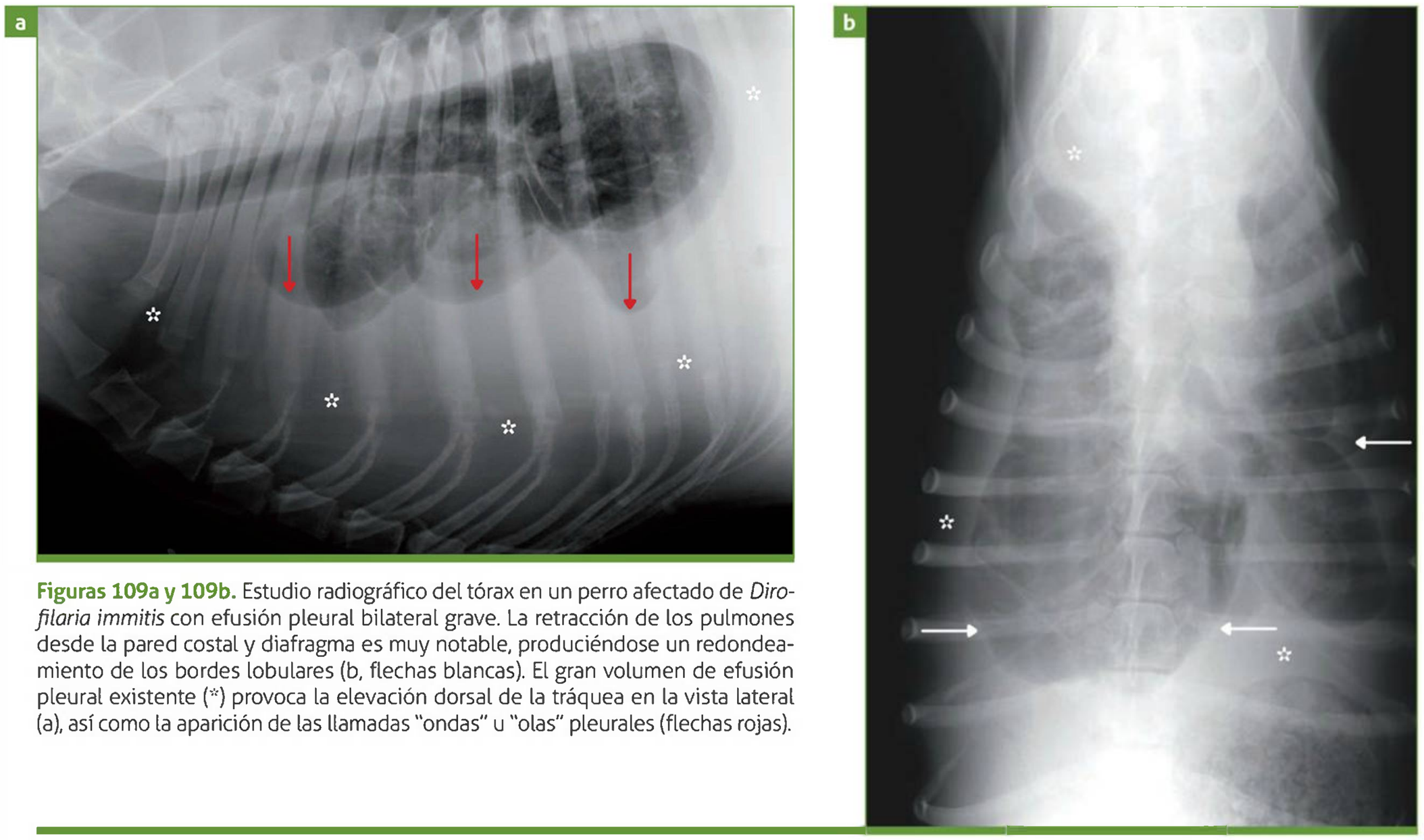


Figura 107. Radiografía lateral del tórax de un perro con efusión pleural grave, en la que se observa la retracción de los lóbulos pulmonares de la pleura parietal. La silueta cardiaca ha desaparecido, observándose una reducción del volumen pulmonar. El aspecto ventral de los lóbulos pulmonares se observa desplazado dorsalmente procurando una apariencia de ondas pleurales (flechas). El fluido libre en la cavidad pleural está señalado con asteriscos.

Si el volumen de fluido es leve, se aprecian las llamadas **líneas o fisuras pleurales** (fig. 108). Estas líneas radiopacas, si son muy delgadas, no pueden distinguirse de una superficie pleural fibrótica. Conforme el volumen de la efusión pleural aumenta, las líneas pleurales se ensanchan, transformándose en **ondas u olas pleurales**, formando una imagen típica en el aspecto ventral del tórax en las proyecciones laterales (fig. 109). El derrame pleural puede ocupar parcial o totalmente un hemitórax o bien situarse bilateralmente en ambos (figs. 107, 109b y 110). La posición central del corazón en la caja torácica, con una leve inclinación de su ápex hacia la izquierda, está determinada anatómicamente por el volumen que ocupan los pulmones en la cavidad torácica. Así, si el volumen pulmonar se reduce como consecuencia del llenado de la cavidad pleural, va a producirse una desviación mediastínica del corazón hacia el lugar donde exista la mayor pérdida de capacidad. Un típico reflejo de esta desviación mediastínica cardiaca es la apariencia en las proyecciones laterales del "corazón flotante" en los neumotórax (figs. 106 y 110).



Figuras 108a y 108b. Radiografía ventrodorsal de un perro con insuficiencia cardiaca derecha y efusión pleural bilateral de carácter leve. Se observan líneas o fisuras pleurales (flechas) separando los distintos lóbulos pulmonares (a). Detalle del hemitórax derecho (b). Se observan los lóbulos craneal (C), medio (M) y caudal (CD) derechos separados por una pequeña cantidad de fluido libre en la cavidad pleural.



Figuras 109a y 109b. Estudio radiográfico del tórax en un perro afectado de *Dirofilaria immitis* con efusión pleural bilateral grave. La retracción de los pulmones desde la pared costal y diafragma es muy notable, produciéndose un redondeamiento de los bordes lobulares (b, flechas blancas). El gran volumen de efusión pleural existente (*) provoca la elevación dorsal de la tráquea en la vista lateral (a), así como la aparición de las llamadas "ondas" u "olas" pleurales (flechas rojas).

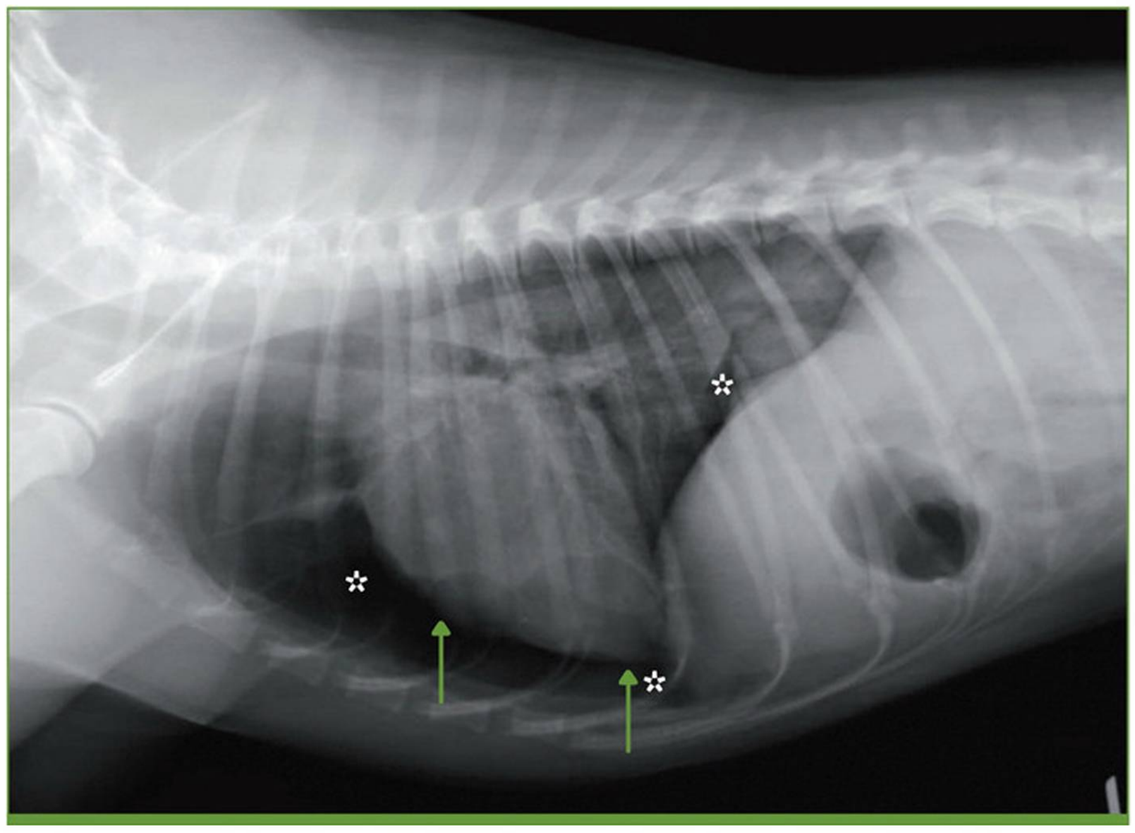


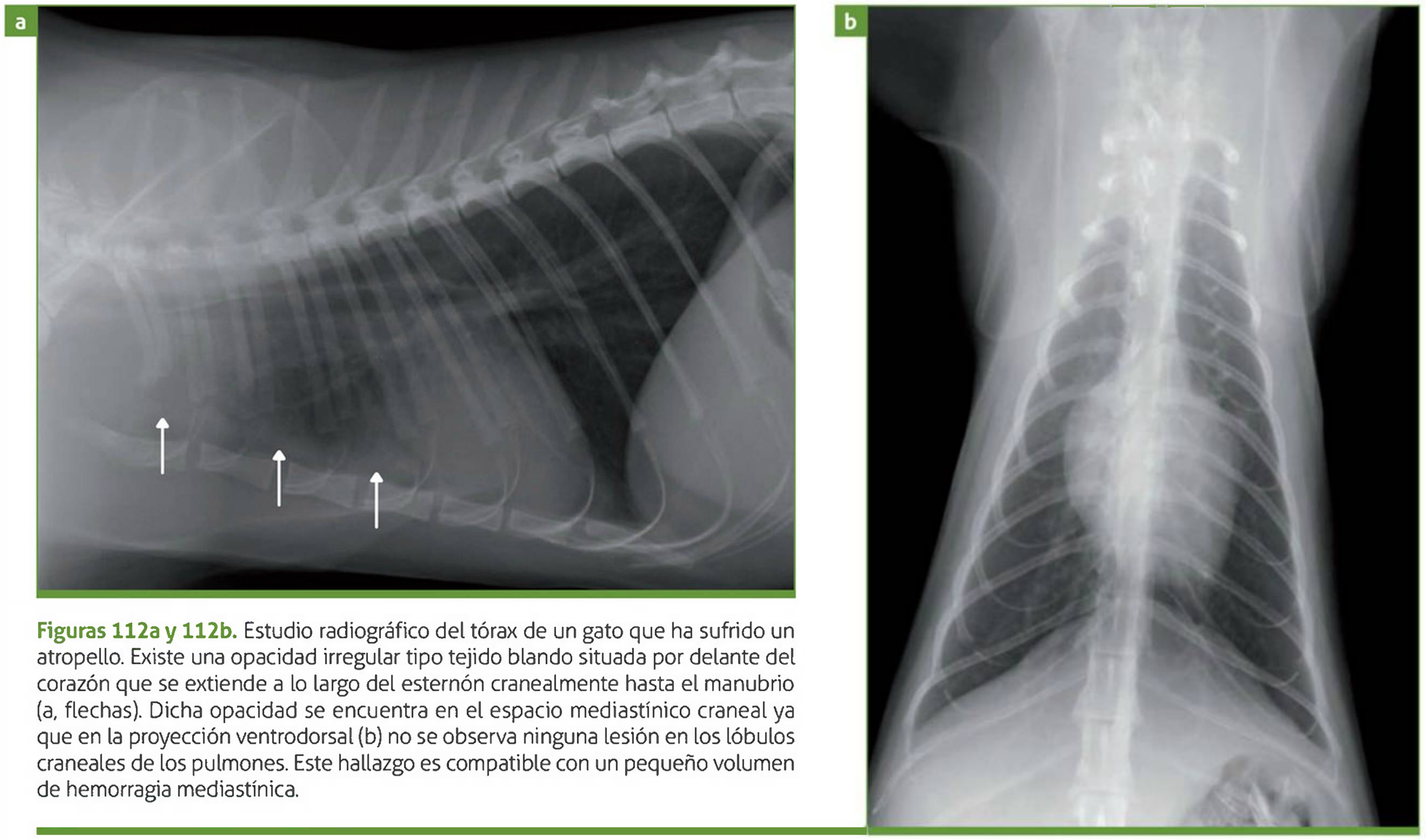
Figura 110. Radiografía lateral de un perro después de un atropello. Existe una moderada cantidad de aire libre (*) en la cavidad pleural, que provoca un giro mediastínico cardiaco con la típica imagen de corazón "elevado" desplazándose dorsalmente con respecto al esternón.

Figura 111. Radiografía ventrodorsal de un gato con acumulación de fluido (*) predominantemente en el hemitórax derecho. El ápex cardiaco no se observa en su situación habitual ya que el corazón se encuentra desplazado hacia el hemitórax derecho por la desviación mediastínica provocada por el colapso parcial del pulmón derecho. Las efusiones de carácter unilateral suelen esconder con frecuencia una enfermedad infiltrativa o neoplásica subyacente.

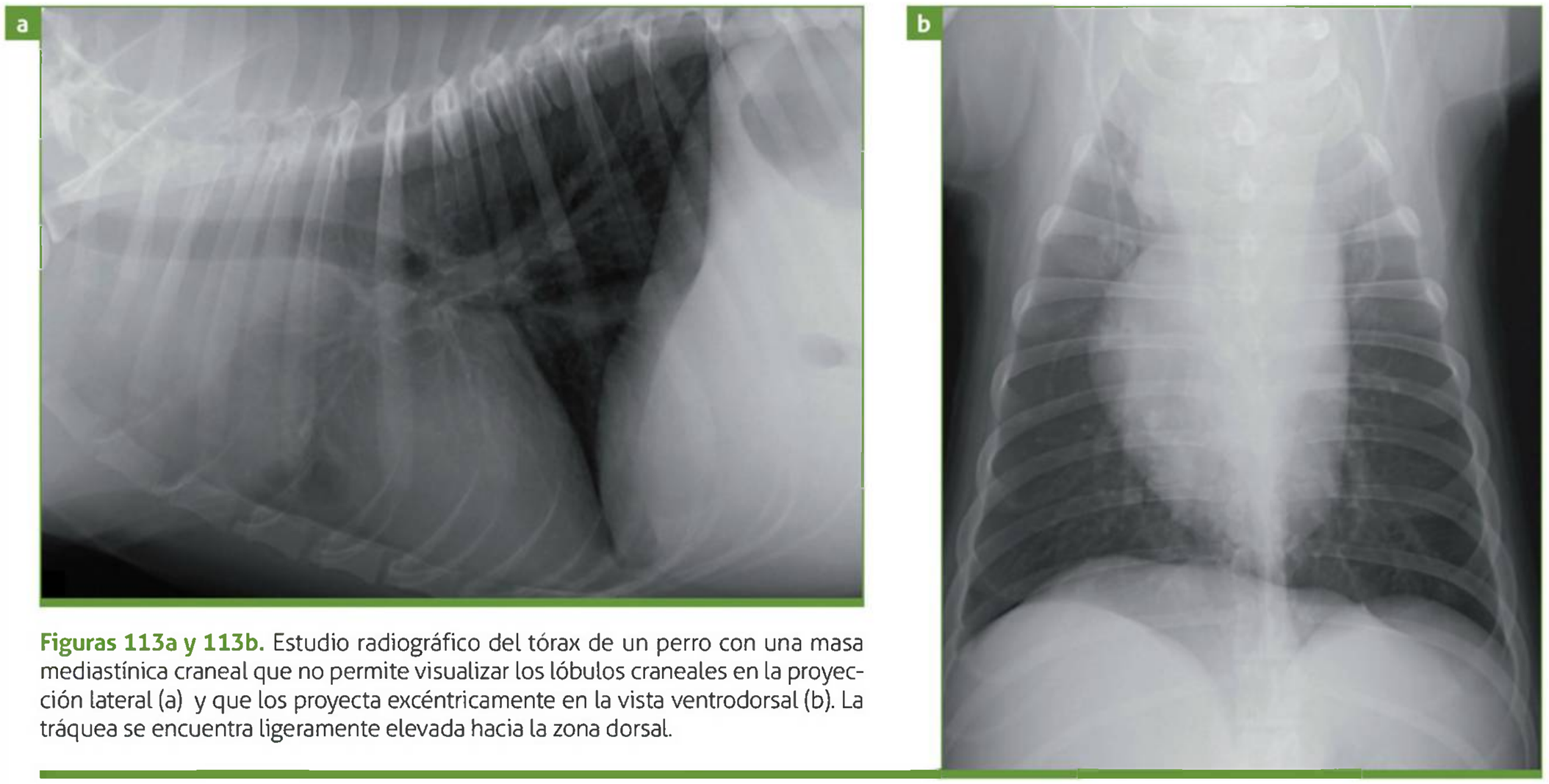
Alteraciones del mediastino

El mediastino craneal es frecuente asiento de masas, cuya etiología es diversa. Se han descrito timomas, quemodectomas, neoplasias ectópicas de células tiroideas, linfomas, etc.

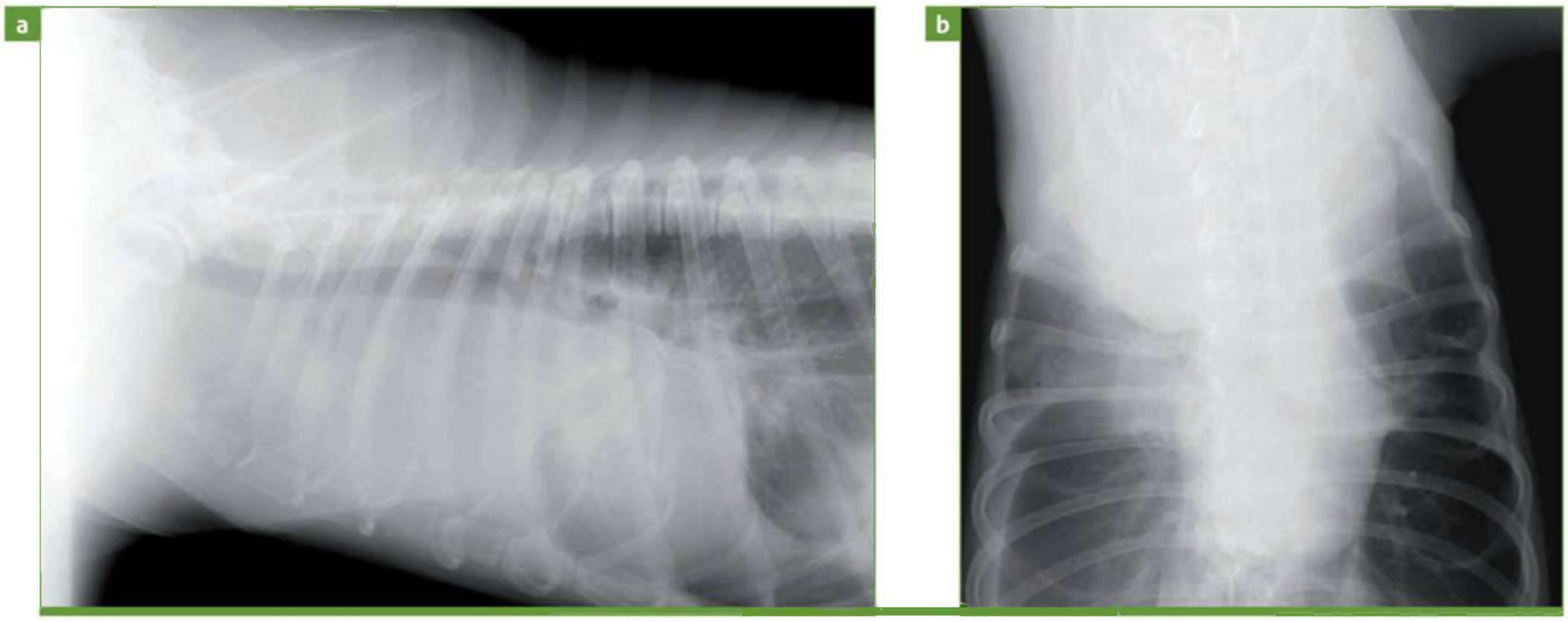
Dependiendo del volumen de la masa mediastínica, se producirá un mayor o menor desplazamiento excéntrico de los lóbulos pulmonares craneales, dorsal de la tráquea y caudal del corazón, así como se incrementará la opacidad tipo tejido blando en el área craneal en las proyecciones laterales (figs. 112 a 114).



Figuras 112a y 112b. Estudio radiográfico del tórax de un gato que ha sufrido un atropello. Existe una opacidad irregular tipo tejido blando situada por delante del corazón que se extiende a lo largo del esternón cranealmente hasta el manubrio (a, flechas). Dicha opacidad se encuentra en el espacio mediastínico craneal ya que en la proyección ventrodorsal (b) no se observa ninguna lesión en los lóbulos craneales de los pulmones. Este hallazgo es compatible con un pequeño volumen de hemorragia mediastínica.

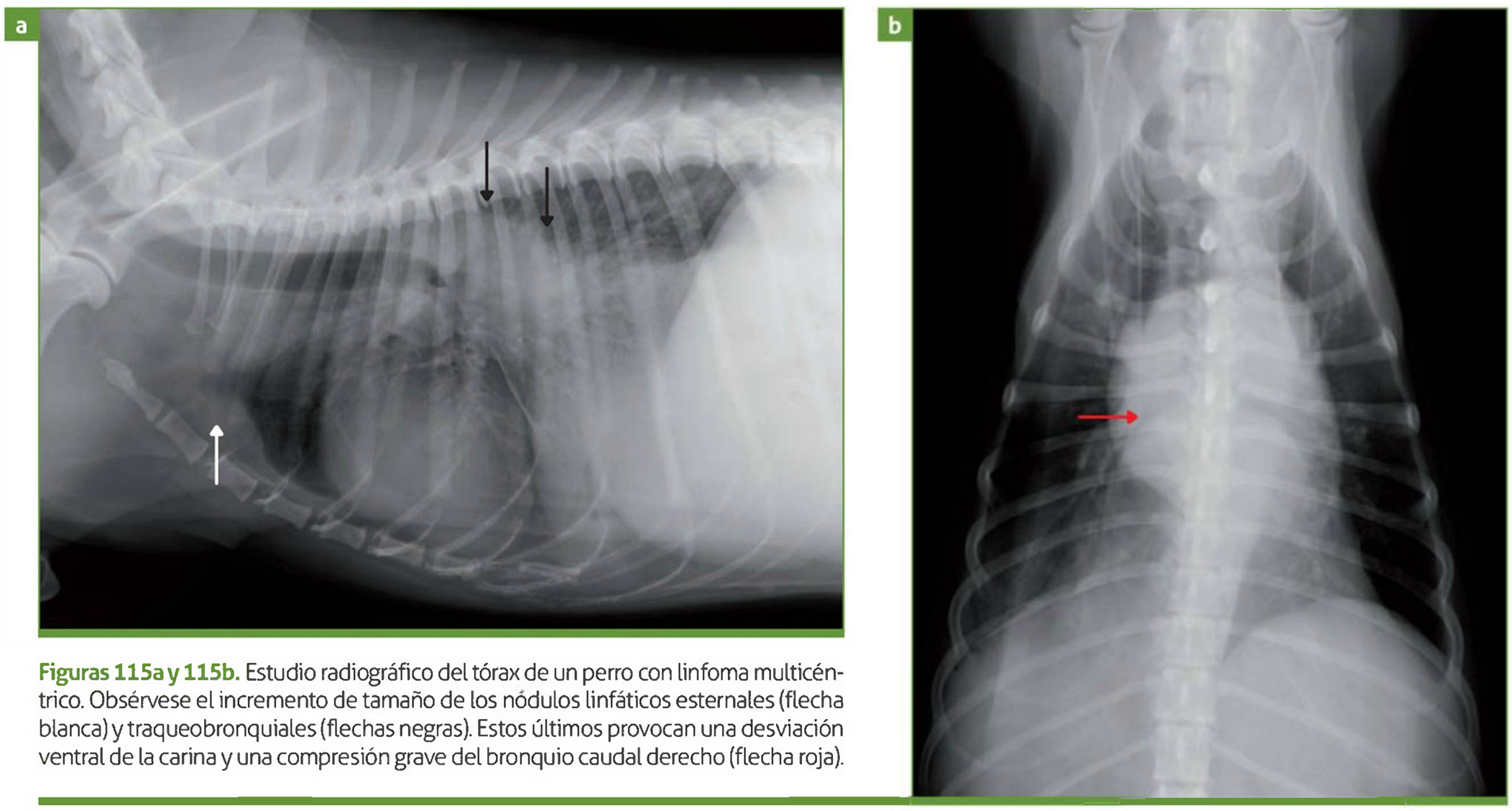


Figuras 113a y 113b. Estudio radiográfico del tórax de un perro con una masa mediastínica craneal que no permite visualizar los lóbulos craneales en la proyección lateral (a) y que los proyecta excéntricamente en la vista ventrodorsal (b). La tráquea se encuentra ligeramente elevada hacia la zona dorsal.



Figuras 114a y 114b. Estudio radiográfico del tórax de un perro con una masa mediastínica de grandes proporciones y efusión pleural moderada. La tráquea se encuentra muy desplazada dorsalmente, con los lóbulos pulmonares colapsados por la compresión de la masa.

Una de las causas de la aparición de nódulos o masas en el área mediastínica craneal es la **linfadenopatía**. Los nódulos linfáticos mediastínicos se localizan principalmente en tres posiciones: los **mediastínicos craneales**, que se encuentran ventralmente a la vena cava craneal; los **esternales**, localizados dorsalmente a la 2ª o 3ª esternebra, y los **traqueobronquiales**, localizados en la base del corazón en la bifurcación traqueal (fig. 115).



Figuras 115a y 115b. Estudio radiográfico del tórax de un perro con linfoma multicéntrico. Obsérvese el incremento de tamaño de los nódulos linfáticos esternales (flecha blanca) y traqueobronquiales (flechas negras). Estos últimos provocan una desviación ventral de la carina y una compresión grave del bronquio caudal derecho (flecha roja).

La presencia de gas en el mediastino se denomina **neumomediastino**. La acumulación de aire dentro del tórax en el área mediastínica suele provenir de las regiones más craneales del cuello y está asociada con frecuencia a lesiones traumáticas de la laringe o la tráquea cervical. Una etiología iatrogénica típica del neumomediastino son las complicaciones secundarias de la realización de un aspirado y lavado traqueobronquial, debido a la salida del aire inspirado hacia los tejidos blandos del cuello y su avance en sentido caudal hacia el tórax. Este fenómeno suele estar asociado también a la presencia de enfisema subcutáneo en torno a la región torácica.

En ocasiones, el neumomediastino puede transformarse en un neumotórax si existe mucho volumen de aire. El fenómeno contrario (un neumotórax que ocasione un neumomediastino) no suele suceder, ya que el aire en la cavidad pleural tiende a colapsar las estructuras mediastínicas centrales. Si el volumen mediastínico de aire es muy grande y progresa en sentido caudal hasta el hiato aórtico, puede penetrar en el abdomen y alcanzar el espacio retroperitoneal provocando un neumorretroperitoneo.

La presencia de aire en el mediastino va a provocar la aparición radiográfica de un excelente contraste del gas con estructuras mediastínicas tales como la tráquea torácica, el esófago y la aorta (figs. 116a y 116b), que van a hacerse más prominentes visualmente.

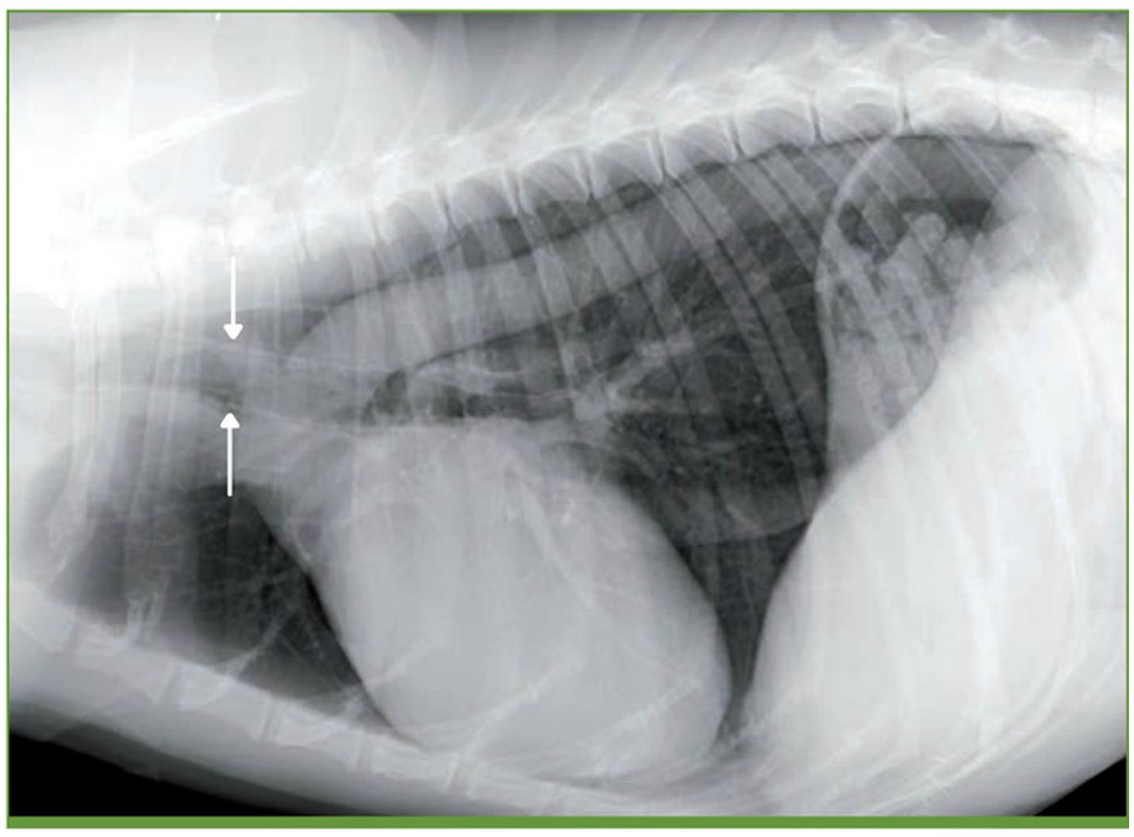


Figura 116a. Proyección radiográfica lateral del tórax de un perro con neumomediastino. Ambos bordes dorsal y ventral de la tráquea son visibles (flechas blancas), así como el tronco braquiocefálico y la inserción vertebral del músculo largo del cuello. El contraste radiográfico de la aorta torácica y abdominal es excelente gracias a la presencia de gas a su alrededor.

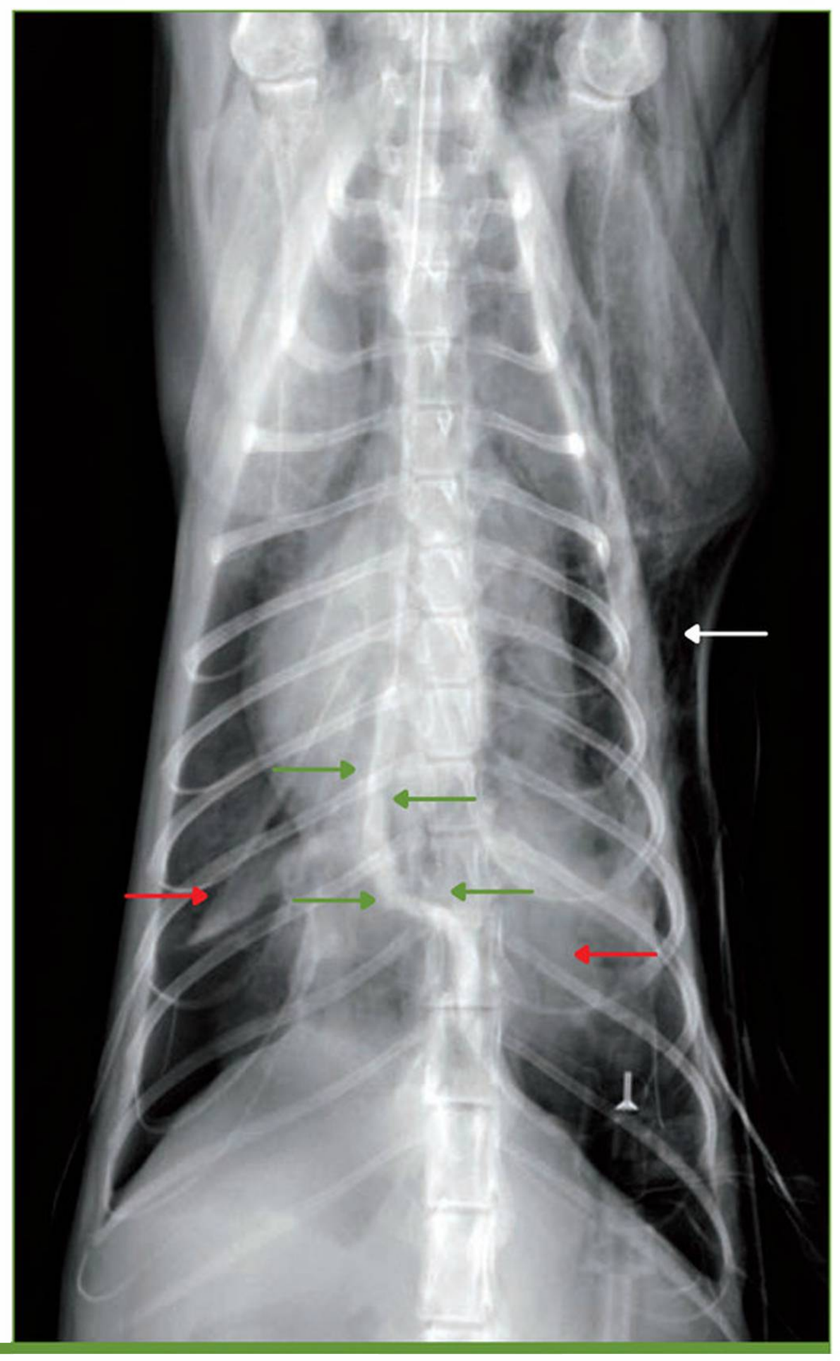


Figura 116b. Proyección radiográfica ventrodorsal de un gato con neumomediastino, neumotórax bilateral (obsérvense los bordes pulmonares atelectásicos en ambos hemitórax, flechas rojas) y enfisema subcutáneo en el lado izquierdo (flecha blanca). El esófago es visible, gracias a estar rodeado de gas en el espacio mediastínico, como un cordón acintado de densidad tipo tejido blando (entre flechas verdes).

Alteraciones esofágicas

El esófago es apenas visible radiográficamente en condiciones normales. La introducción de sulfato de bario por vía oral y la realización simultánea de radiografías torácicas (esofagografía) nos permite visualizar su trayecto (fig. 117a).

Una característica del esófago es que experimenta una distensión generalizada por pérdida de tono en condiciones patológicas, independientemente de su causa. A este fenómeno se le denomina **megaesófago** y puede estar asociado a una etiología de malformación congénita, obstructiva por cuerpo extraño u otra causa de naturaleza funcional. Radiográficamente, el megaesófago, cuando está lleno de aire, se diagnóstica por la visualización de sus delgadas paredes al contrastar con el aire pulmonar circundante (fig. 117b). Si el contenido esofágico es líquido la identificación es aún más fácil, ya que su interior presentará por tanto una densidad tipo tejido blando.

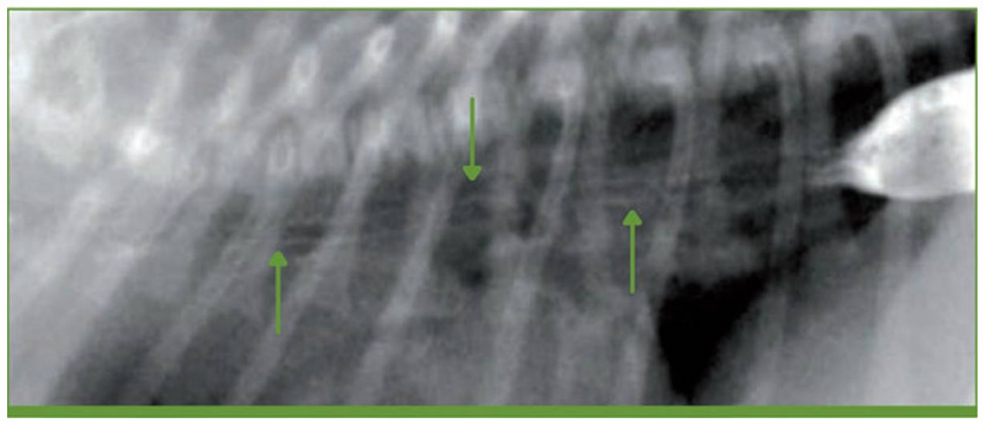


Figura 117a. Detalle de una esofagografía vista en proyección lateral en un perro normal. Las líneas musculares del esófago (flechas) se disponen paralelas al eje horizontal. Obsérvese la posición dorsal del esófago con respecto a la tráquea y el corazón.

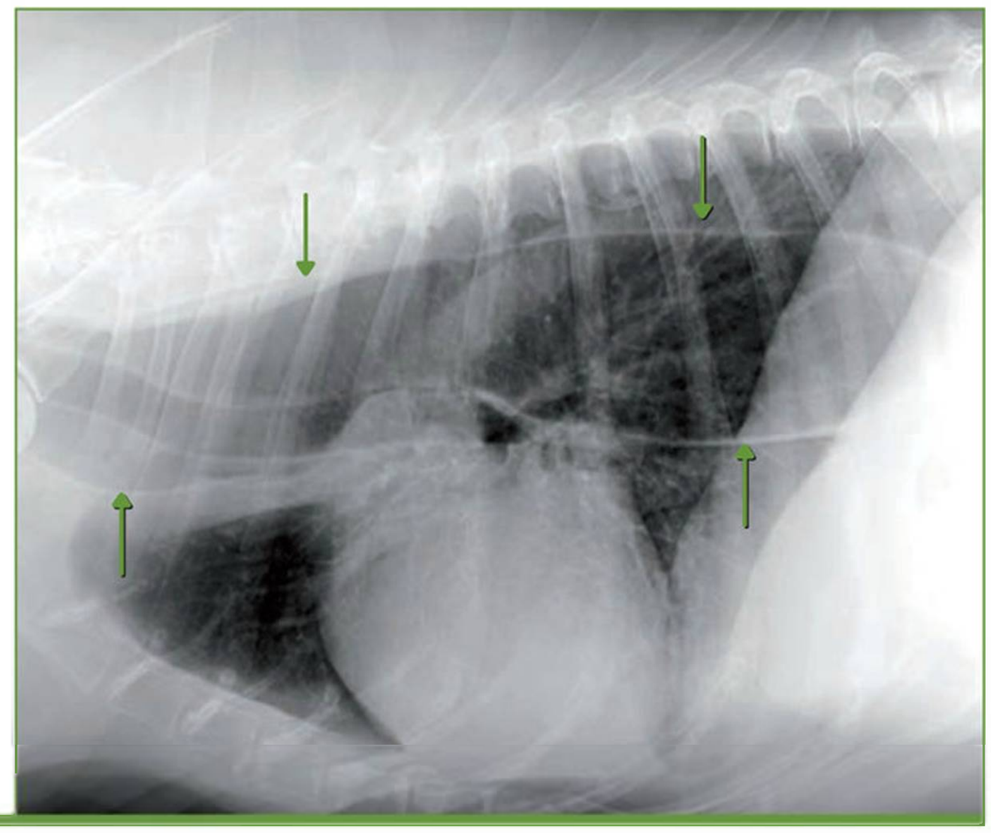


Figura 117b. Proyección lateral del tórax en un perro con megaesófago. Ambas paredes esofágicas dorsal y ventral (flechas) son visibles gracias a la presencia de aire en el interior (gas deglutido) y exterior (gas pulmonar) de la víscera.

Los cuerpos extraños esofágicos suelen alojarse, con preferencia, en la porción que se sitúa caudalmente a la carina traqueal y pueden ser difíciles de diagnosticar a no ser que se utilice un contraste positivo de bario (fig. 118).

Las malformaciones congénitas que pueden producir megaesófago tienen que ver con la persistencia de anillos vasculares que debieron desaparecer en fases tempranas de la formación del feto. Estos anillos suelen localizarse cranealmente al corazón, por lo que la distensión del esófago es esperable encontrarla en esta zona (fig. 119). Otro tipo de malformación congénita que puede producir alteraciones muy severas de la motilidad esofágica es la hernia del hiato, en la que una debilidad del esfínter cardial, asociada en ocasiones a problemas neurovegetativos, propicia el avance craneal del fundus gástrico hacia el tórax (fig. 120).

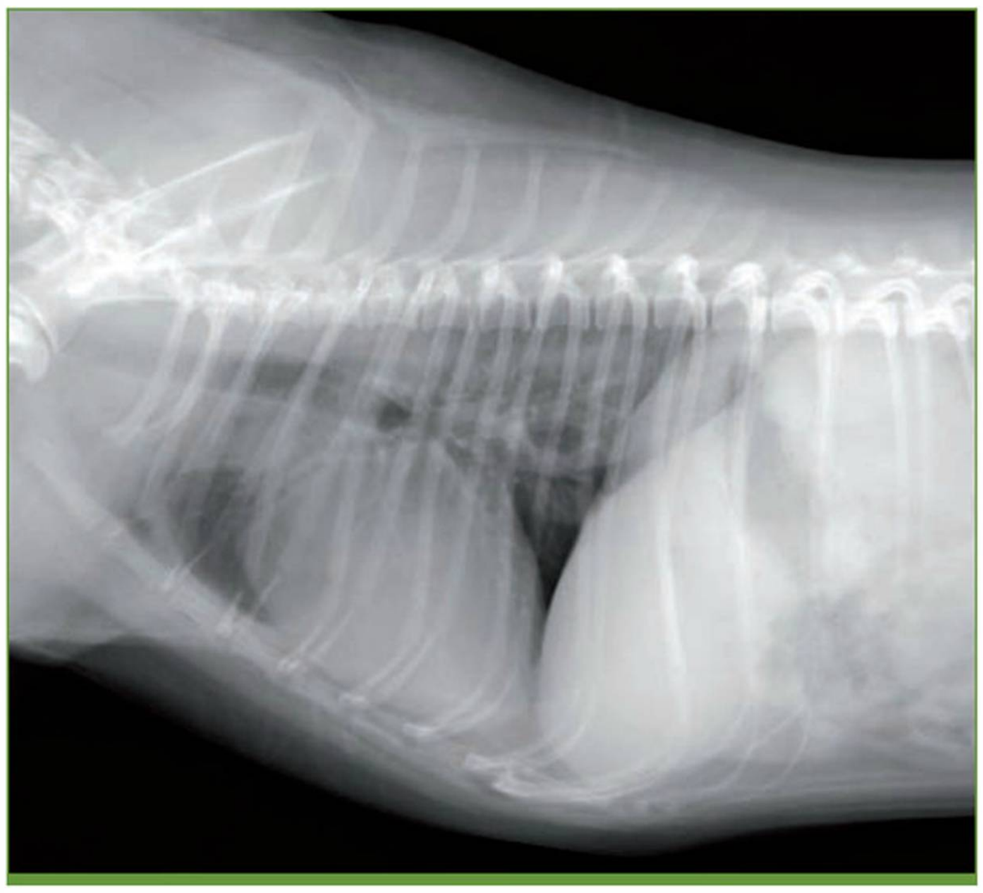


Figura 118a. Proyección lateral del tórax en un perro con disfagia grave. Existe una estructura de límites mal definidos y aspecto irregular superpuesta con los lóbulos pulmonares caudales.

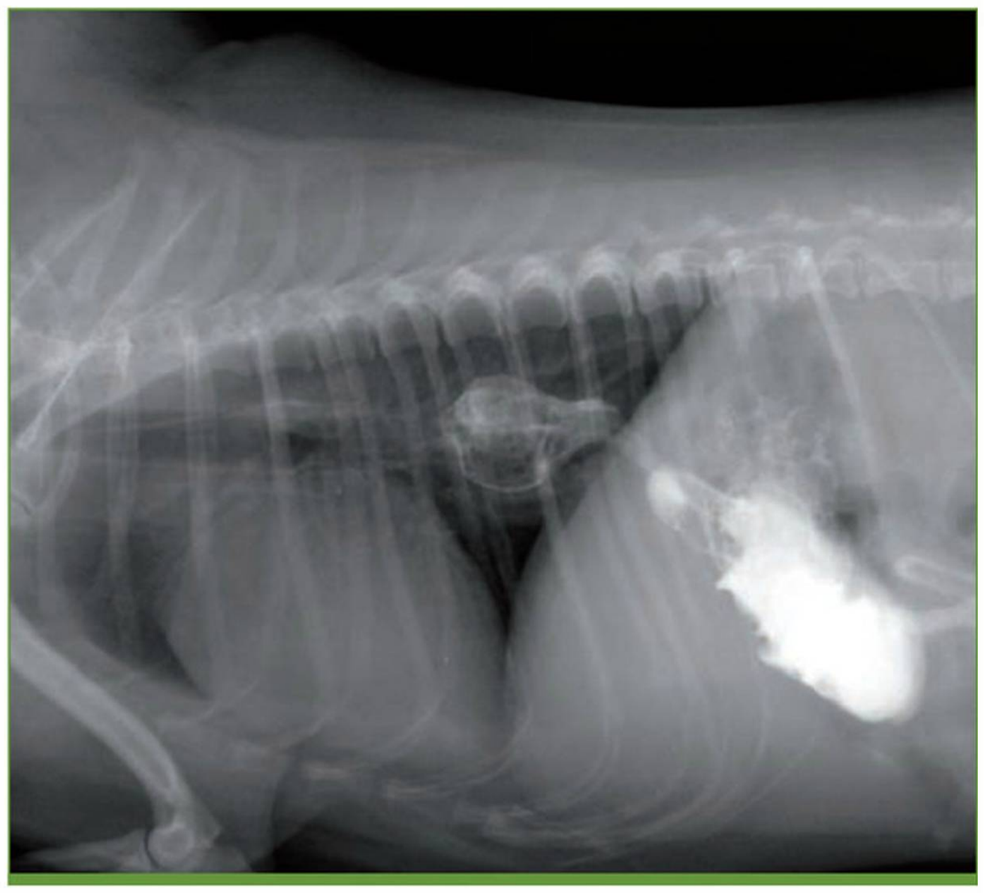
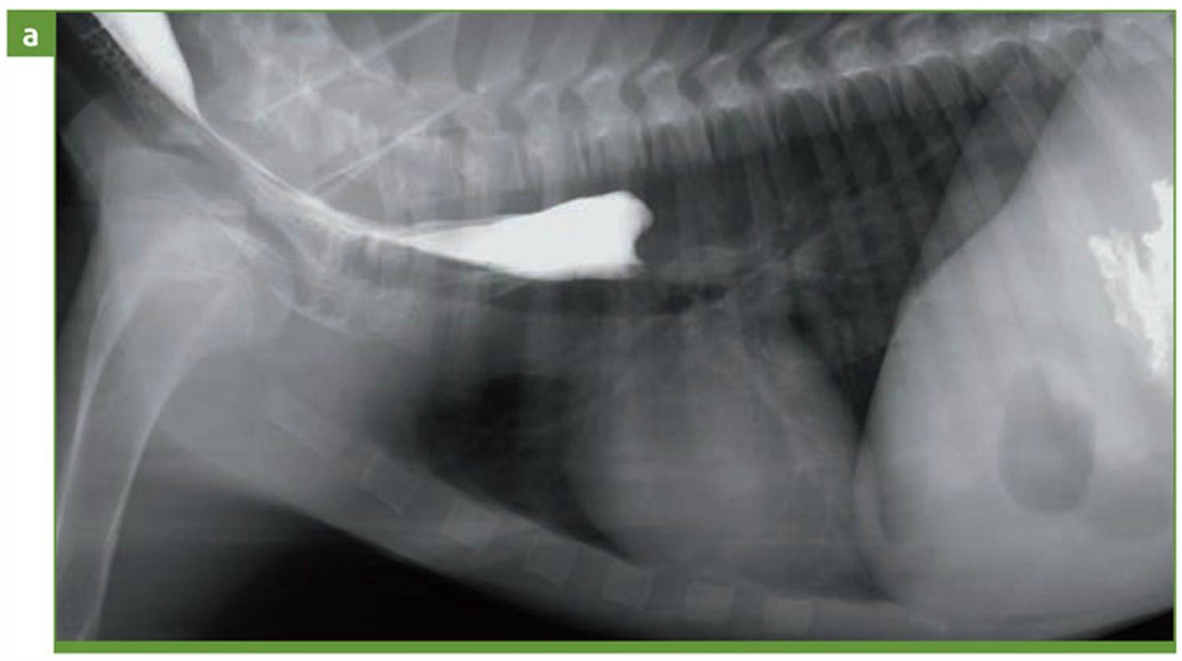


Figura 118b. Proyección lateral del tórax en el mismo perro de la figura 118a tras la administración de sulfato de bario por vía oral. Una estructura redondeada con múltiples áreas diminutas radiolúcidas se sitúa inmediatamente dorsal a la vena cava caudal. El diagnóstico radiográfico es de cuerpo extraño en esófago torácico caudal.



Figuras 119a y 119b. Estudio radiográfico del tórax en un cachorro con retraso en el crecimiento y regurgitación grave tras realizar una esofagografía. El tránsito normal esofágico se detiene bruscamente a nivel del aspecto craneal de la base del corazón. Estos hallazgos sugieren una malformación congénita vascular, como un IV arco aórtico persistente. Obsérvese la dilatación esofágica justo antes del bloqueo del tránsito.

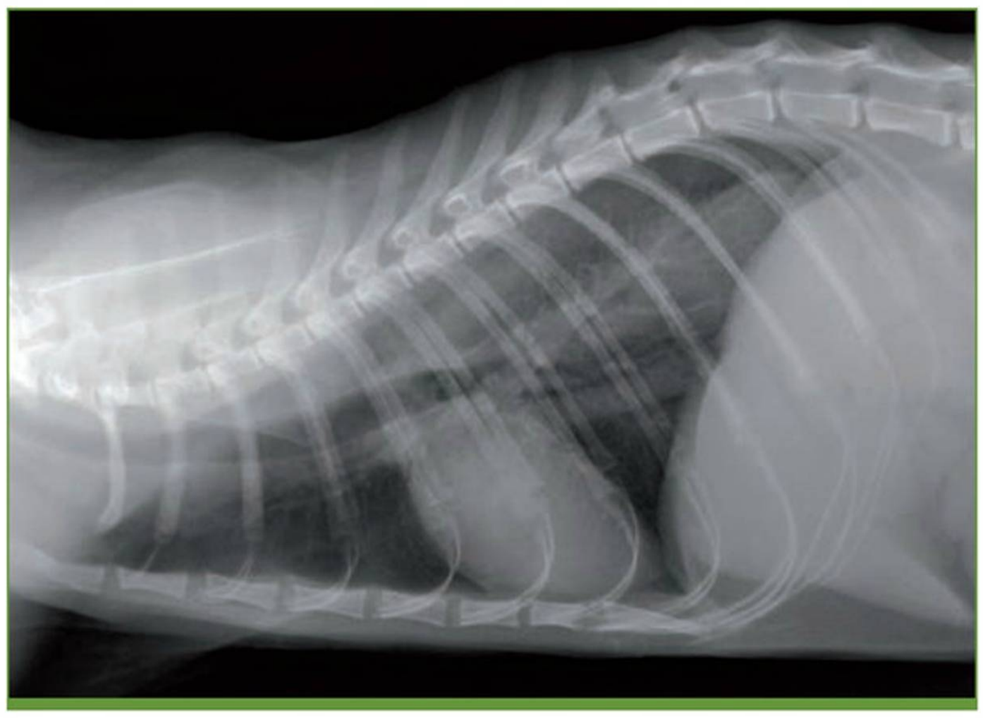


Figura 120a. Estudio radiográfico del tórax en un gatito con signos de regurgitación grave y pérdida progresiva de peso. Existe un incremento de la densidad tipo tejido blando superpuesto en los lóbulos pulmonares caudales.

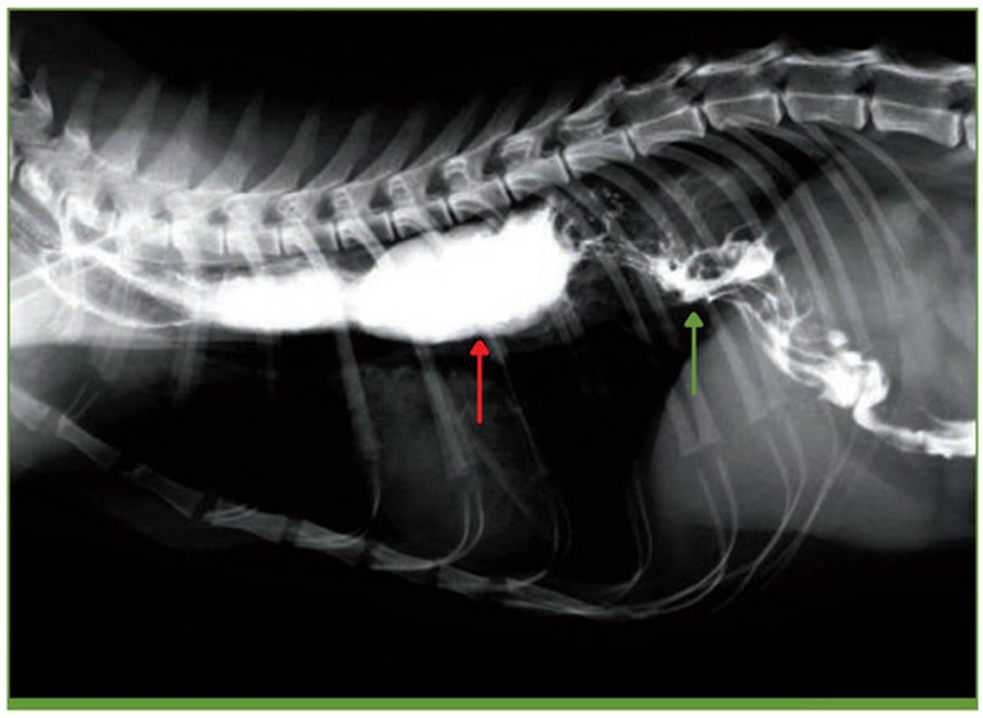


Figura 120b. Radiografía lateral de tórax perteneciente al mismo gato de la figura 120a. Tras la adición de contraste por vía oral y mediante exploración fluoroscópica, se comprobó como de manera intermitente el estómago experimentaba un movimiento antiperistáltico y se desplazaba cranealmente hacia el hiato esofágico. En esta imagen se puede observar el fundus gástrico dentro de la cavidad torácica (flecha verde), lo que provoca un megaesófago (flecha roja).

En el mediastino, la exploración ecográfica y tomográfica del área craneal al corazón proporciona información acerca de la naturaleza de las masas y su relación con las estructuras adyacentes (figs. 121 a 123), pudiendo servir como guía en el aspirado o biopsia de las lesiones.

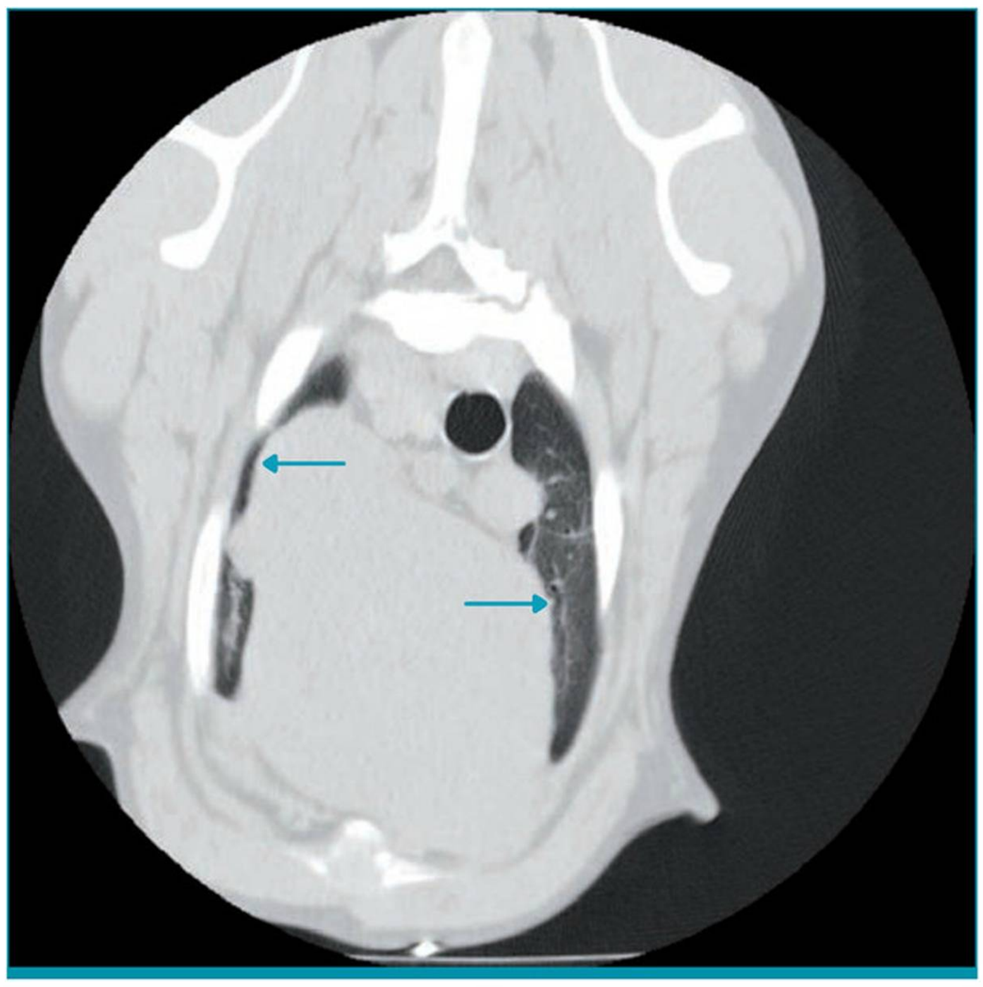


Figura 121a. Imagen tomográfica transversal del tórax a nivel de la segunda costilla. Una masa de grandes dimensiones se encuentra localizada en el mediastino separando los lóbulos pulmonares craneales (flechas) respecto del plano medio del animal (compárese esta imagen con la de un animal normal en la figura 121b).

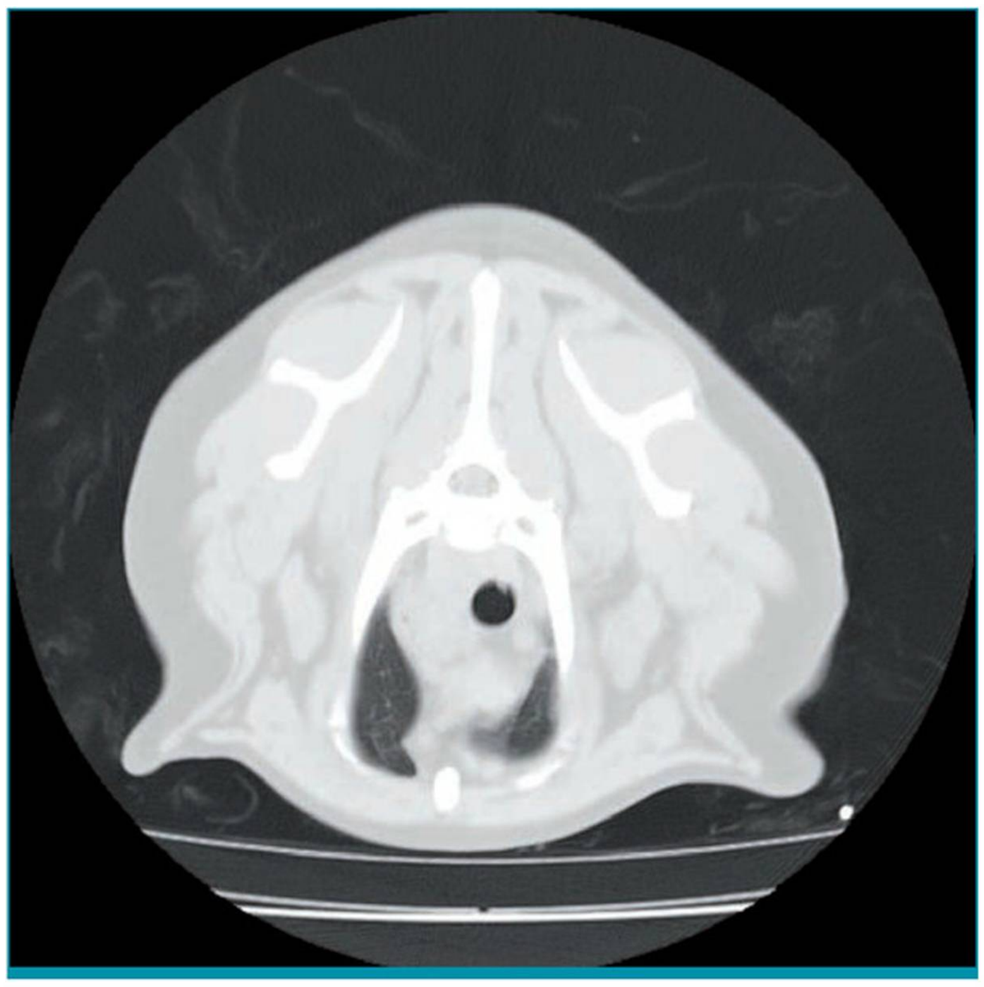


Figura 121b. Imagen tomográfica transversal del tórax a nivel de la segunda costilla en un perro normal. Compárese con el efecto compresivo pulmonar que produce una masa mediastínica craneal en el animal de la figura 121a.

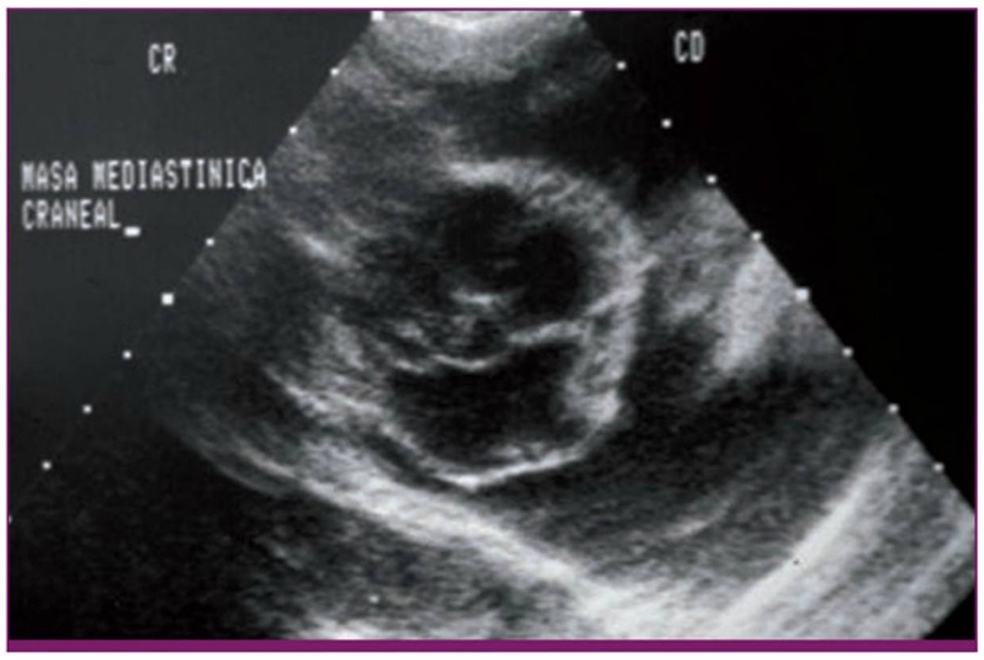


Figura 122. Imagen ecográfica sagital del mediastino craneal en un perro con linfoma multicéntrico. Se observa una masa redondeada de ecogenicidad pobre rodeada de fluido torácico libre. El aspecto craneal (CR) del tórax está orientado a la izquierda de la imagen.

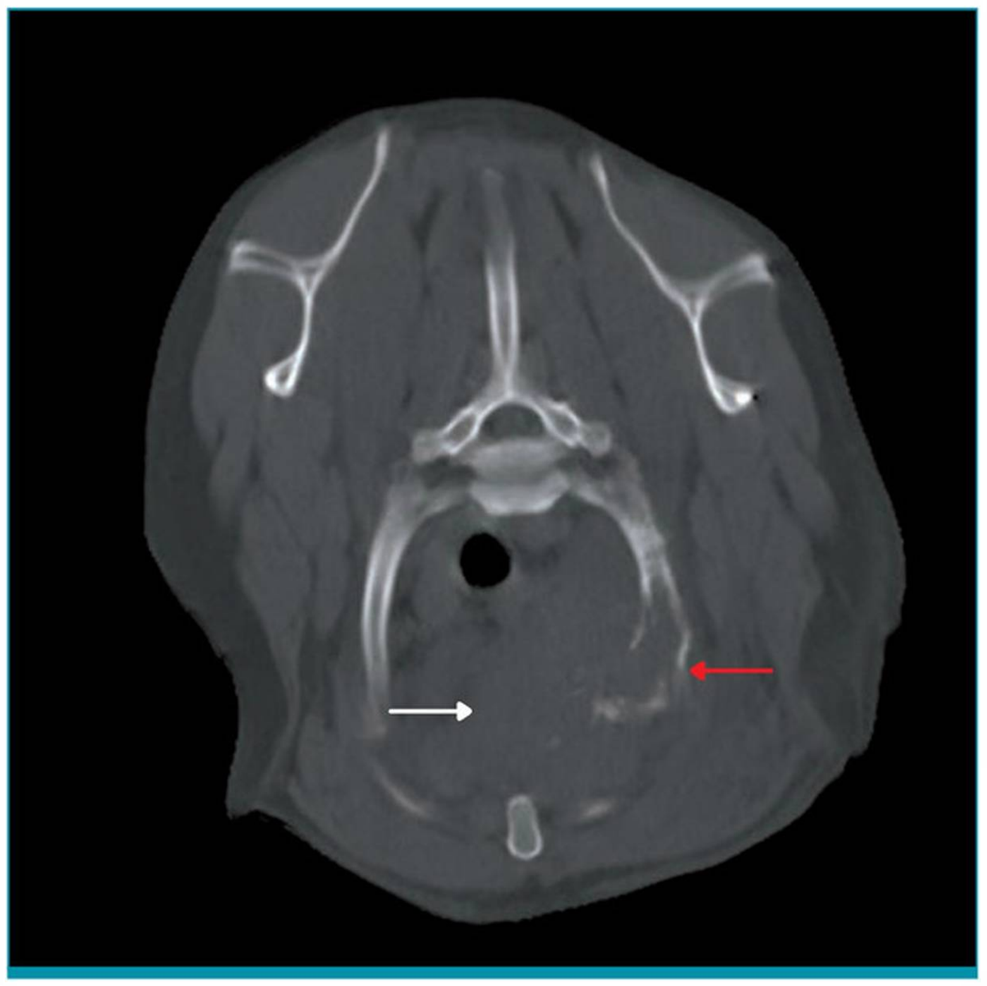
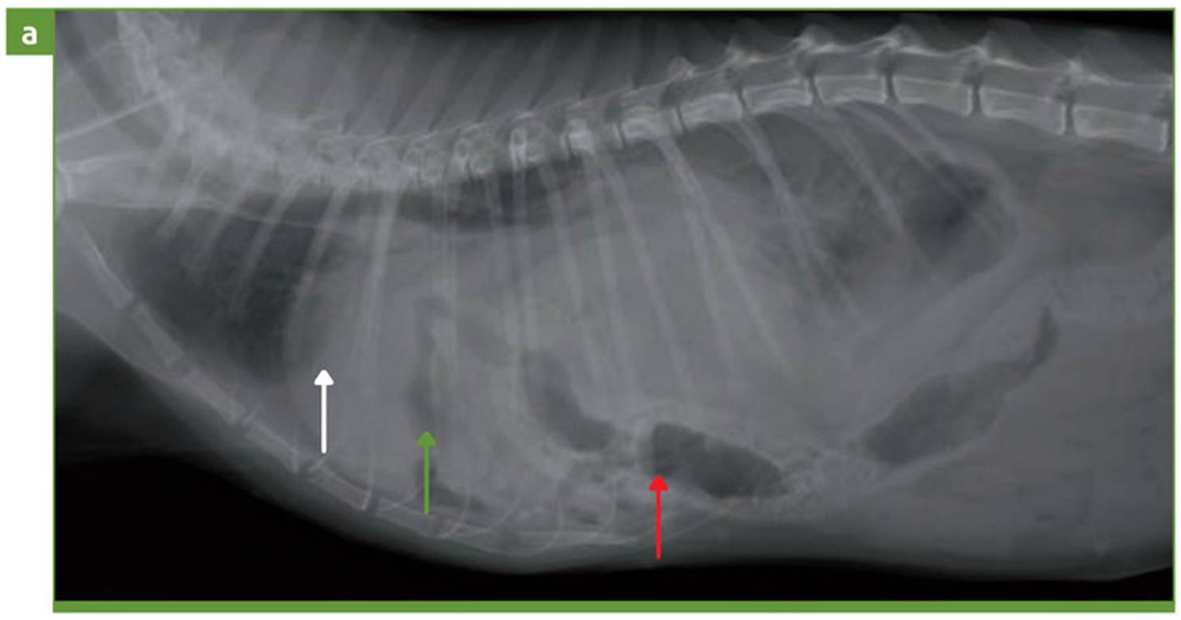


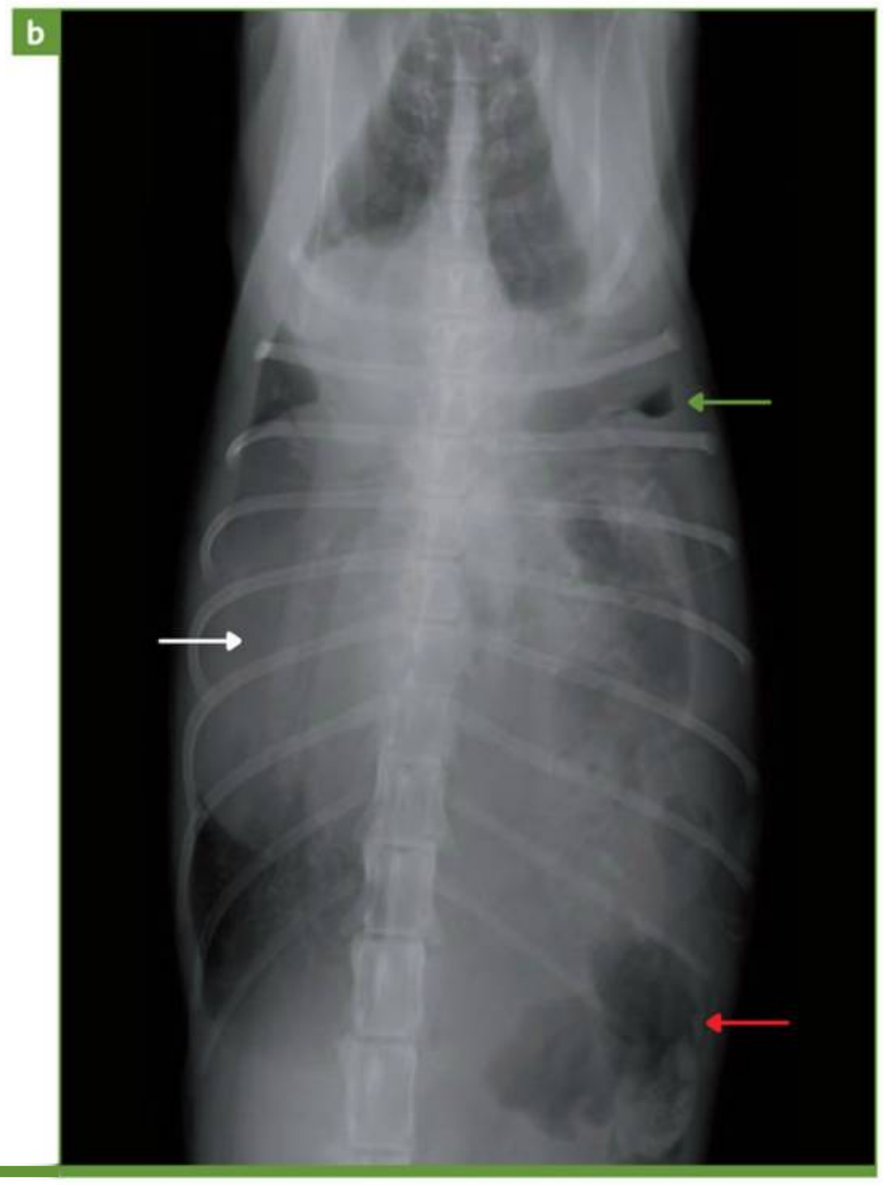
Figura 123. Imagen tomográfica transversal localizada a nivel de la segunda costilla en un perro con sarcoma mediastínico. Obsérvese la densidad de la masa mediastínica tipo tejido blando (flecha blanca) y la osteolisis que provoca en el extremo distal de la segunda costilla derecha (flecha roja).

Alteraciones del diafragma

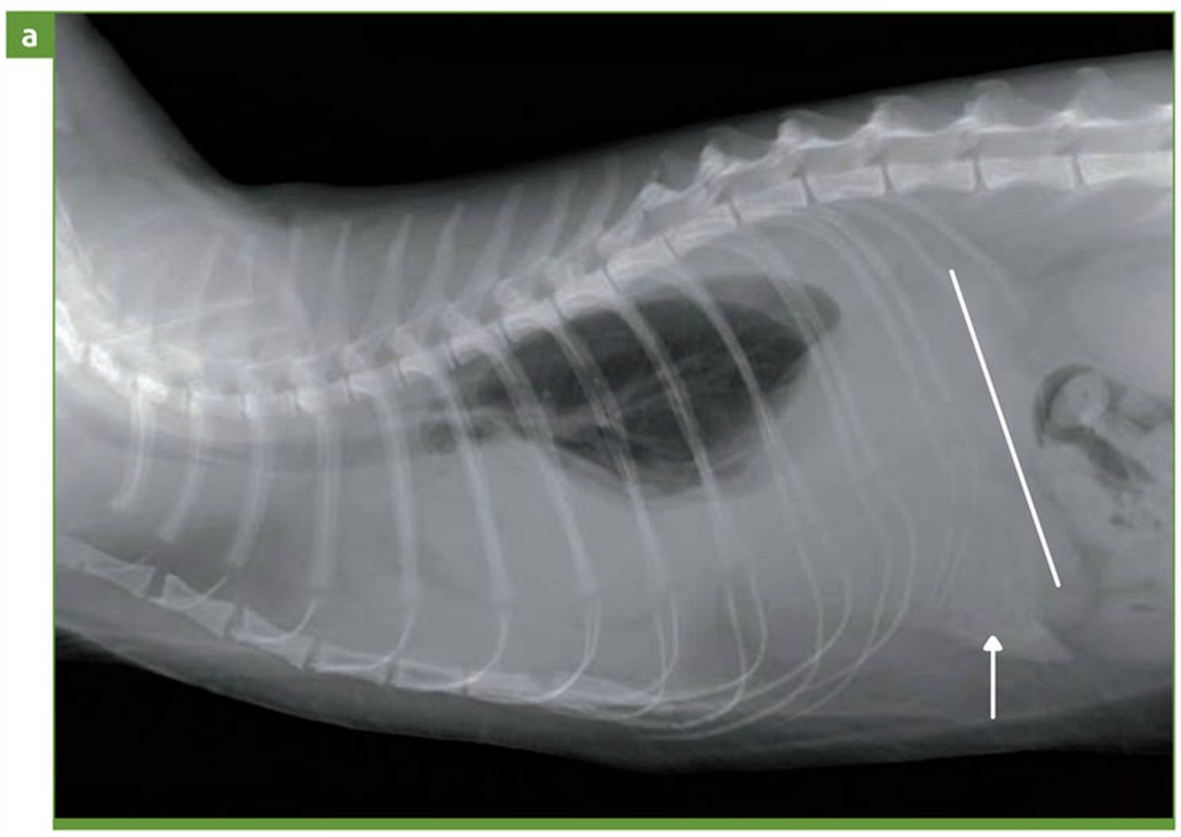
La mayor parte de las patologías que atañen al diafragma tienen que ver con una solución de continuidad de su lámina muscular o tendinosa, bien sea de carácter traumático o congénito. Obviamente, estas soluciones de continuidad en el músculo van a permitir la proyección de los órganos abdominales dentro de la cavidad torácica que, favorecidos por la presión negativa intratorácica, producen las **hernias diafragmáticas**.

El diagnóstico radiológico de las hernias diafragmáticas se realiza buscando la pérdida de visualización de las líneas diafragmáticas típicas (cúpula y pilares) en ambas proyecciones lateral y ventrodorsal (fig. 124). Sin embargo, este hallazgo radiográfico no es patognomónico. En ocasiones, puede realizarse un diagnóstico erróneo de hernia diafragmática cuando existen lesiones intratorácicas que ofrecen una silueta positiva con el propio diafragma. Por ejemplo, en casos de acumulación de un gran volumen de fluido pleural o cuando existe un patrón alveolar en porciones parenquimatosas pulmonares en contacto con el diafragma (fig. 125), el diagnóstico de una hernia diafragmática es tentador pero incorrecto. Otro hallazgo radiográfico que es necesario tener en cuenta en el diagnóstico de una hernia diafragmática es la propia localización de los órganos abdominales. El eje gástrico, paralelo en condiciones normales a los espacios intercostales (fig. 125a), se desplaza cranealmente en las hernias diafragmáticas (fig. 126).





Figuras 124a y 124b. Estudio radiográfico de cuerpo entero de un gato incluyendo la proyección lateral (a) y ventrodorsal (b) mostrando una hernia diafragmática muy grave de origen traumático. Obsérvese la pérdida de las líneas diafragmáticas y la presencia del hígado (flecha blanca), asas intestinales (flecha verde) y el colon (flecha roja) en la cavidad torácica.



Figuras 125a y 125b. Estudio radiográfico del tórax lateral (a) y ventrodorsal (b) de un gato con un gran volumen de efusión pleural (quilotórax) en ambos hemitórax. Las líneas diafragmáticas están ausentes en ambas vistas. Sin embargo, el borde hepático abdominal craneal (flecha) y el eje gástrico (línea) se observan en una posición correcta, por lo que el diagnóstico presuntivo de una hernia diafragmática sería dudoso.

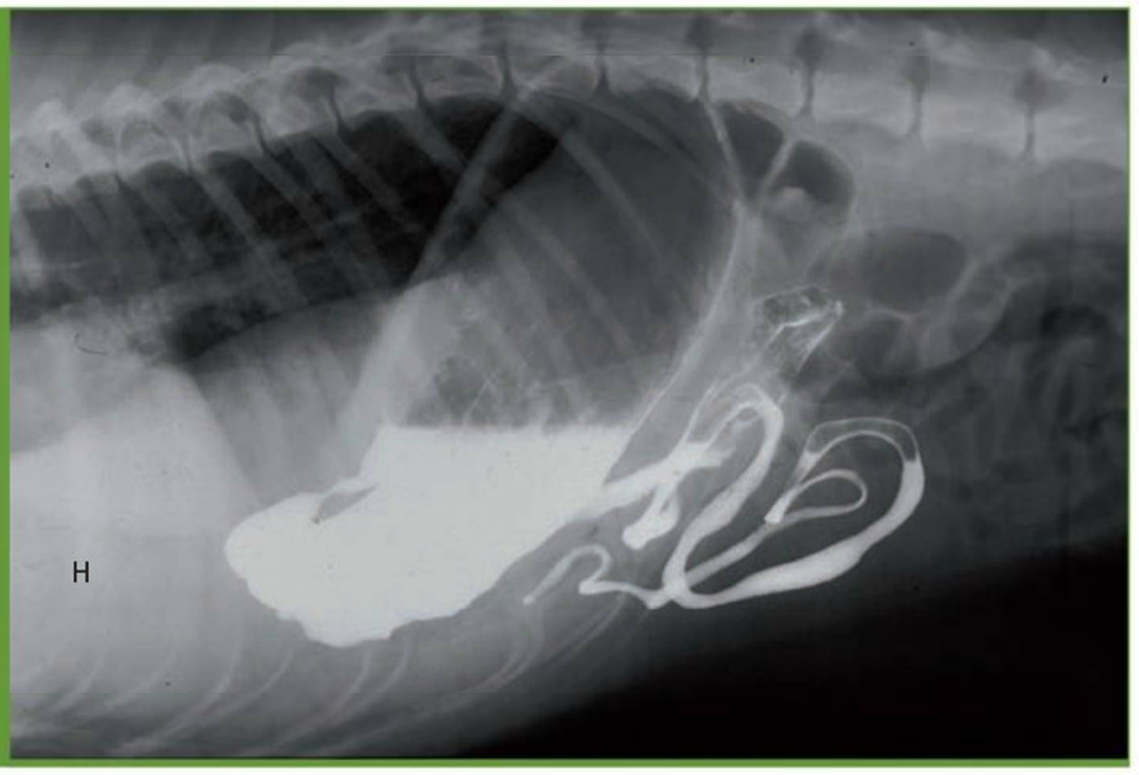
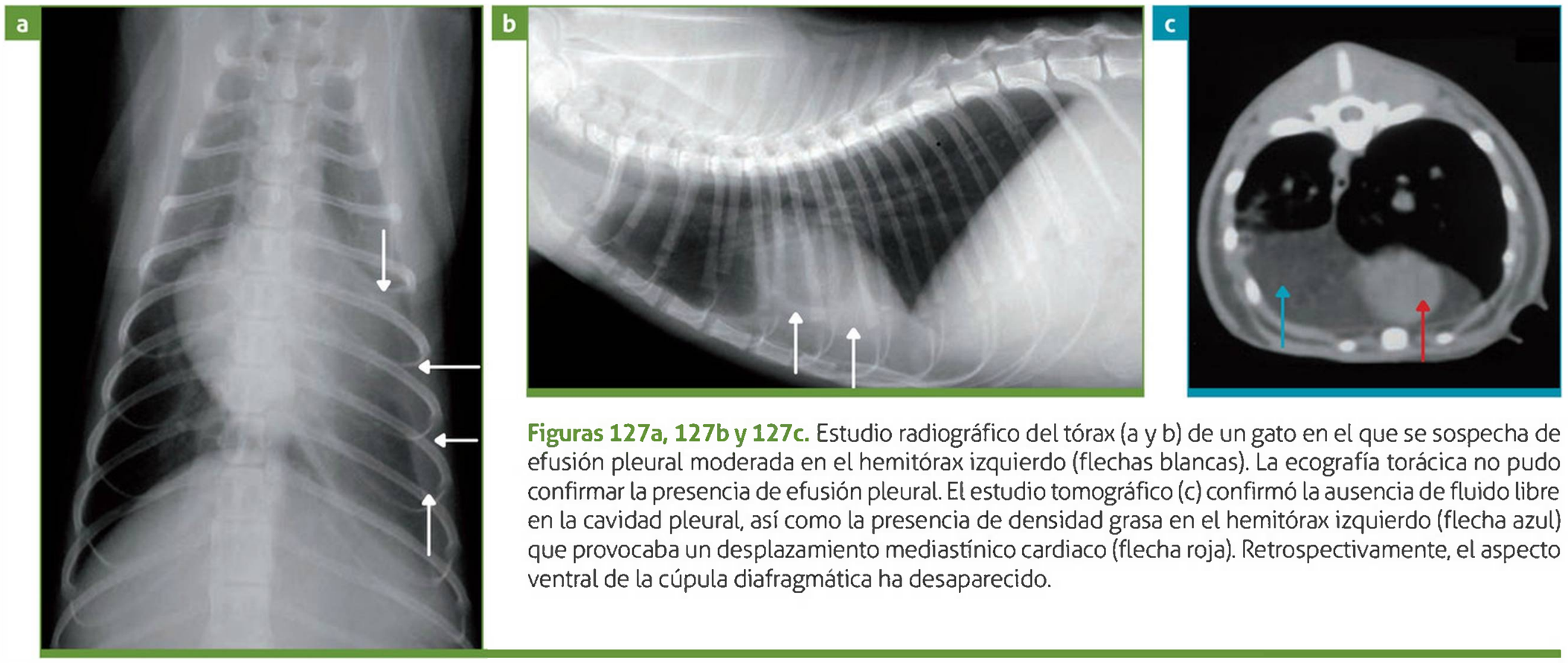


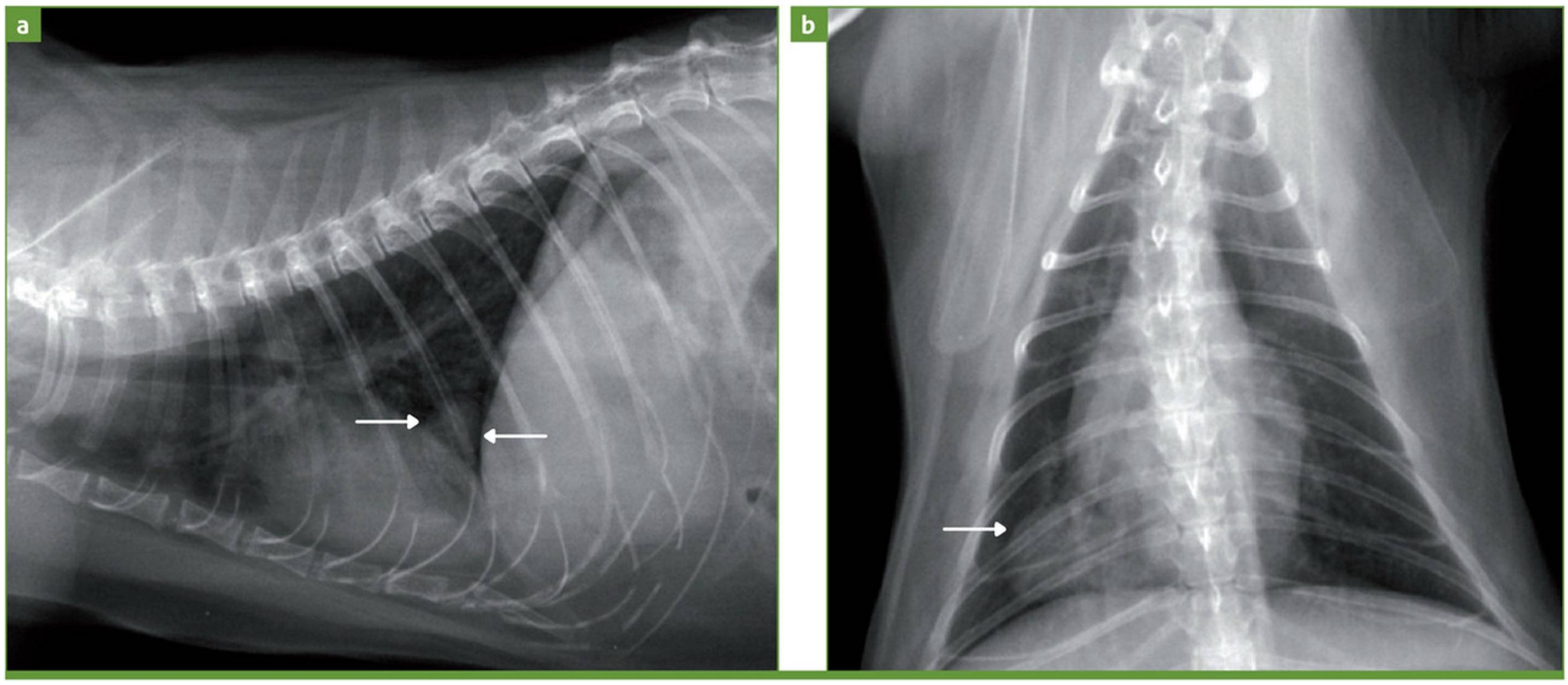
Figura 126. Imagen radiográfica lateral de un perro con hernia diafragmática ventral. Se ha administrado sulfato de bario por vía oral a efectos de localización del estómago. La hernia permite el desplazamiento craneal del hígado (H) y el píloro hacia la cavidad torácica.

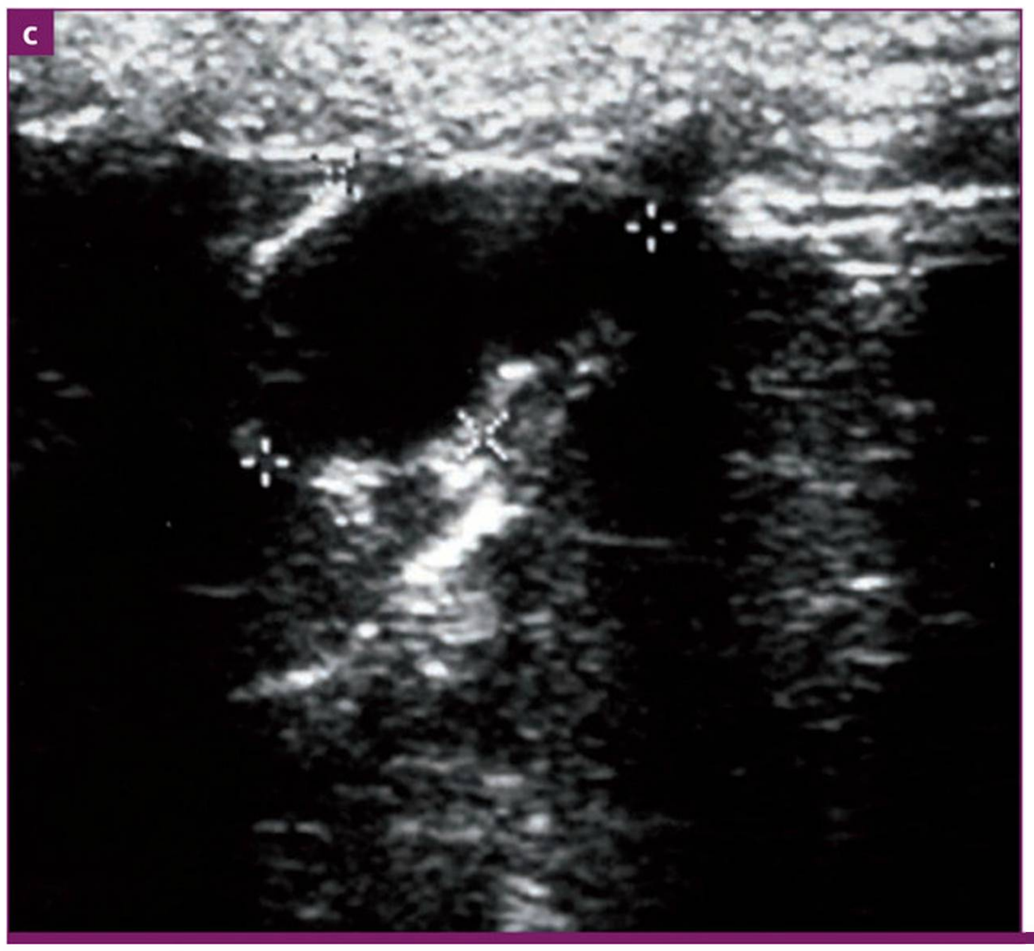
En ocasiones, el diagnóstico de una hernia diafragmática debe realizarse mediante una combinación de procedimientos por imagen tales como la ecografía o la tomografía, especialmente si la hernia es pequeña (figs. 127 y 128). Aún así, la presencia de artefactos acústicos como consecuencia de la interacción de dos superficies de muy distinta impedancia en la interfase acústica (hígado y gas intrapulmonar) puede llevar a diagnósticos erróneos (fig. 129). La administración de contraste por vía oral o intraperitoneal es de potencial ayuda al diagnóstico de las hernias diafragmáticas (figs. 126 y 130).

En cuanto a la etiología congénita de malformaciones del diafragma se refiere, es conveniente referirse a las hernias diafragmáticas peritoneo-pericárdicas, que tienen unas características radiográficas muy distintas de las hernias traumáticas (figs. 75a y 75b).



Figuras 127a, 127b y 127c. Estudio radiográfico del tórax (a y b) de un gato en el que se sospecha de efusión pleural moderada en el hemitórax izquierdo (flechas blancas). La ecografía torácica no pudo confirmar la presencia de efusión pleural. El estudio tomográfico (c) confirmó la ausencia de fluido libre en la cavidad pleural, así como la presencia de densidad grasa en el hemitórax izquierdo (flecha azul) que provocaba un desplazamiento mediastínico cardiaco (flecha roja). Retrospectivamente, el aspecto ventral de la cúpula diafragmática ha desaparecido.





Figuras 128a, 128b y 128c. Estudio radiográfico del tórax (a y b) de un gato en el que se observa un nódulo pulmonar proyectado sobre el lóbulo accesorio del pulmón derecho (flechas blancas). Una inspección ecográfica del pulmón afectado mostró el carácter cavitado del nódulo (c). Al aspirar su contenido se obtuvo bilis, por lo que se realizó un diagnóstico de hernia diafragmática en la que únicamente la vesícula biliar se encontraba en el tórax. Estos hallazgos fueron confirmados quirúrgicamente.

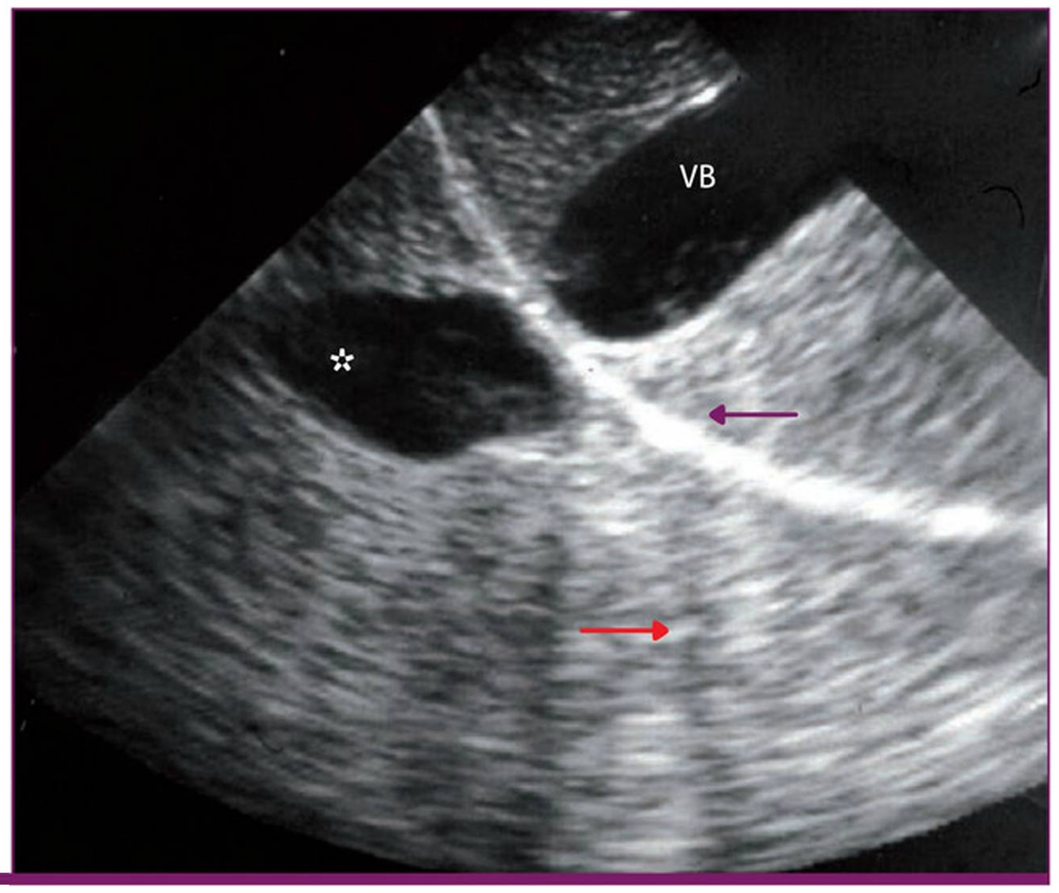


Figura 129. Imagen ecográfica sagital del hígado y la vesícula biliar con el animal colocado en decúbito lateral derecho. Se observa una imagen artefactual especular (*) a partir de dos interfases con muy distintos valores Z de impedancia acústica (diafragma, flecha morada; gas intrapulmonar, flecha roja).

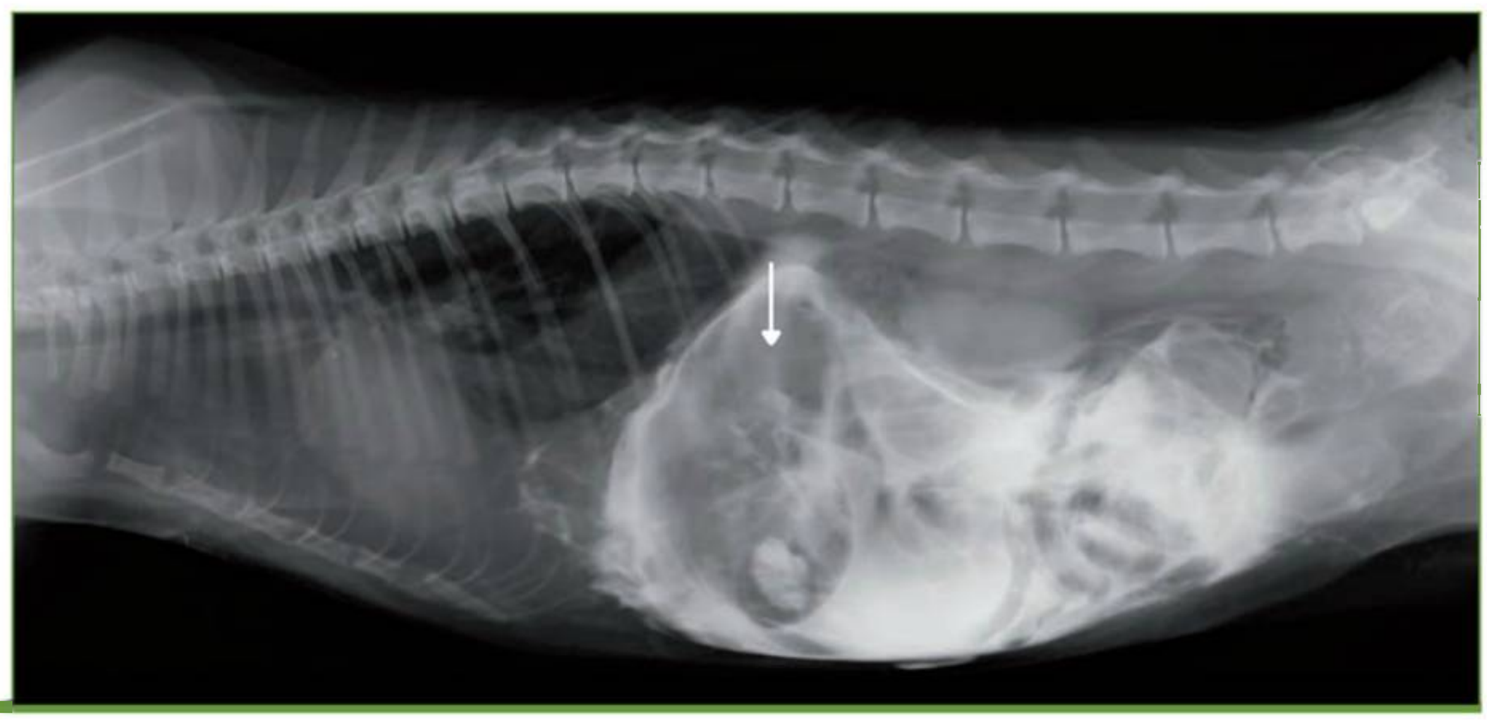


Figura 130. Imagen radiográfica lateral del cuerpo entero de un gato en el que se ha realizado una inyección intrabdominal de contraste yodado para evaluar la integridad del diafragma. El contraste permite apreciar un contorno anómalo en el aspecto ventral de la cúpula diafragmática, que se encuentra situada en una posición demasiado craneal en este caso, así como la posición avanzada del estómago (flecha) y la ausencia del borde hepático.

Bibliografía

Ackerman, N., Madewell, B.R. Thoracic and abdominal radiographic abnormalities in the multicentric form of lymphosarcoma in dogs. *J Am Vet Med Assoc*, 1980; 176:36.

Ackerman, N., Millman, T. Esophageal hiatal hernia in a dog. *Vet Radiol*, 1982; 23:107.

Ackerman, N. A right to left shunting patent ductus arteriosus with secondary pulmonary hypertension in a dog. *Vet Radiol Ultrasound*, 1992; 33:141.

Anderson, G.I. Pulmonary cavitary lesions in the dog: a review of 7 cases. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1987; 23:89.

Barr, F.J., Gibbs, C., Brown, P.J. The radiological features of primary lung tumors in the dog: a review of 36 cases. *J Small Anim Pract*, 1986; 27:493.

Berg, J. Pericardial disease and cardiac neoplasia. *Semin Vet Med Surg*, 1994; 9:185.

Berry, C.R., Ackerman, N., Monce, K. Pulmonary mineralization in four dogs with Cushing's syndrome. *Vet Radiol Ultrasound*, 1994; 35:10.

Blackwood, L., Sullivan, M., Lawson, H. Radiographic abnormalities in canine multicentric lymphoma: a review of 84 cases. *J Small Anim Pract*, 1997; 38:62.

Bonagura, J.D., O'Grady, M.R., Herring, D.S. Echocardiography: principles of interpretation. *Vet Clin North Am*, 1985; 15:1177.

Bonagura, J.D., Lehmkuhl, L.B. Congenital heart disease. In Fox PR, Sisson D, Moise NS, eds: *Textbook of canine and feline cardiology.* WB Saunders, Philadelphia, 1999; p. 485.

Bond, B.R., Fox, P.R., Peterson, M.E. *et al.* Echocardiographic findings in 103 cats with hyperthyroidism. *J Am Vet Med Assoc*, 1988; 192:1546.

Boon, J., Wingfield, W.E., Miller, C.W. Echocardiographic indices in the normal dog. *Vet Radiol*, 1983; 24:214.

Brownlie, S.E. A retrospective study of diagnosis in 109 cases of lower respiratory disease. *J Small Anim Pract*, 1990; 31:371.

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

Burk, R.L. Computed tomography of thoracic diseases in dogs. *J Am Vet Med Assoc*, 1991; 199:617.

Cantwell, H.D., Rebar, A.H., Allen, A.R. Pleural effusion in the dog: principles for diagnosis. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1981; 19:227.

Corcoran, B.M., Thoday, K.L., Henfrey, J.I. *et al*. Pulmonary infiltration with eosinophils in 14 dogs. *J Small Anim Pract*, 1991; 32:494.

Corcoran, B.M., Foster, D.J., Fuentes, V.L. Feline asthma syndrome: a retrospective study of the clinical presentation in 29 cats. *J Small Anim Pract*, 1995; 36:481.

De Rycke, L.M., Gielen, I.M., Simoens, P.J., van Bree, H. Computed tomography and cross-sectional anatomy of the thorax in clinically normal dogs. *Am J Vet Res*, 2005 Mar; 66(3):512-24.

Fingland, R.B., Bonagura, J.D., Myer, C.W. Pulmonic stenosis in the dog: 29 cases (1975-1984). *J Am Vet Med Assoc*, 1986; 189:281.

Forrest, L.J., Graybush, C.A. Radiographic patterns of pulmonarymetastasis in 25 cats. *Vet Radiol Ultrasound*, 1998; 39:4.

Godshalk, C.P. Common pitfalls in radiographic interpretation of the thorax. *Comp Cont Educ Pract Vet*, 1994; 16:731.

Gaynor, A.R., Shofer, F.S., Washabau, R.J. Risk factors for acquired megaesophagus in dogs. *J Am Vet Med Assoc*, 1997; 211:1406.

Grandage, J. The radiology of the dog's diaphragm. *J Small Anim Pract*, 1974; 15:1.

Johnson, L., Boon, J., Orton, E.C. Clinical characteristics of 53 dogs with Doppler-derived evidence of pulmonary hypertension: 1992- *1996. J Vet Intern Med*, 1999; 13:440.

Joly, H., d'Anjou, M.A., Alexander, K., Beauchamp, G. Comparison of single-slice computed tomography protocols for detection of pulmonary nodules in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 2009 May-Jun; 50(3):279-84.

Keene, B.W. Chronic valvular disease in the dog. In Fox PR, ed.: *Canine and feline cardiology.* Churchill Livingstone, New York, 1988; p. 409.

Koblik, P.D. Radiographic appearance of primary lung tumors in cats: a review of 41 cases. *Vet Radiol*, 1986; 27:66.

Konde, L.J., Spaulding, K. Sonographic evaluation of the cranial mediastinum in small animals. *Vet Radiol*, 1991; 32:178.

Lang, L., Wortman, J.A., Glickman, L.T. *et al*. Sensitivity of radiographic detection of lung metastases in the dog. *Vet Radiol*, 1986; 27:74.

LaRue, M.J., Murtaugh, R.J. Pulmonary thromboembolism in dogs: 47 cases (1986-1987). *J Am Vet Med Assoc*, 1990; 197:1368.

Lees, G.E., Suter, P.F., Johnson, G.C. Pulmonary edema in a dog with acute pancreatitis and cardiac disease. *J Am Vet Med Assoc*, 1978; 172:690.

Lehmkuhl, L.B., Ware, W.A., Bonagura, J.D. Mitral stenosis in 15 dogs. *J Vet Intern Med*, 1994; 8:2.

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

Lord, P.F. Neurogenic pulmonary edema in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1975; 11:778. 537.

Kolata, R.J., Burrows, C.F. The clinical features of injury of chewing electrical cords in dogs and cats. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1981; 17:219.

Losonsky, J.M., Smith, F.G., Lewis, R.E. Radiographic findings of Aelurostrongylus abstrusus infection in cats. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1978; 14:348.

Losonsky, J.M., Thrall, D.E., Lewis, R.E. Thoracic radiographic abnormalities in 200 dogs with spontaneous heartworm infestation. *Vet Radiol*, 1983; 24:120.

Losonsky, J.M., Kneller, S.K. Misdiagnosis in normal radiographic anatomy: eight structural configurations simulating disease entibies in dogs and cats. *J Am Vet Med Assoc*, 1987; 191:109.

Macready, D.M., Johnson, L.R., Pollard, R.E. Fluoroscopic and radiographic evaluation of tracheal collapse in dogs: 62 cases (2001-2006). *Journal of the American Veterinary Medical Association,* 2007; 230 (12):1870-1876.

Miller, H.G., Sherrill, A. Lung lobe torsion: a difficult condition to diagnose. *Vet Med*, 1987; 82:797.

Moise, N.S. Echocardiography. In Fox PR, ed.: *Canine and feline cardiology.* Churchill Livingstone, New York, 1988; p. 114.

Moise, S., Wiedenkeller, D., Yeager, A. *et al.* Clinical, radiographic, and bronchial cytologic features of cats with bronchial disease: 65 cases (1980-1986). *J Am Vet Med Assoc*, 1989; 194:1467.

Myer, C.W., Burt, J.K. Bronchiectasis in the dog: its radiographic appearance. *Vet Radiol*, 1973; 14:3.

Myer, C.W. Pneumothorax: a radiography review. *J Am Vet Radiol Soc*, 1978; 19:12.

Myer, W. Radiographic review: the interstitial pattern of pulmonary disease. *Vet Radiol*, 1980; 20:18.

Myer, C.W. Radiographic review: the vascular and bronchial patterns of pulmonary disease. *Vet Radiol*, 1980; 21:156.

Nyland, T.G., Matton, J.S., Allen, A.K. *et al. Veterinary diagnostic ultrasound.* WB Saunders, Philadelphia, 1995.

O'Brien, J.A., Harvey, C.E., Tucker, J.A. The larynx of the dog: its normal radiographic anatomy. *J Am Vet Radiol Soc*, 1969; 10:38.

O'Grady, M.R., Holmberg, D.L., Miller, C.W. *et al.* Canine congenital aortic stenosis: a review of the literature and commentary. *Can Vet J*, 1989; 30:811.

Ogilvie, G.K., Haschek, W.M., Withrow, S.J. *et al.* Classification of primary lung tumors in dogs: 210 cases (1975-1985). *J Am Vet Med Assoc*, 1989; 195:106.

Padrid, P., Amis, T.C. Chronic tracheobronchial disease in the dog. *Vet Clin North Am*, 1992; 22:1203.

Patterson, D.F. Congenital defects of the cardiovascular system of dogs: studies in comparative pathology. *Adv Vet Sci Comp Med*, 1976; 20:1.

REED, J.R. PERICARDIAL DISEASES. In Fox PR, ed.: *Canine and feline cardiology.* Churchill Livingstone, New York, 1988; p. 495.

RIVERO, M.A., RAMÍREZ, J.A., VÁZQUEZ, J.M., GIL, F., RAMÍREZ, G., ARENCIBIA, A. Normal anatomical imaging of the thorax in three dogs: computed tomography and macroscopic cross sections with vascular injection. *Anat Histol Embryol*, 2005 Aug; 34(4):215-9.

RODRIQUEZ, J.F. Chylothorax in the dog. *Eur J Comp Anim Pract*, 1993; 3:77.

ROOT, C.R., BAHR, R.J. The heart and great vessels. In Thrall DE, ed.: *Textbook of veterinary diagnostic radiology,* ed. 3. WB Saunders, Philadelphia, 1998; p. 335.

SILVERMAN, S., SUTER, P.F. Influence of inspiration and expiration on canine thoracic radiographs. *J Am Vet Med Assoc*, 1975; 166:502.

SLEEPER, M.M., BUCHANAN, J.W. Vertebral scale system to measure heart size in growing puppies. *J Am Vet Med Assoc*, 2001; 219:57.

SMALLWOOD, J.E., GEORGE, T.F. Anatomic atlas for computed tomography in the mesaticephalic dog: thorax and cranial abdomen. *Vet Radiol Ultrasound,* 1993; 34:65.

SPENCER, C.P., ACKERMAN, N., BURT, J.K. The canine lateral thoracic radiograph. *Vet Radiol*, 1981; 22:262.

STOWATER, J.L., LAMB, C.R. Ultrasonography of noncardiac thoracic diseases in small animals. *J Am Vet Med Assoc*, 1989; 195:514.

SUTER, P.F. Radiographic examination. In Ettinger SJ, Suter PF, eds.: *Canine cardiology.* WB Saunders, Philadelphia, 1970; p. 40.

SUTER, P.F. *Thoracic radiography: a text atlas of thoracic diseases in the dog and cat.* Peter F Suter, Wettswil, Switzerland, 1984.

THOMAS, W.P. Two-dimensional, real-time echocardiography in the dog: technique and anatomic validation. *Vet Radiol*, 1984; 25:50.

THOMAS, W.P., GABER, C.E., JACOBS, G.J. *et al.* Recommendations for standards in transthoracic two-dimensional echocardiography in the dog and cat. *J Vet Intern Med*, 1993; 7:247.

THRALL, D.E. The pleural space. In Thrall DE, ed.: *Textbook of veterinary diagnostic radiology,* ed. 3. WB Saunders, Philadelphia, 1998; pp. 322-334.

TIDWELL, A.S. Ultrasonography of the thorax (excluding the heart). *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1998; 28:993.

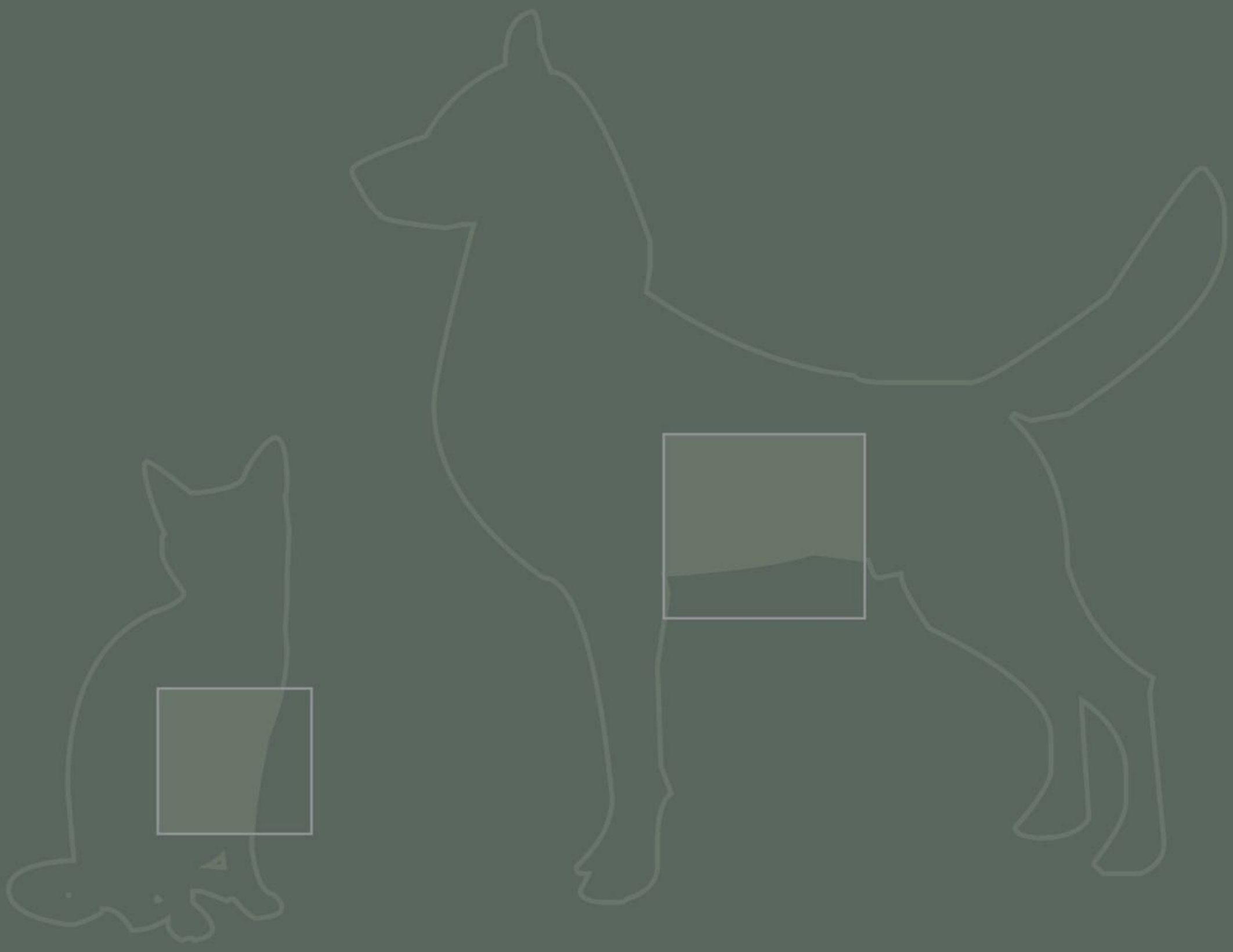
TOOMBS, J.P., OGBURN, P.N. Evaluating canine cardiovascular silhouettes: radiographic methods and normal radiographic anatomy. *The Compendium on Continuing Education*, 1985; 7(7):579-587.

VAN DEN BROEK, A. Pneumomediastinum in seventeen dogs: etiology and radiographic signs. *J Small Anim Pract*, 1986; 27:747.

VOGES, A., BERTRAND, S., HILL, R.C. *et al.* True diaphragmatic hernia in a cat. *Vet Radiol Ultrasound*, 1997; 38:116.

3 DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DEL ABDOMEN

Fernando Liste Burillo



Anatomía radiográfica del abdomen: aproximación diagnóstica 92

Anatomía tomográfica del abdomen 100

El hígado 102

El bazo 110

El páncreas 113

El tracto gastrointestinal 114

Sistema urogenital 123

Glándulas adrenales 136

Nódulos linfáticos 138

Ecografía abdominal intervencionista 140

Bibliografía 142

Anatomía radiográfica del abdomen: aproximación diagnóstica

Uno de los principales objetivos de la evaluación de las radiografías abdominales es comprobar si el contraste radiográfico es adecuado o por el contrario está alterado, sugiriendo entonces la presencia de fluido libre o gas en la cavidad abdominal o la presencia de una masa.

Para realizar dicha evaluación, es necesario conocer la anatomía radiográfica del abdomen, así como buscar alteraciones en el número, tamaño, forma, márgenes, densidad y localización de los distintos órganos, para después poder elaborar un diagnóstico diferencial.

Para llevar a cabo un estudio radiográfico con calidad diagnóstica es necesario realizar al menos dos proyecciones, lateral y ventrodorsal, del abdomen (figs. 1 y 2). Las condiciones ideales para la evaluación del abdomen (aunque casi siempre dificiles de obtener) son que el animal venga en ayunas, tras la administración de un enema y con la vejiga vacía. La técnica radiográfica abdominal requiere un bajo/medio kV y un alto producto mAs, para maximizar el contraste entre la grasa y el tejido blando. El uso de parrilla antidifusora es necesario para la reducción de la radiación dispersa. La colimación del abdomen se realiza desde el diafragma hasta la entrada de la pelvis.

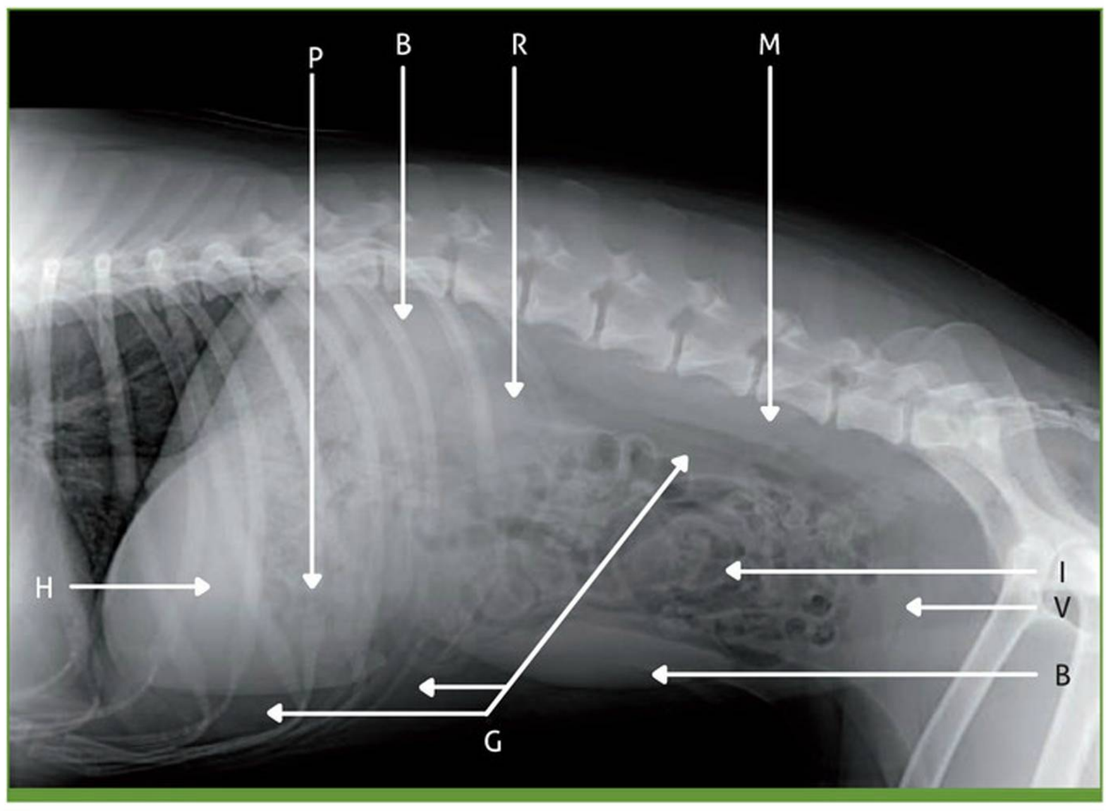


Figura 1. Radiografía lateral del abdomen de un perro. Obsérvese como la grasa (G) proporciona un contraste radiográfico adecuado para poder visualizar los contornos de los diversos órganos. H: hígado, B: bazo, R: riñón izquierdo, I: asas intestinales, V: vejiga de la orina, P: píloro, M: musculatura sublumbar.

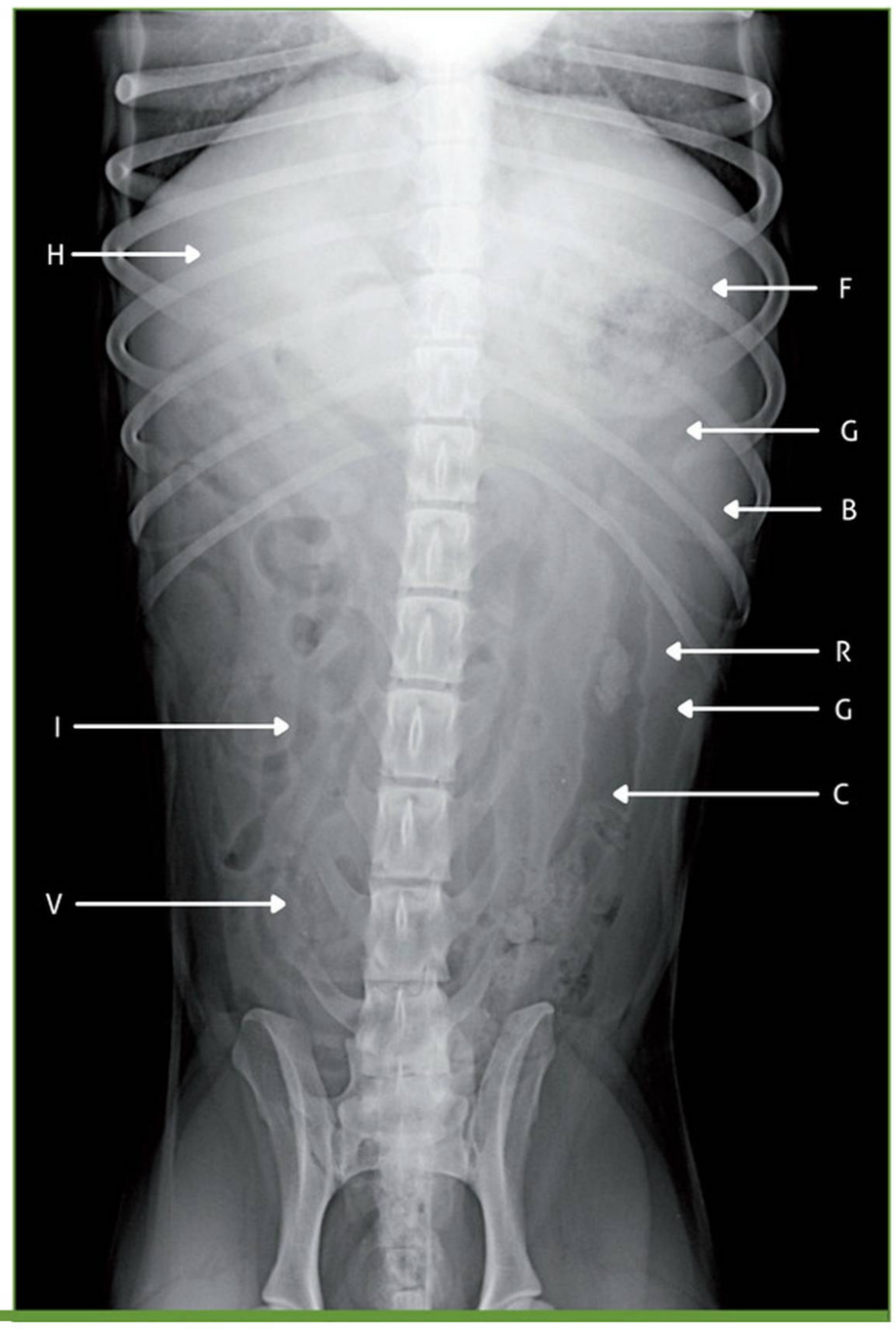


Figura 2. Radiografía ventrodorsal del abdomen de un perro. Obsérvese como la grasa (G) proporciona un contraste radiográfico adecuado para poder visualizar los contornos de los diversos órganos. F: fundus gástrico, B: bazo, R: riñón izquierdo, C: colon descendente, I: asas intestinales, H: hígado, V: vejiga de la orina solapada con asas intestinales.

El contraste radiográfico abdominal

Así como el contraste radiográfico del tórax viene dado por la presencia del gas intrapulmonar, en el abdomen es la grasa la que fundamentalmente va a determinar que los contornos de las estructuras se perciban con un buen detalle. En este sentido, van a existir por tanto varios factores que influyen en la génesis de un buen contraste radiográfico. Entre ellos, la condición física del animal es muy importante, ya que en los casos en los que exista una reducción del tejido graso intrabdominal (por ejemplo, en enfermedades consuntivas que cursan con caquexia, en neonatos o en individuos muy magros y atléticos), el contraste radiográfico va a ser muy escaso o nulo (fig. 3). Por el contrario, en animales con una condición física óptima o incluso obesos, el detalle orgánico será bueno (figs. 1 y 2). La evaluación radiográfica de la condición física del animal puede realizarse de manera alternativa observando el grosor de la grasa subcutánea.

Figura 3. Radiografía lateral del abdomen de un perro muy delgado. Nótese la dificultad existente para definir los bordes de los órganos dada la ausencia de grasa intrabdominal.

Otro de los factores que influyen en el contraste radiográfico es una inadecuada exposición de las estructuras a examen. Una infraexposición o sobrexposición va a generar un exceso de blancos y negros en la película respectivamente que va a anular la calidad diagnóstica de las imágenes (figs. 4 y 5). En la tabla 1 se exponen los factores que influyen en el contraste y detalle en las radiografías abdominales.

Asimismo, la presencia de fluido libre abdominal va reducir el contraste y el detalle radiográficos en función de su volumen y de la cantidad de grasa abdominal con la que entre en contacto. De esta manera, las pérdidas de contraste pueden ser generalizadas o bien ser focales con un aspecto moteado o lineal. En este caso, los bordes de los órganos serán de más difícil identificación, así como también el borde interno de las paredes abdominales. Si el volumen de fluido es muy grande, el abdomen puede adquirir una morfología de péndulo con una convexidad ventral muy prominente (fig. 6).

Figura 4. Radiografía infraexpuesta en proyección lateral sobre el abdomen de un perro. Nótese la uniformidad cromática en la imagen (abundancia de tonos blancos) que impide obtener un buen contraste de calidad diagnóstica.

Figura 5. Radiografía sobrexpuesta en proyección lateral sobre el abdomen de un perro. Nótese la uniformidad cromática (abundancia de tonos negros) que impide obtener un buen contraste de calidad diagnóstica.

Tabla 1. Factores que influyen en el contraste y detalle radiográficos abdominales.

Contraste y detalle excelentes	Contraste y detalle normales	Contraste y detalle escasos
Gatos	Adultos con condición física normal	Neonatos
		Delgadez, caquexia
Pneumoabdomen	Adultos con condición física obesa	Fluido libre en la cavidad peritoneal
		Masas abdominales
	Buena exposición (kV/mAs)	Exposición inadecuada (infra o sobrexposición)

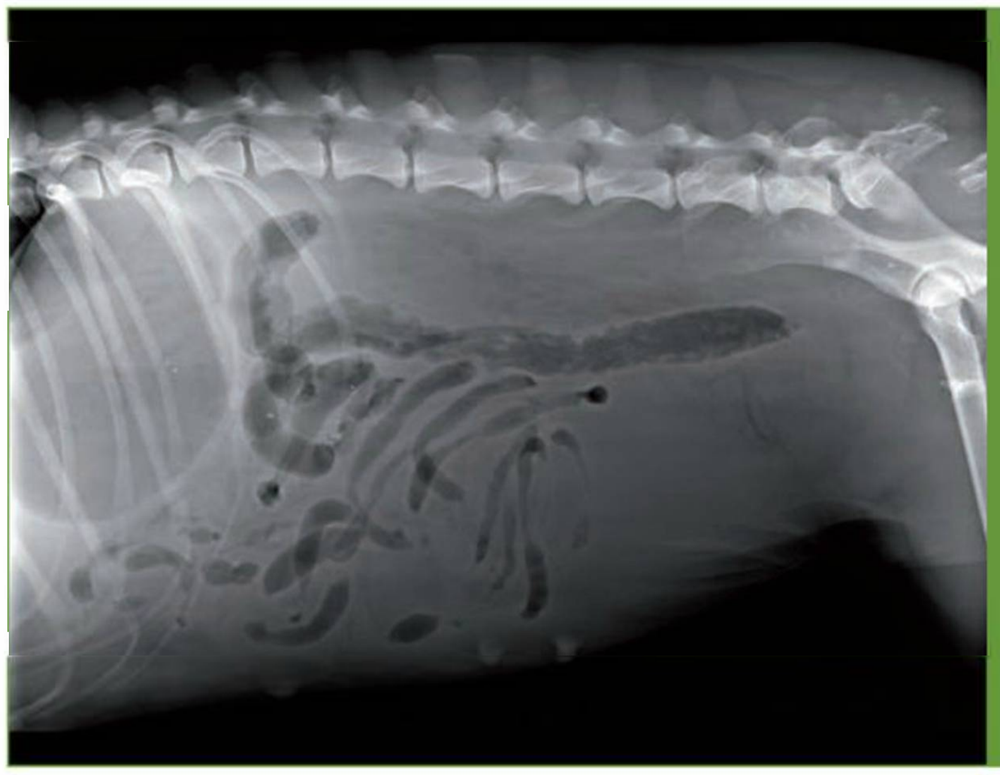


Figura 6. Radiografía lateral del abdomen de un perro con fluido libre en la cavidad abdominal. Nótese el escaso contraste radiográfico que dificulta la definición de los bordes orgánicos. El animal exhibe el típico abdomen "péndulo" cuando existe un volumen moderado o grave de fluido libre en la cavidad abdominal. En este caso el fluido es probablemente de origen traumático (sangre, orina) dada la fractura sacrocaudal presente.

Tabla 2. Diagnóstico diferencial de la pérdida de contraste radiográfico por presencia de líquido libre en la cavidad abdominal.

Tipo de fluido	Etiología
Trasudado	☐ Cardiopatía ☐ Hepatopatía ☐ Hipoproteinemia
Exudado	☐ Peritonitis ☐ Pancreatitis ☐ Abdomen posquirúrgico ☐ Perforación gastrointestinal ☐ Absceso
Bilis	☐ Rotura de vesícula biliar
Orina	☐ Rotura de vejiga, uretra o uréter
Sangre	☐ Traumatismo ☐ Neoplasia esplénica o hepática ☐ Coagulopatía
Carcinomatosis (fluido de naturaleza variable)	☐ Sembrado neoplásico peritoneal

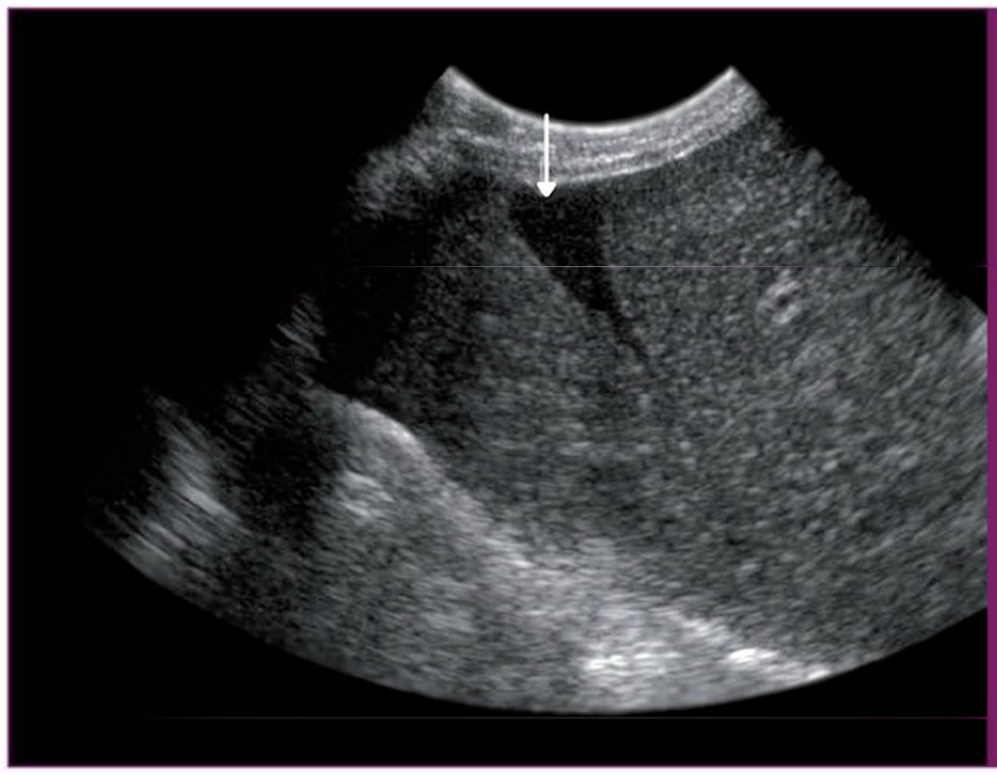


Figura 7. Imagen ecográfica sagital del hígado de un perro, en el que se observa un área anecoica separando dos lóbulos hepáticos y que se corresponde con un pequeño cúmulo de fluido abdominal libre (flecha). Estos volúmenes mínimos son difíciles de evaluar radiológicamente, pudiendo ser visualizados sin problema por ecografía, que incluso sirve de guía en su extracción.

El fluido que se presenta de manera patológica en la cavidad abdominal es de etiología diversa; en la tabla 2 se ilustran las diferentes posibilidades y sus etiologías.

Cuando existe una muy pequeña cantidad de fluido abdominal, las radiografías son relativamente poco sensibles para su detección. Es entonces cuando la ecografía, con su capacidad inherente de distinguir entre los tejidos blandos y los líquidos, adquiere un gran protagonismo (fig. 7).

La presencia de aire libre en la cavidad abdominal va a incrementar drásticamente el contraste radiográfico. El gas en el peritoneo es habitual encontrarlo tras las cirugías, siendo otras posibilidades una perforación gastrointestinal, una herida penetrante o la presencia de bacterias productoras de gas. Asimismo, el gas puede provenir desde un neumomediastino hacia el espacio retroperitoneal (neumorretroperitoneo), lo que va a mejorar la visibilidad de los riñones y la aorta.

Cuando existe gas en contacto con un órgano blando, el detalle radiográfico de sus bordes se realza intensamente, siendo posible visualizar estructuras habitualmente invisibles como el diafragma o el borde craneal del hígado (fig. 8). Al igual que para el líquido, la facilidad en la detección del gas peritoneal dependerá del volumen presente. Radiográficamente, con un neumoabdomen leve podrán observarse pequeñas burbujas de gas fuera del tracto gastrointestinal. La ecografía servirá para detectar pequeños volúmenes de aire que ascenderán a las regiones más alejadas de la gravedad, mostrándose colas de cometa y reverberaciones gracias a que provocan una gran cantidad de reflexión de los ultrasonidos emitidos (fig. 9).

Las masas abdominales también van a producir al principio de su patogénesis una cierta pérdida de contraste radiográfico, para, a posteriori, hacerse visibles cuando adquieren aproximadamente más del doble del tamaño del diámetro de un asa intestinal. El "efecto masa" se refiere radiográficamente al desplazamiento de órganos en un sentido u otro dependiendo del origen anatómico de la masa. En una primera inspección, deberemos localizar la masa, determinar los órganos que están desplazados y hacia dónde se dirigen, evaluar posibles órganos ausentes e intentar realizar de esta manera un diagnóstico acerca de la procedencia de la masa. La ecografía viene a apoyar de una manera muy importante a la radiología en la identificación del origen de las masas.

Las masas pueden tener su origen en abdomen craneal, medio ventral o caudal bien sea dorsal o ventralmente. Los gráficos de la figura 10 (modificados de O'Brien, 1978) muestran el sentido del desplazamiento de algunos órganos abdominales de acuerdo con el origen anatómico de la masa. Por ejemplo, una masa que se origine en el abdomen medio ventral va a desplazar las asas intestinales caudalmente, hacia la izquierda y dorsalmente (fig. 11). En cambio, otra masa abdominal distinta que proceda de la porción dorsal del abdomen medio empujará esas mismas asas intestinales ventral y caudalmente (fig. 12). Por último, otra masa distinta que tenga su origen en abdomen caudal desplazará las asas intestinales cranealmente y el colon ventralmente (fig. 13).

Con las imágenes radiográficas podemos establecer un diagnóstico diferencial respecto del origen de la masa; sin embargo, con la ecografía podremos, con experiencia, identificar el órgano u órganos responsables del origen de la misma. Aún más, la apariencia ecográfica de la lesión podrá acotar diferencialmente su carácter más o menos agresivo.

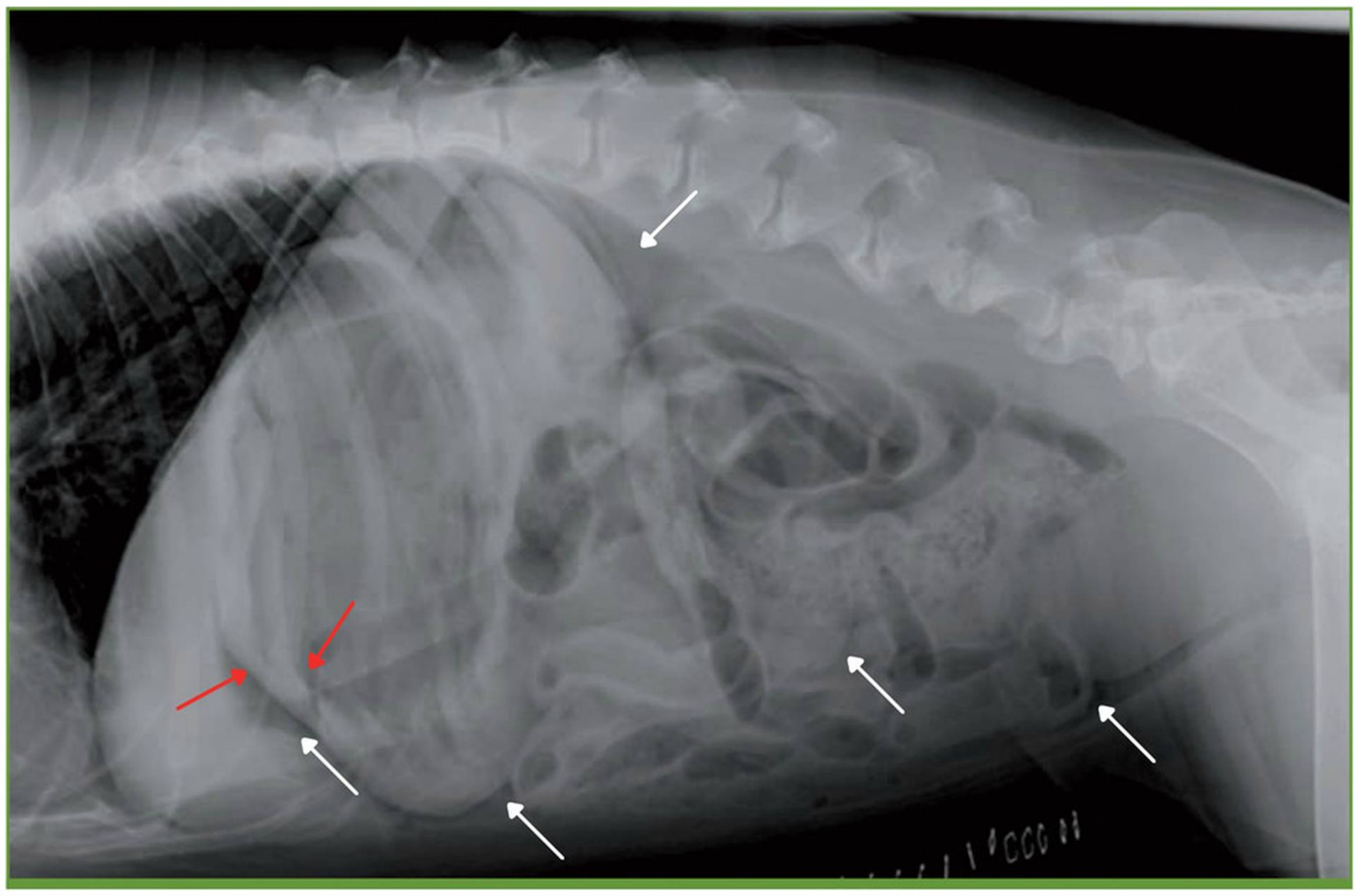


Figura 8. Radiografía lateral del abdomen de una perra tras una ovariohisterectomía. Nótese el excelente contraste abdominal debido al aire libre existente en la cavidad abdominal –neumoabdomen- (flechas blancas) que permite visualizar tanto la porción externa como interna del estómago (flechas rojas).

Figura 9. Imagen ecográfica en un perro con gas libre en la cavidad abdominal. El transductor se coloca en las porciones más alejadas de la gravedad para detectar las burbujas de aire que ascienden y se acumulan en contacto con el peritoneo (flechas rojas). El gas es una materia extremadamente reflectante con los ultrasonidos, tendiendo a formar artefactos acústicos que impiden la visualización de ninguna estructura en profundidad (flecha blanca).

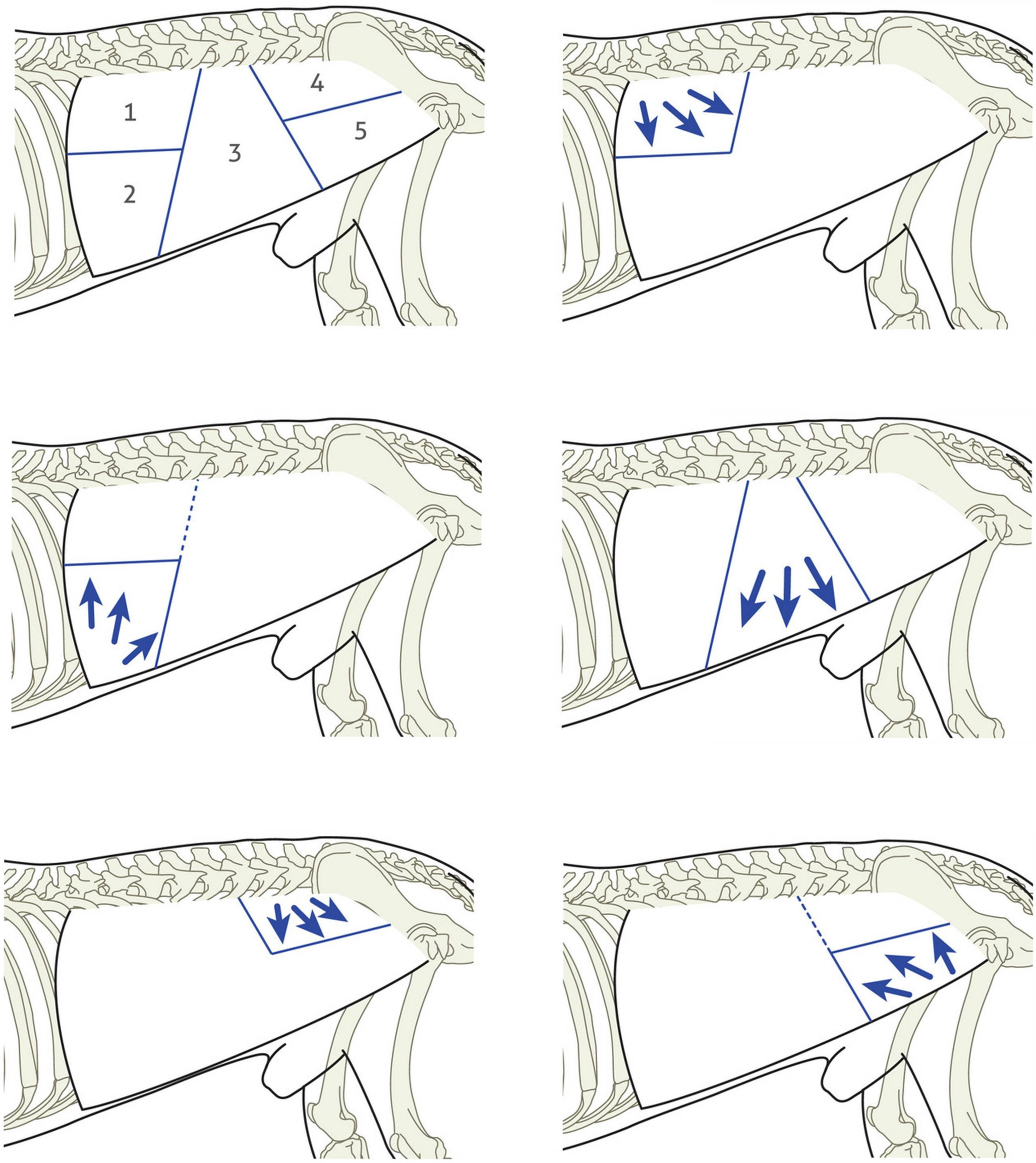


Figura 10. Esquema ilustrativo de los movimientos orgánicos que se producen según el origen anatómico de las masas abdominales. Según O'Brien (1978), el abdomen se divide en cinco cuadrantes distintos (1 a 5) desde donde potencialmente pueden originarse masas abdominales que desplazan a los órganos adyacentes en uno u otro sentido. Las flechas indican el sentido del desplazamiento orgánico lejos de la masa neoformada.

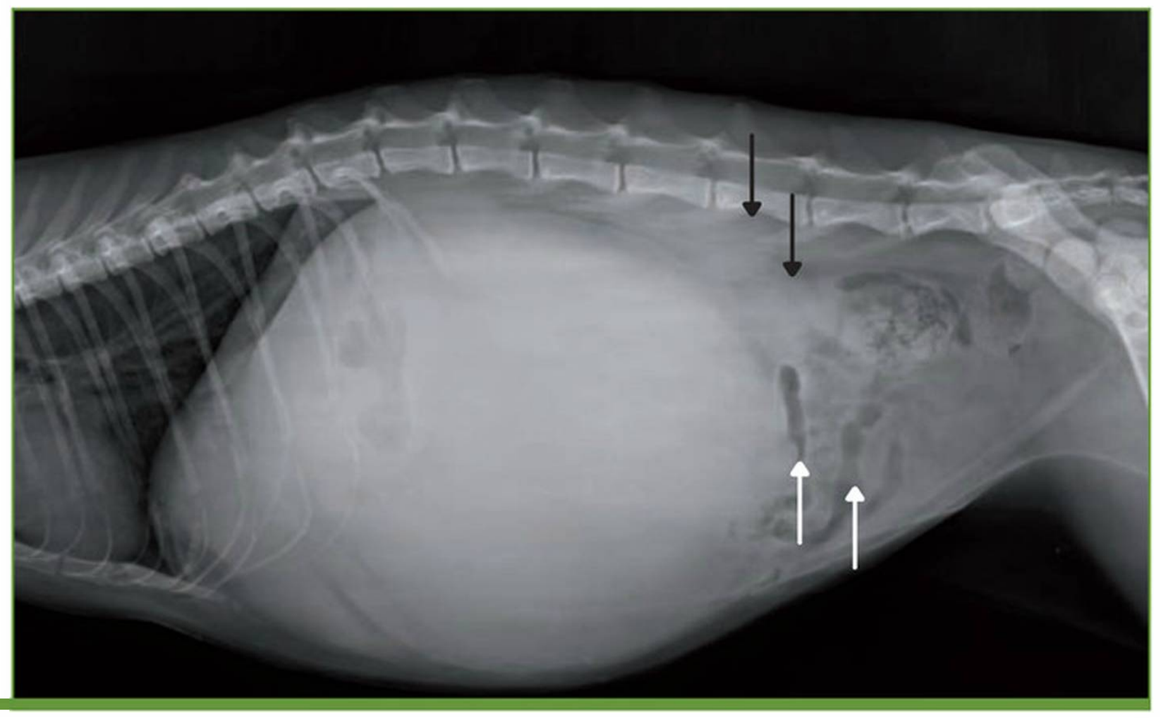


Figura 11. Radiografía lateral del abdomen de un gato con una masa de grandes dimensiones que, originada en el cuadrante medio ventral, desplaza las asas intestinales (flechas blancas) y los riñones (flechas negras) caudalmente. El diagnóstico final fue de hemangiosarcoma esplénico.

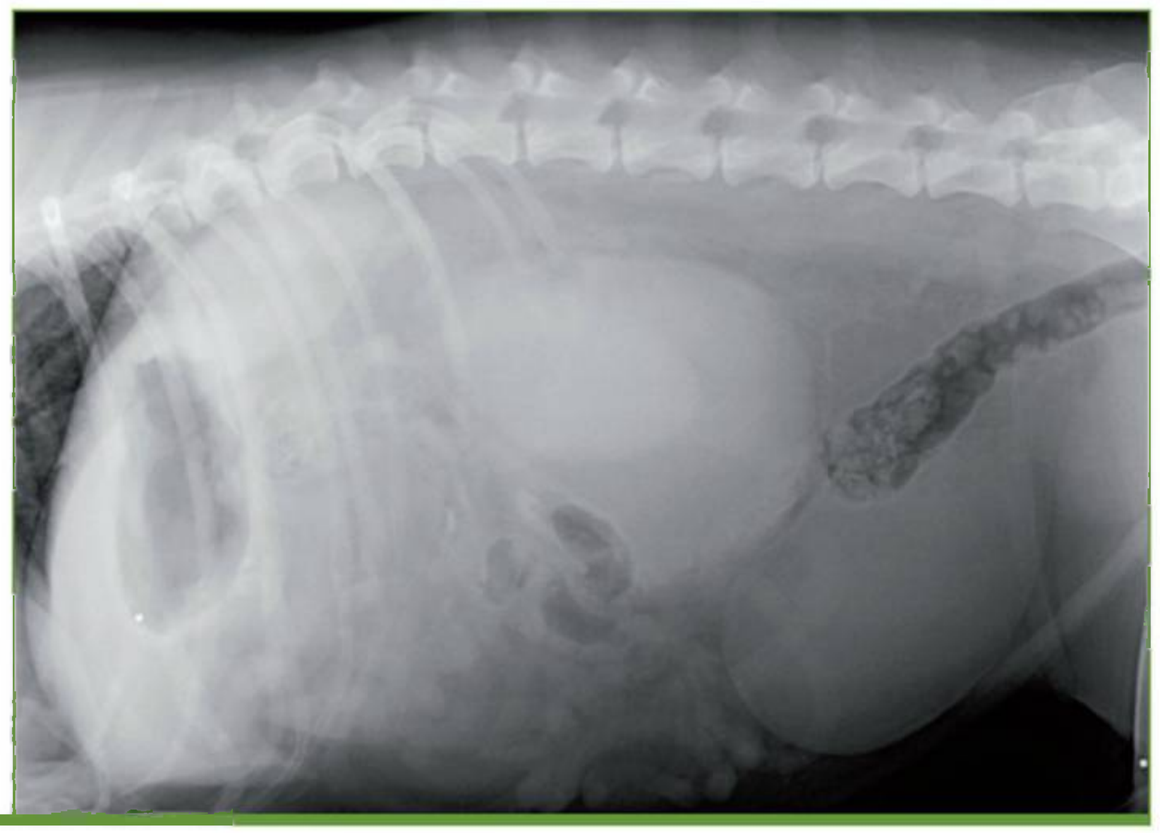


Figura 12. Radiografía lateral del abdomen de un perro con una masa originada en el aspecto dorsal del cuadrante medio, que desplaza las asas intestinales ventral y cranealmente.

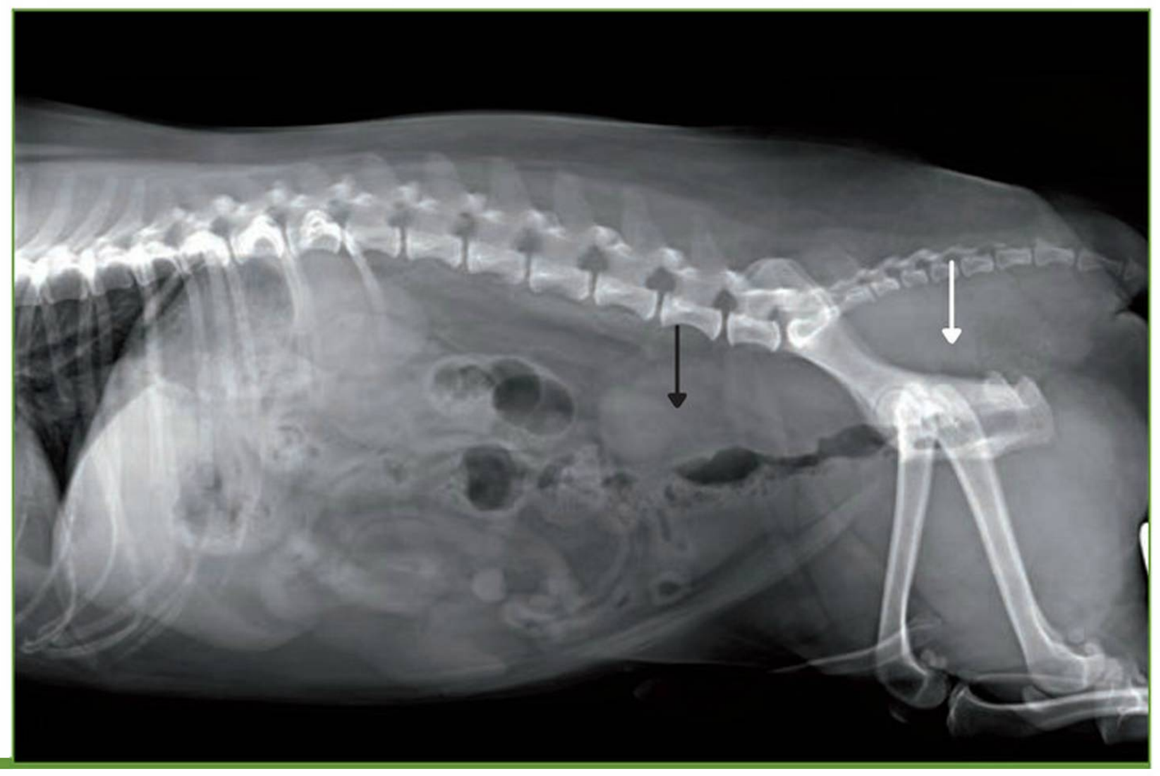
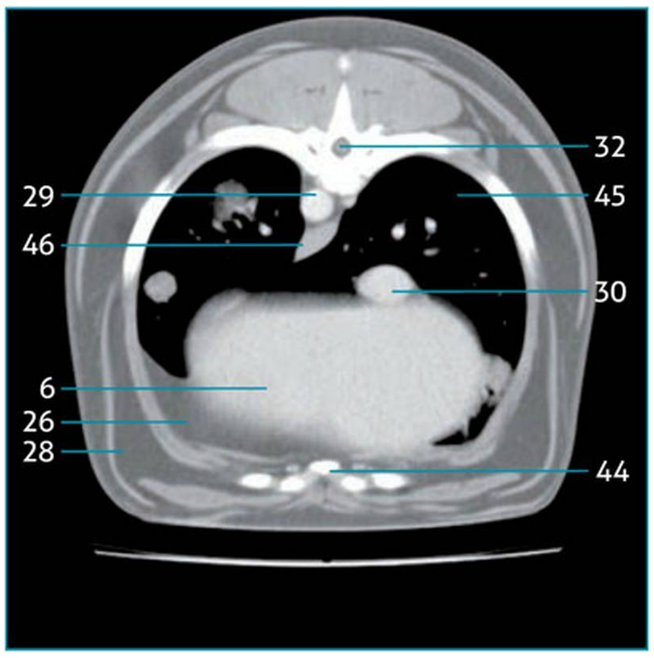


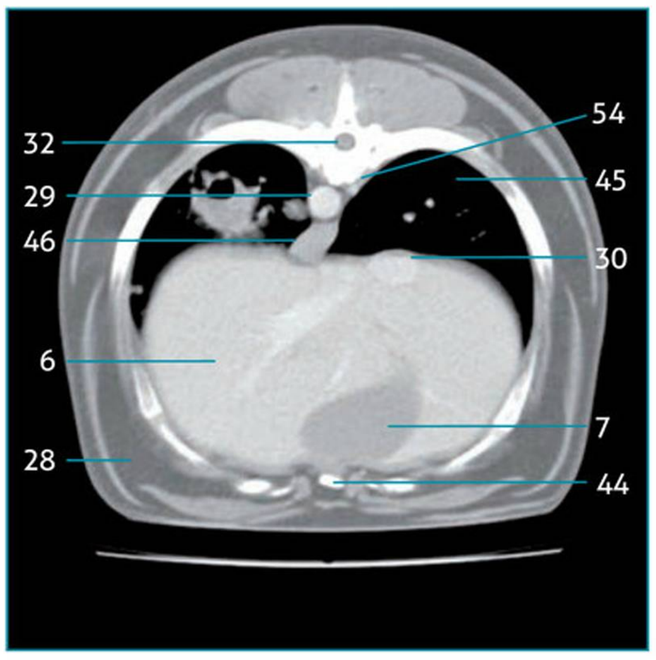
Figura 13. Radiografía lateral del abdomen de un perro con carcinoma de glándulas anales (flecha blanca) con extensión metastásica linfática en los nódulos linfáticos ilíacos mediales, lo que provoca un aumento de volumen con efecto masa en abdomen caudodorsal (flecha negra) originando el desplazamiento ventral del colon.

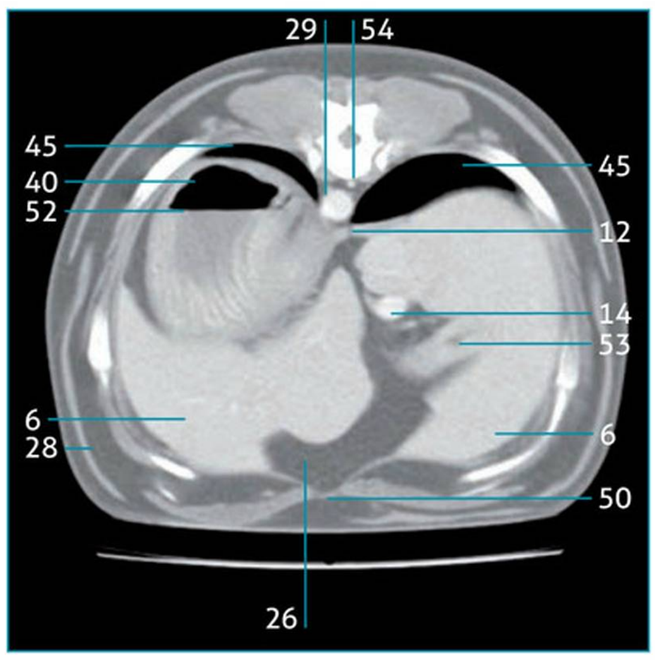
Anatomía tomográfica del abdomen

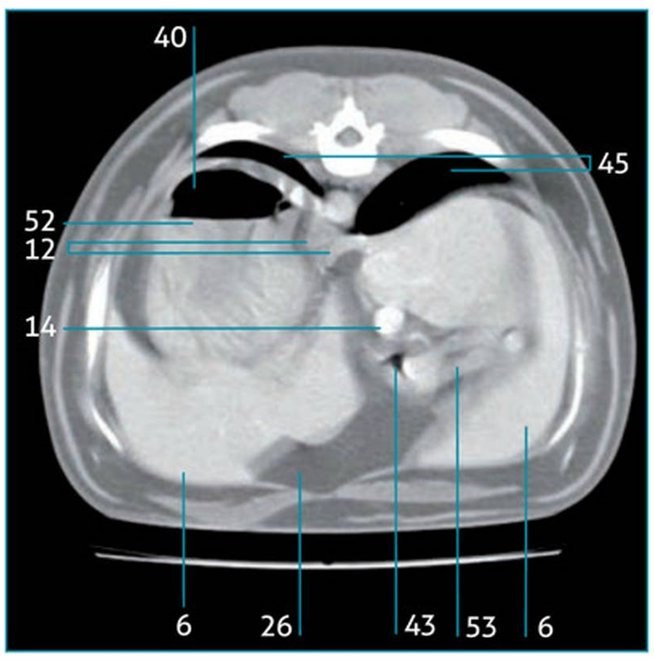
Al igual que en el caso de la cavidad torácica, para realizar la exploración tomográfica del abdomen, el animal se coloca en decúbito supino bajo anestesia general al objeto de evitar cualquier movimiento del mismo. Asimismo, se realizan secciones transversales del paciente eligiendo una ventana de tejido blando (WL: 127; WW: 255). Para la inspección de la vascularización abdominal, y en concreto la visualización de la vena porta, se utiliza contraste yodado

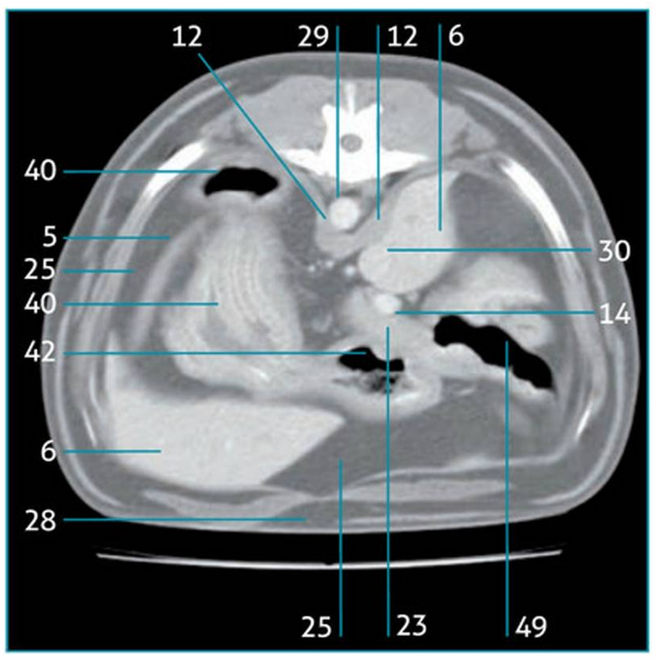
Figuras 14 a 27. Anatomía tomográfica del abdomen. Secciones tomográficas transversales del abdomen de un perro con ventana de tejido blando (WL: 127, WW: 255) tras la adición de contraste yodado (0,55 ml/kg de una solucion de iotalamato sódico a 400 mg I_2/ml). El espacio entre cortes es de 3 cm.

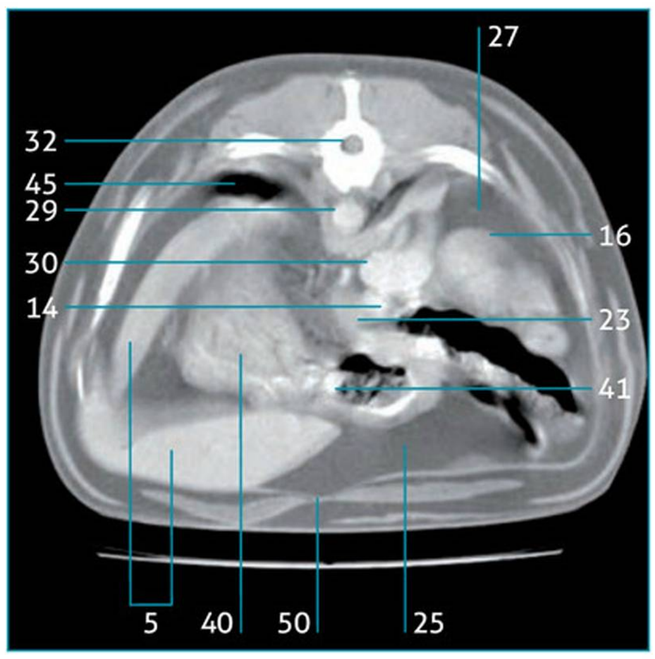


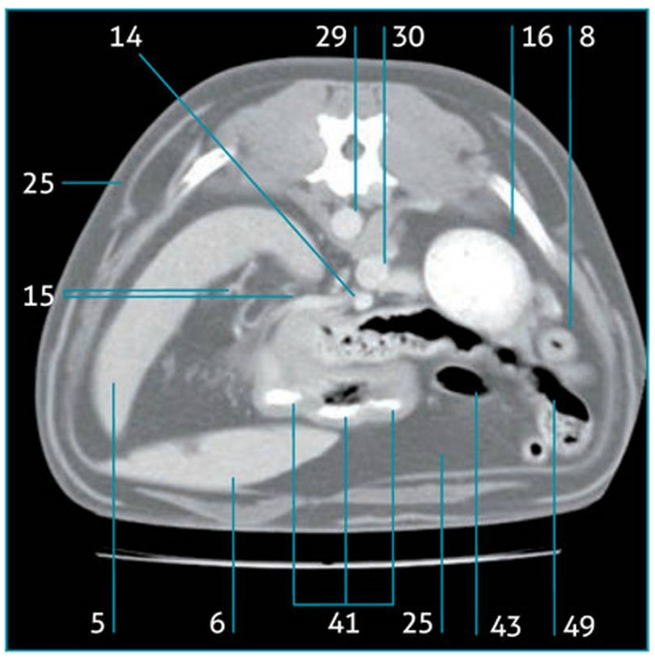


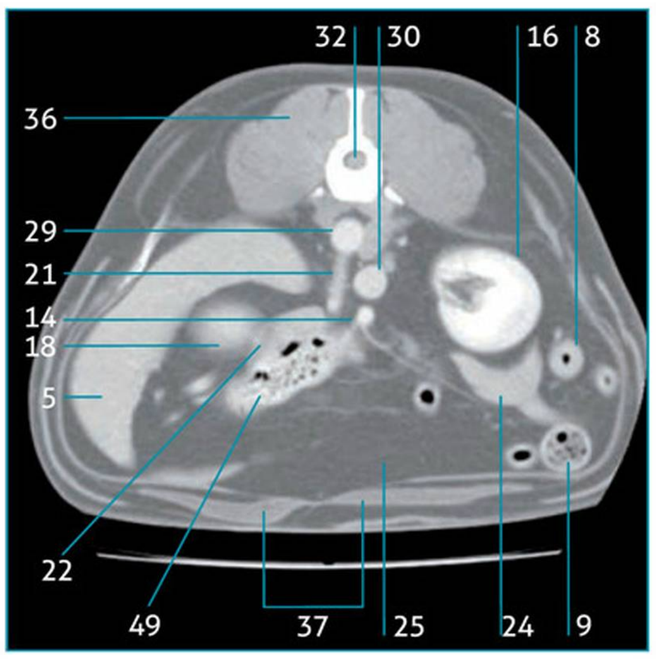






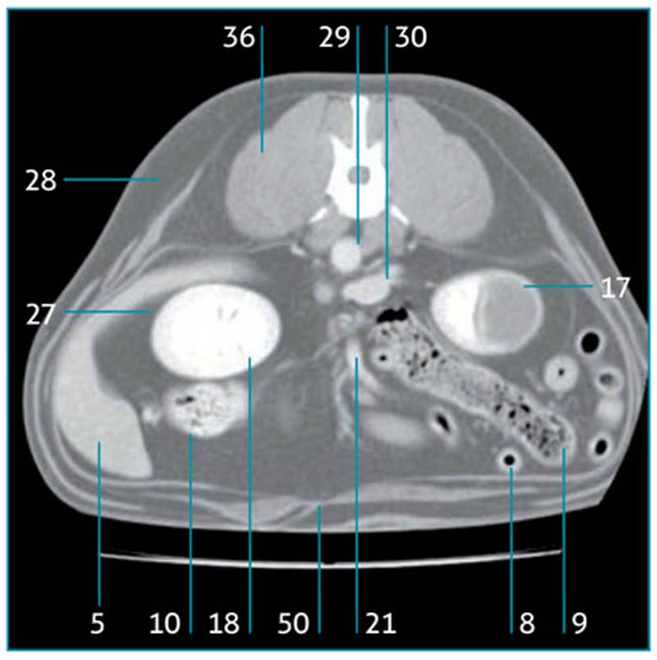


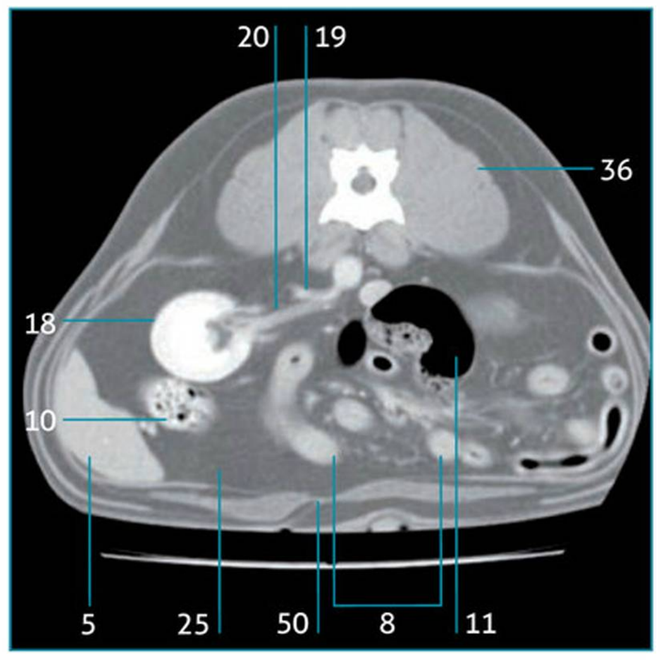


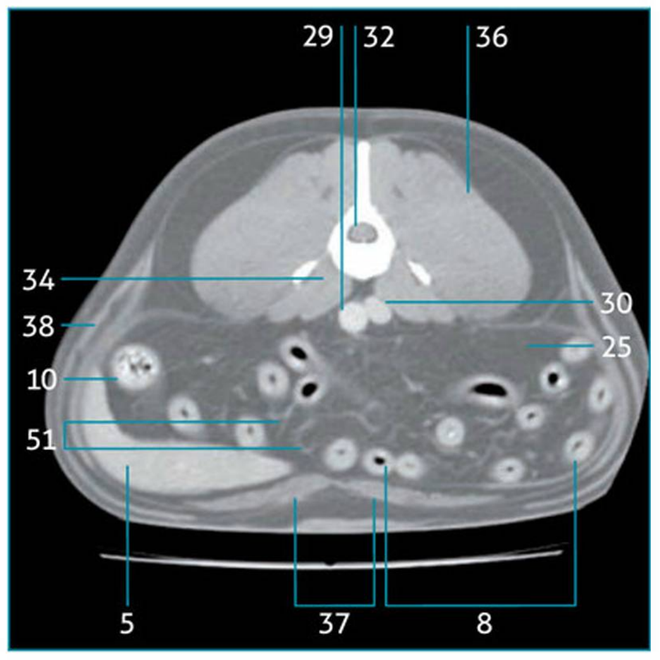


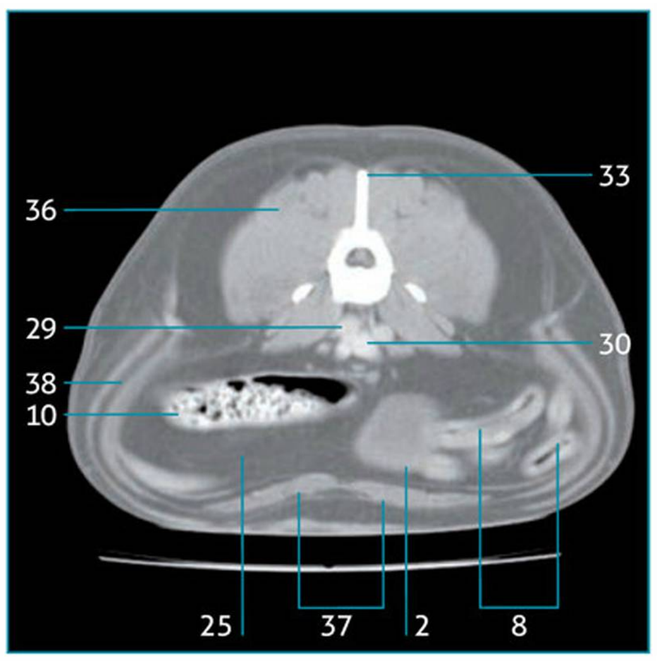
(0,55 ml/kg de una solución de iotalamato sódico a 400 mg I_2/ml), para lo que se adquieren las imágenes con un tiempo de retardo de unos 43 segundos.

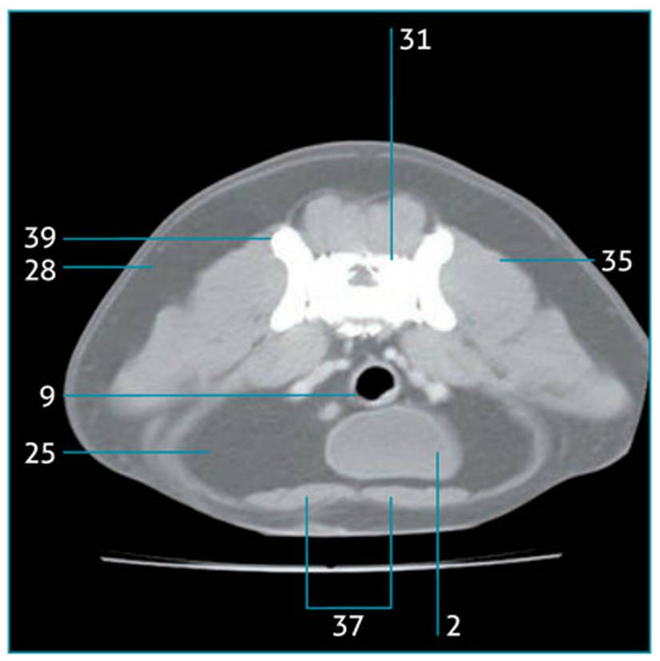
En las figuras 14 a 27 se describe la apariencia tomográfica normal del abdomen en un perro adulto en secciones transversales siguiendo un sentido craneocaudal. Obsérvese como la grasa, especialmente en sus localizaciones mesentérica, falciforme y retroperitoneal, ejerce de contraste natural en la definición de las diferentes estructuras.

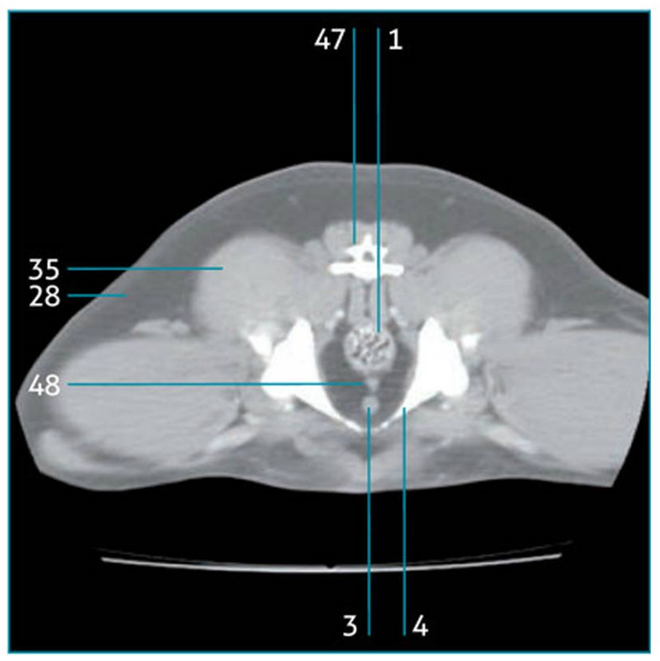












1. Recto.
2. Vejiga.
3. Uretra.
4. Pecten del pubis.
5. Bazo.
6. Hígado.
7. Vesícula biliar.
8. Intestino delgado.
9. Colon ascendente.
10. Colon descendente.
11. Ciego.
12. Pilares del diafragma.
13. Páncreas.
14. Vena porta.
15. Venas esplénicas.
16. Riñón derecho.
17. Quiste cortical en el riñón derecho.
18. Riñón izquierdo.
19. Arteria renal izquierda.
20. Vena renal izquierda.
21. Arteria mesentérica craneal.
22. Lóbulo izquierdo del páncreas.
23. Cuerpo del páncreas.
24. Lóbulo derecho del páncreas.
25. Grasa mesentérica.
26. Grasa falciforme.
27. Grasa retroperitoneal
28. Grasa subcutánea.
29. Aorta abdominal.
30. Vena cava caudal.
31. Sacro.
32. Médula espinal.
33. 6ª vértebra lumbar.
34. Musculatura sublumbar.
35. Musculatura glútea.
36. Musculatura del longísimo e iliocostal.
37. Músculos rectos del abdomen.
38. Músculos anchos del abdomen.
39. Ilion izquierdo.
40. Fundus gástrico.
41. Ingesta de densidad mineral en el cuerpo gástrico.
42. Píloro.
43. Duodeno.
44. Esternón.
45. Parénquima pulmonar.
46. Porción ascendente del centro tendinoso del diafragma.
47. Vértebra coccígea.
48. Útero.
49. Colon transverso.
50. Línea alba.
51. Arterias yeyunales.
52. Nivel del contenido líquido gástrico en fundus.
53. Hilio hepático.
54. Vena ázigos.

El hígado

El hígado se localiza en abdomen craneoventral, entre el diafragma y el estómago, con una densidad tipo tejido blando uniforme y unos márgenes lisos y visibles (fig. 28). Para evaluar el tamaño hepático se utiliza el "eje gástrico", que es una línea imaginaria que conecta el fundus con el píloro y que se dispone paralelo a las costillas en la proyección lateral y perpendicular a la columna vertebral en ambas proyecciones.

La apariencia ecográfica del hígado es la de un órgano moderadamente homogéneo, con la excepción de los surcos venosos provocados por la doble circulación hepática y portal y de la presencia de la vesícula biliar (figs. 29a y 29b). Los límites de los lóbulos hepáticos son difíciles de precisar en condiciones normales. En el *porta hepatis* o hilio puede localizarse la vena porta principal y el colédoco (fig. 30). Habitualmente se considera que el parénquima hepático se sitúa en un rango de ecogenicidad medio entre la corteza renal y el bazo (fig. 31). Así pues, la corteza renal sería hipoecoica respecto del hígado y éste a su vez menos ecógeno que el parénquima esplénico (corteza renal < hígado < bazo).

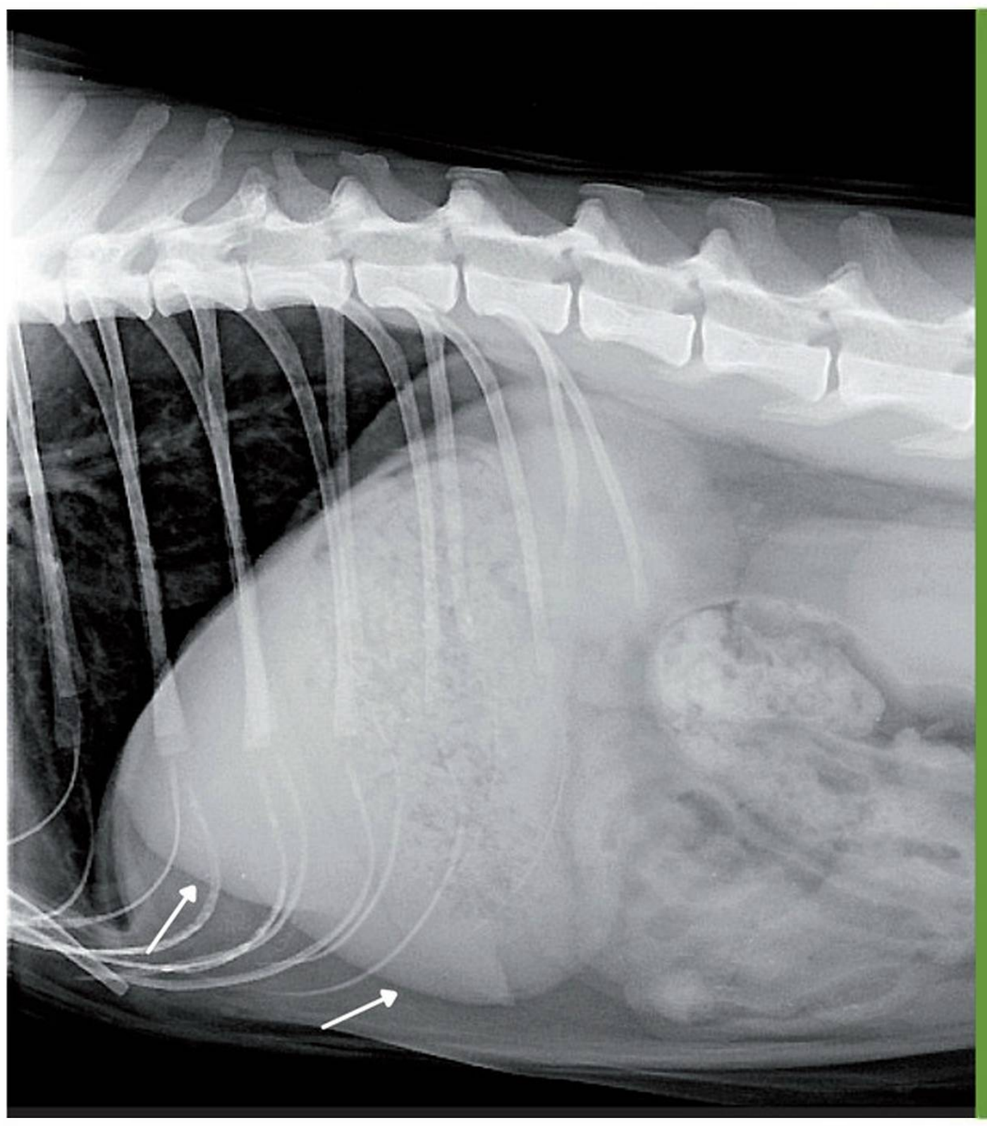


Figura 28. Imagen mostrando un detalle del abdomen craneal de un gato. Nótese como el hígado está cubierto por el arco costal y presenta una densidad tipo tejido blando (flechas blancas).

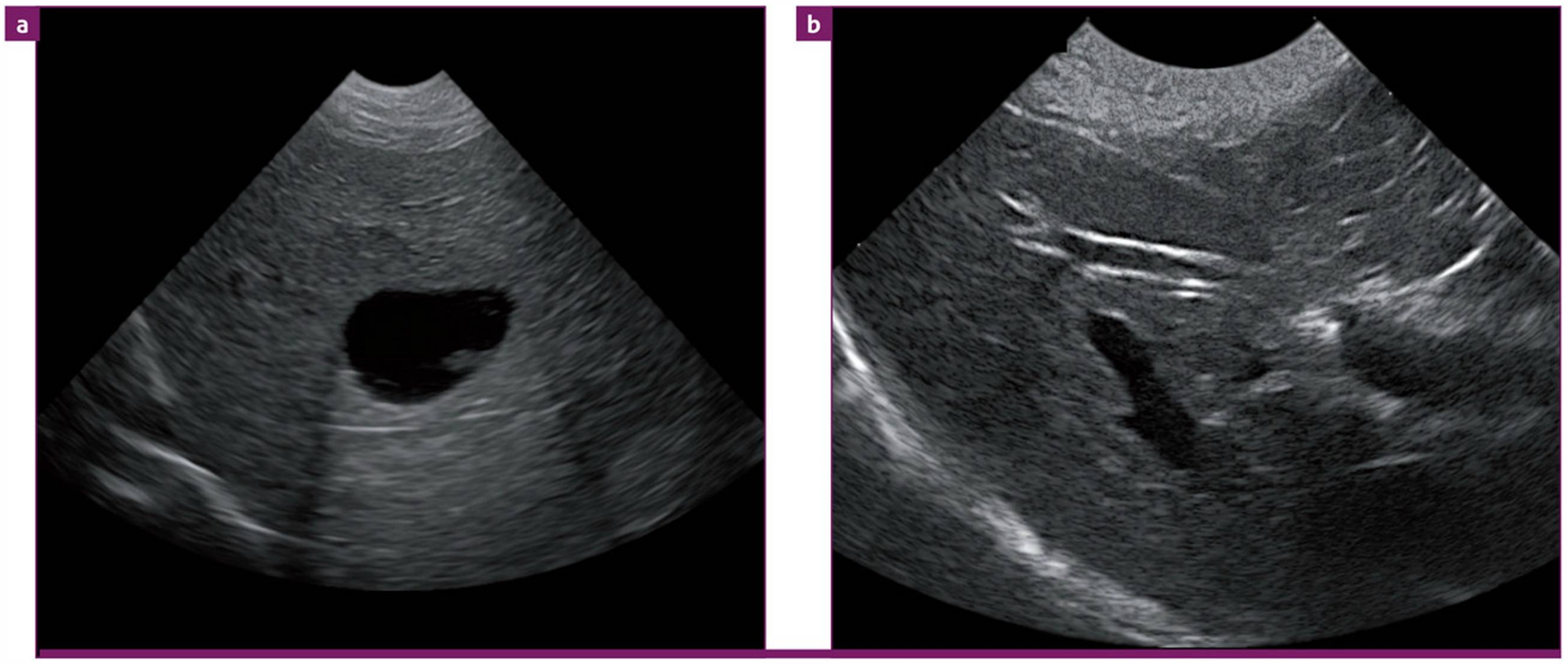


Figura 29. Imagen ecográfica de un hígado canino normal. El parénquima hepático aparece moderadamente hipoecoico y de textura homogénea, con las únicas excepciones de la vesícula biliar y la doble circulación portal y hepática. La bilis dentro de la vesícula biliar –tomada en corte transversal (a)– se observa como anecoica. Los vasos portales se diferencian de las venas hepáticas debido a su mayor ecogenicidad parietal (b).

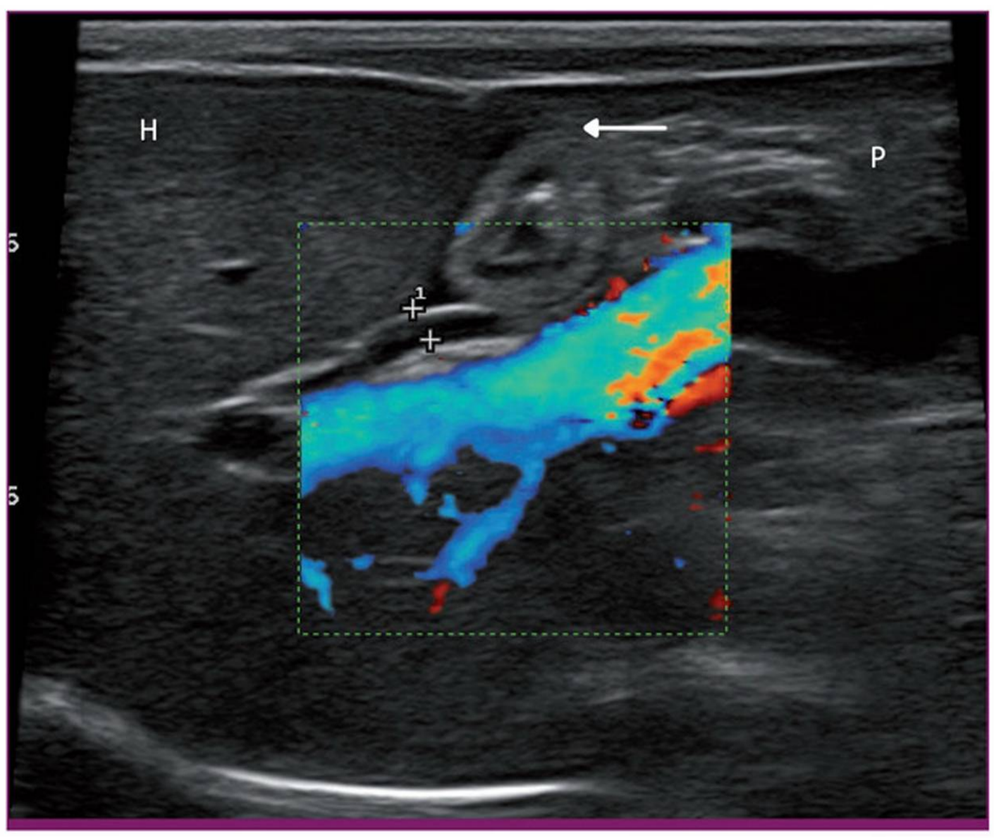


Figura 30. Imagen ecográfica Doppler color del hígado en corte sagital a nivel del hilio –*porta hepatis*– en un perro. El tono cromático azulado de la señal Doppler indica que el flujo se aleja del transductor en la vena porta. Nótese como la porción extrahepática del colédoco (entre +) está situada ventralmente a la vena porta y no presenta señal Doppler. H: parénquima hepático, P: cuerpo del páncreas. El píloro está señalado por la flecha blanca. El aspecto craneal se sitúa a la izquierda de la imagen.

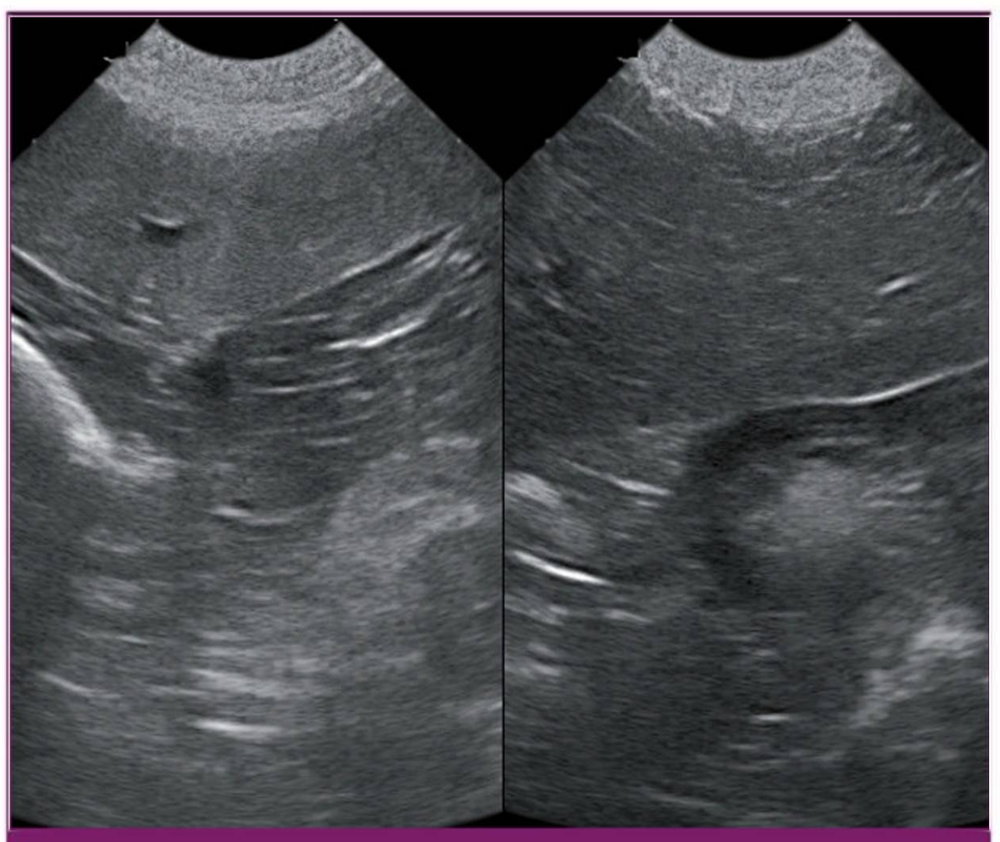


Figura 31. Imágenes ecográficas comparativas de la ecogenicidad relativa del bazo (izquierda) e hígado (derecha) normales. Nótese que la comparación de ecogenicidades debe hacerse a una misma profundidad de examen. El parénquima hepático es hipoecógeno con respecto al esplénico.

Las alteraciones de la ecogenicidad, morfología y tamaño hepáticos se pueden evaluar en forma de diagnósticos diferenciales, dividiendo a las lesiones en difusas y focales.

Como puede verse en la tabla 3, la caracterización ecográfica de las lesiones hepáticas es complicada por su inespecificidad. Sin embargo, una alteración grave de la estructura hepática normal, en la que la doble circulación ya no es visible y deforma de manera apreciable los bordes del órgano, puede estar relacionada con procesos neoplásicos benignos o malignos. En otras ocasiones, como en las lesiones de morfología tipo "diana", el tamaño de la lesión no implica un carácter benigno (fig. 32).

Tabla 3. Clasificación ecográfica de las lesiones hepáticas según su extensión y ecogenicidad.

Caracterización ecográfica de las lesiones hepáticas	Difusas	Focales/multifocales
Hipoecoicas	☐ Hepatitis aguda ☐ Congestión venosa ☐ Linfoma ☐ Histoplasmosis	☐ Carcinoma hepatocelular/biliar ☐ Linfoma ☐ Metástasis ☐ Hepatitis ☐ Hiperplasia nodular ☐ Quiste ☐ Absceso
Hiperecoicas	☐ Hepatitis crónica ☐ Lipidosis ☐ Enfermedades ☐ acumulativas de glucógeno: diabetes mellitus/Cushing ☐ Amiloidosis ☐ Fibrosis/cirrosis ☐ Linfoma	☐ Carcinoma hepatocelular/biliar ☐ Adenoma hepatocelular ☐ Mineralización ☐ Metástasis ☐ Infiltración grasa
Ecogenicidad mixta	☐ Neoplasias primarias ☐ Hiperplasia nodular	☐ Neoplasia primaria ☐ Metástasis ☐ Absceso ☐ Necrosis ☐ Hematoma

Hepatomegalia

Radiológicamente, cuando el hígado aumenta su tamaño, el borde hepático se sitúa mas allá del arco costal, desplazando el píloro caudodorsalmente (fig. 33). Sin embargo, este avance caudal del hígado puede en ocasiones no ser reflejo de una hepatomegalia sino de una cierta dificultad respiratoria (p. ej.: efusión pleural) que obliga al animal a realizar inspiraciones forzadas y mantenidas en el tiempo.

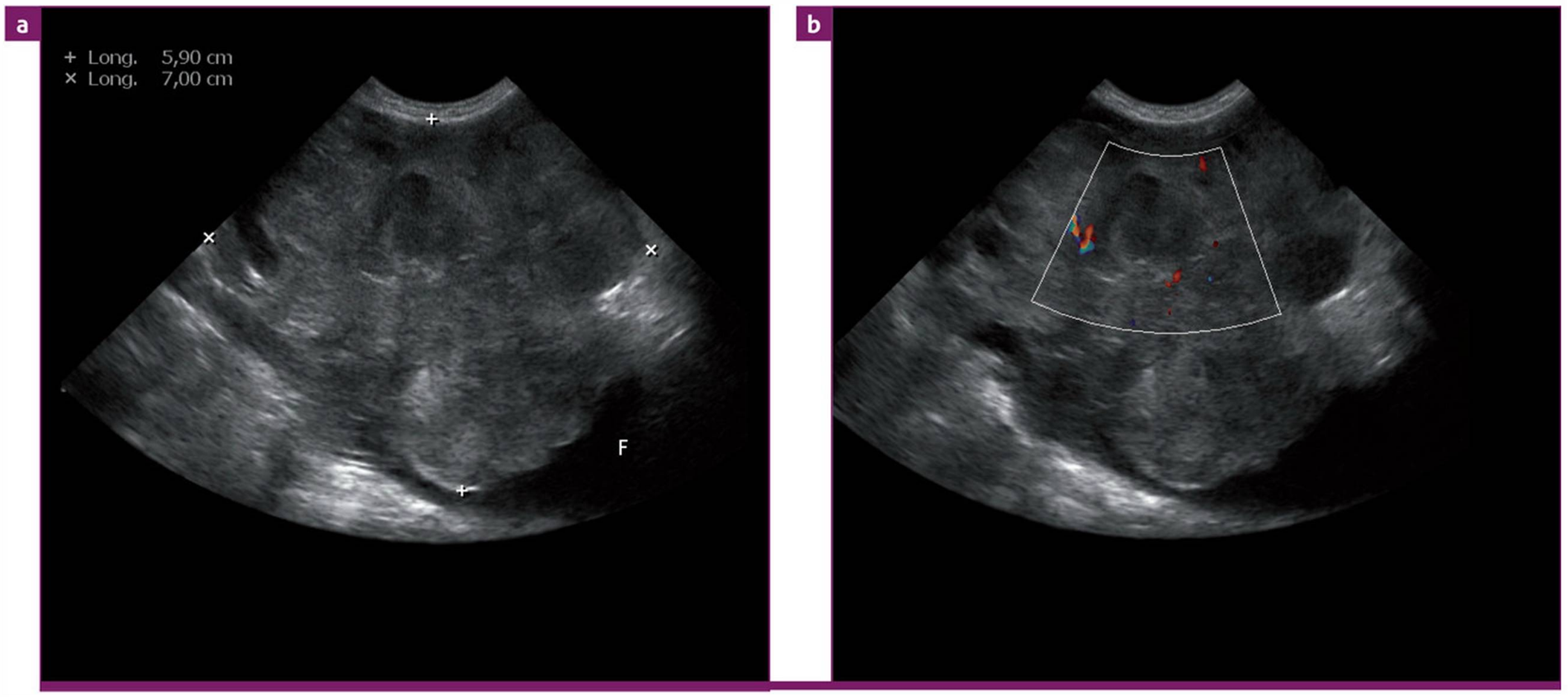


Figura 32. Imágenes ecográficas de un carcinoma en un segmento hepático (a y b). El parénquima del hígado es heterogéneo, con pérdida de la visualización de los vasos portales y hepáticos y unos bordes orgánicos deformados e irregulares (a). Nótese la presencia de fluido libre abdominal (F) compatible con sangrado de la neoplasia. La señal Doppler color permite localizar áreas de necrosis avasculares (b).

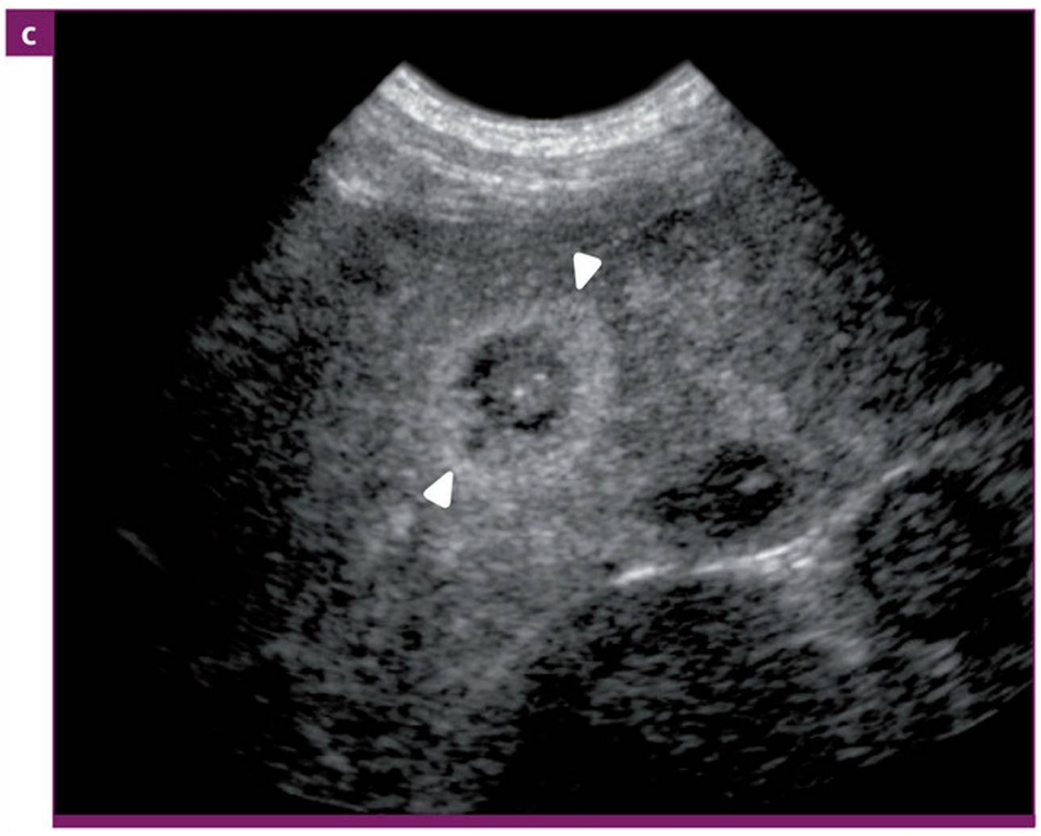


Figura 32c. Imagen ecográfica de un segmento lobular hepático con una lesión redondeada tipo "diana" (entre puntas de flecha) con un centro anecoico y una periferia ecogénica. Esta lesión es compatible con una metástasis hepática.

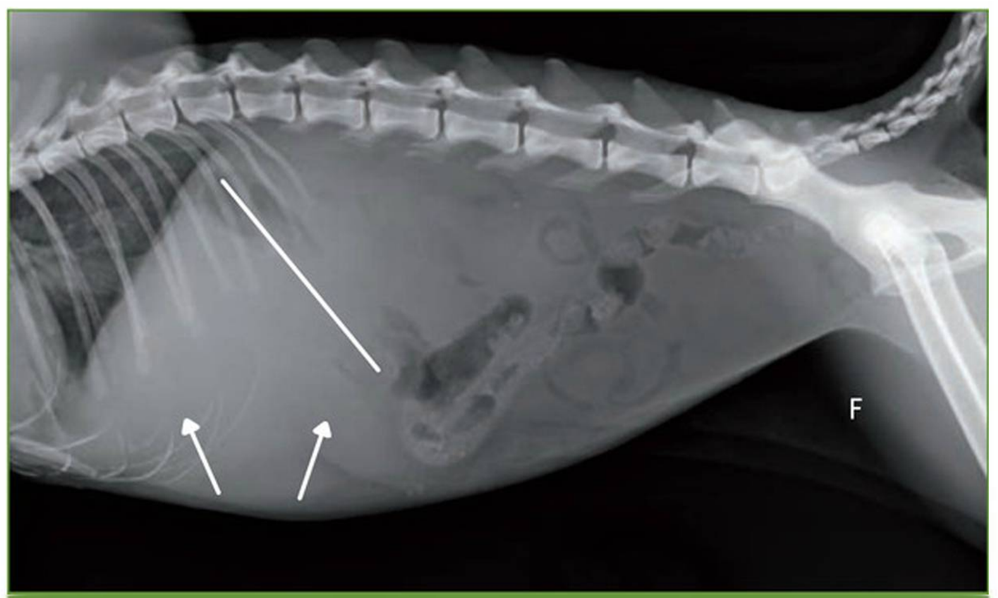


Figura 33. Imagen radiográfica lateral del abdomen de un gato con hepatomegalia. Obsérvese como el eje gástrico (línea blanca), normalmente paralelo a los espacios intercostales, se ha desplazado caudalmente por el aumento del volumen hepático (flechas). El contraste abdominal está disminuido, lo que sugiere la presencia de fluido abdominal libre.

El hígado puede aumentar su tamaño debido a lesiones difusas como neoplasias, lipidosis, congestión venosa, amiloidosis o enfermedades acumulativas de glucógeno como la diabetes o el síndrome de Cushing (fig. 34). Las lesiones focales de pequeño tamaño (fig. 35), no provocan un aumento del volumen pero pueden contribuir a modificar la morfología del hígado.

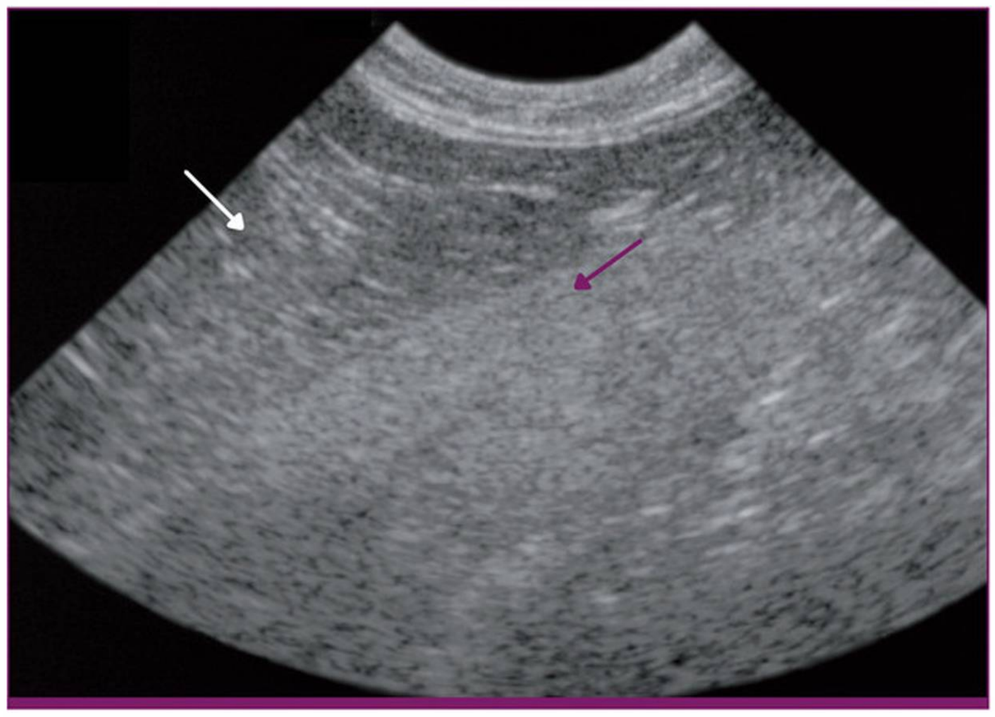


Figura 34. Imagen ecográfica en corte sagital del lóbulo hepático lateral derecho en un perro con síndrome de Cushing. Obsérvese que el parénquima hepático (flecha morada) es hiperecógeno con respecto a la grasa falciforme adyacente (flecha blanca). El hiperadrenocorticalismo es una enfermedad que predispone a la acumulación de glucógeno en el hígado, lo cual incrementa su ecogenicidad igual que sucede en la diabetes o la lipidosis.

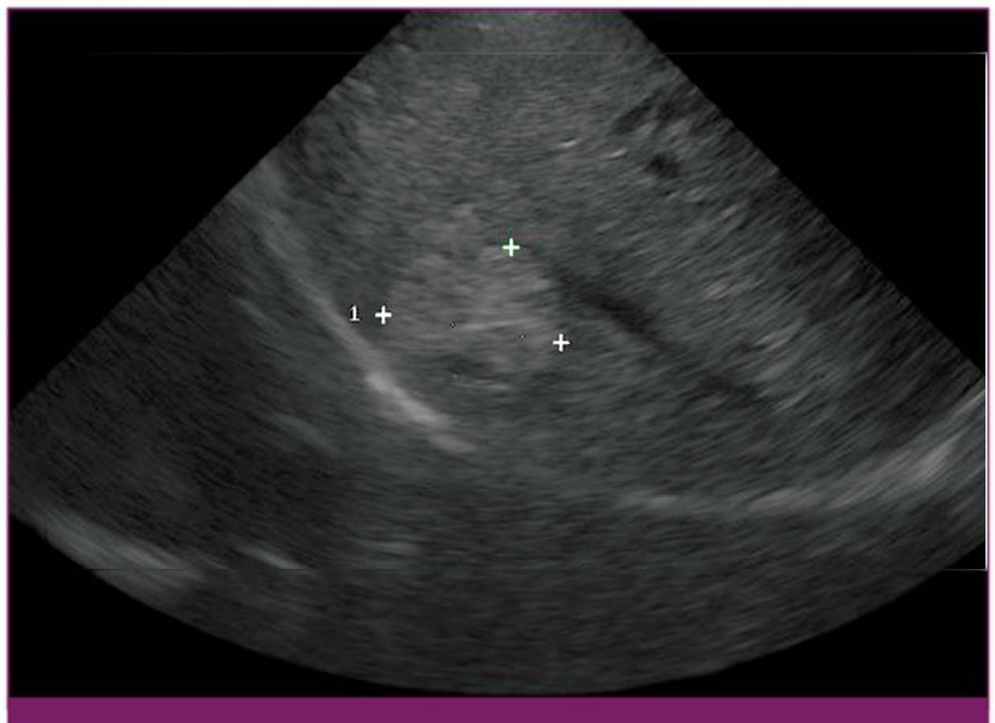


Figura 35. Imagen ecográfica en corte sagital del hígado de un perro mostrando una lesión redondeada moderadamente ecogénica (entre +) en el borde hepático del lóbulo lateral derecho. Un diagnóstico presuntivo probable es la hiperplasia nodular.

Disminución del tamaño hepático

La disminución del volumen hepático puede no tener ninguna significación patológica (fig. 36), pero puede verse en casos de uniones portosistémicas (*shunts*) anómalas o en las etapas finales de la cirrosis. El diagnóstico de los *shunts* portosistémicos de origen intra y extrahepático puede realizarse mediante ecografía. Otras técnicas, como la portografía mesentérica o la tomografía con adición de contraste, también pueden utilizarse como ayuda en el diagnóstico (fig. 37). La tabla 4 resume el diagnóstico ecográfico diferencial de las lesiones hepáticas considerando la variación de tamaño del órgano y los cambios de ecogenicidad.

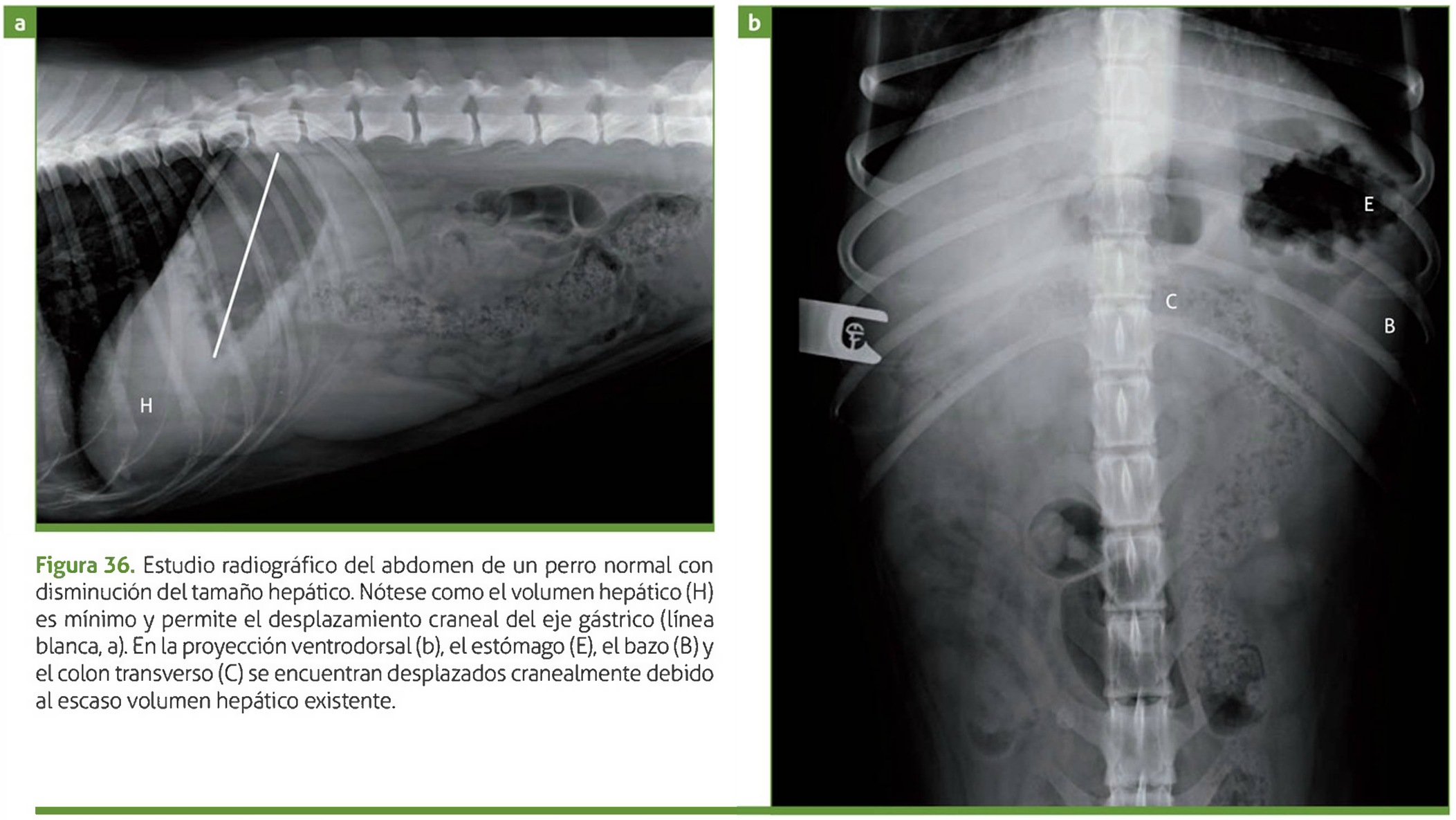
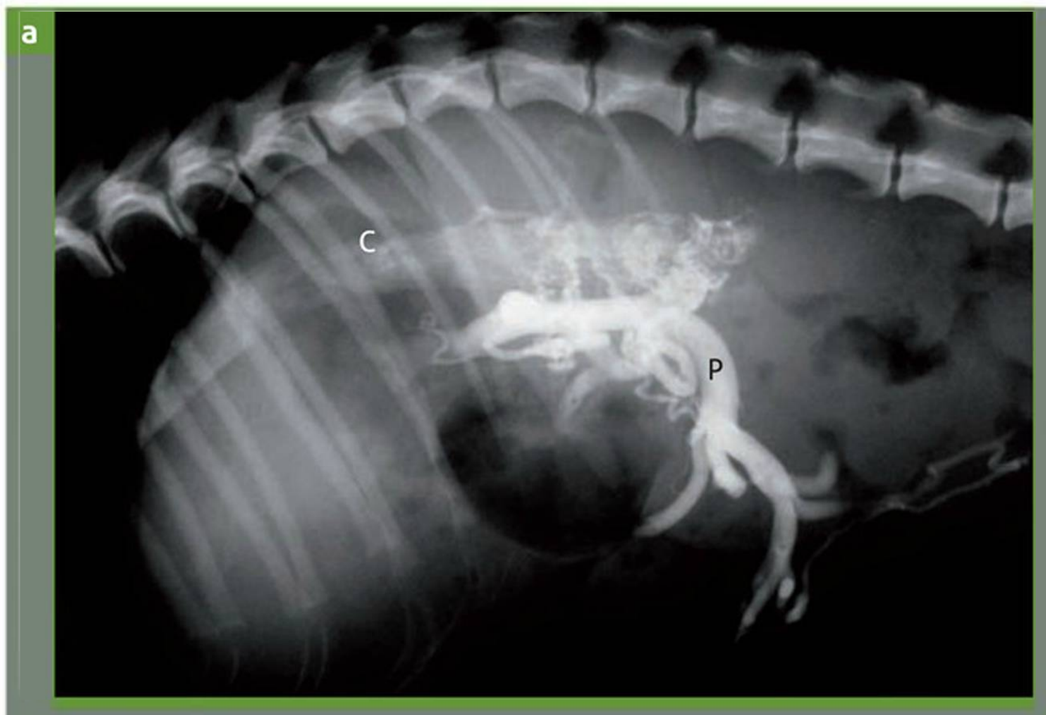
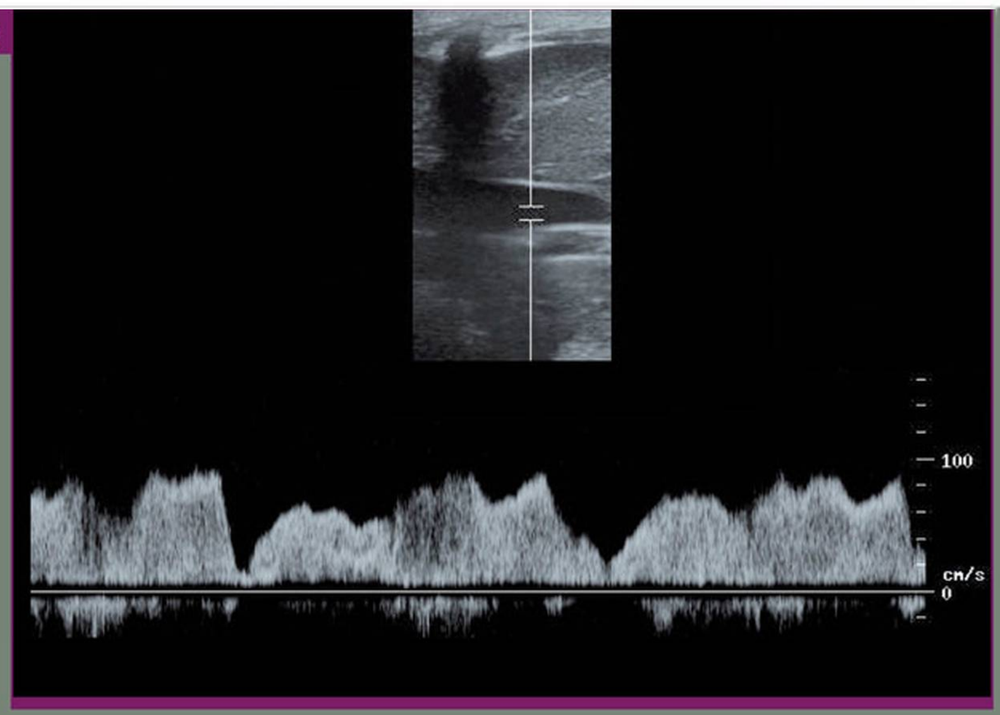


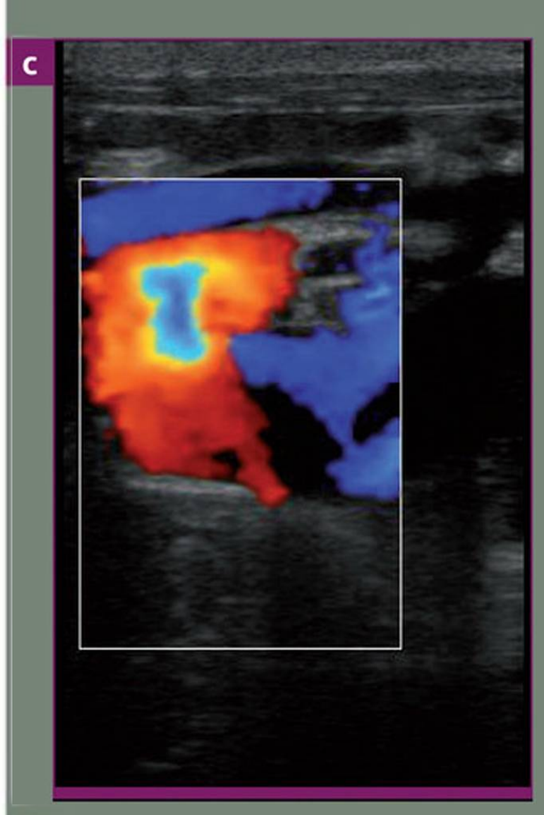
Figura 36. Estudio radiográfico del abdomen de un perro normal con disminución del tamaño hepático. Nótese como el volumen hepático (H) es mínimo y permite el desplazamiento craneal del eje gástrico (línea blanca, a). En la proyección ventrodorsal (b), el estómago (E), el bazo (B) y el colon transverso (C) se encuentran desplazados cranealmente debido al escaso volumen hepático existente.

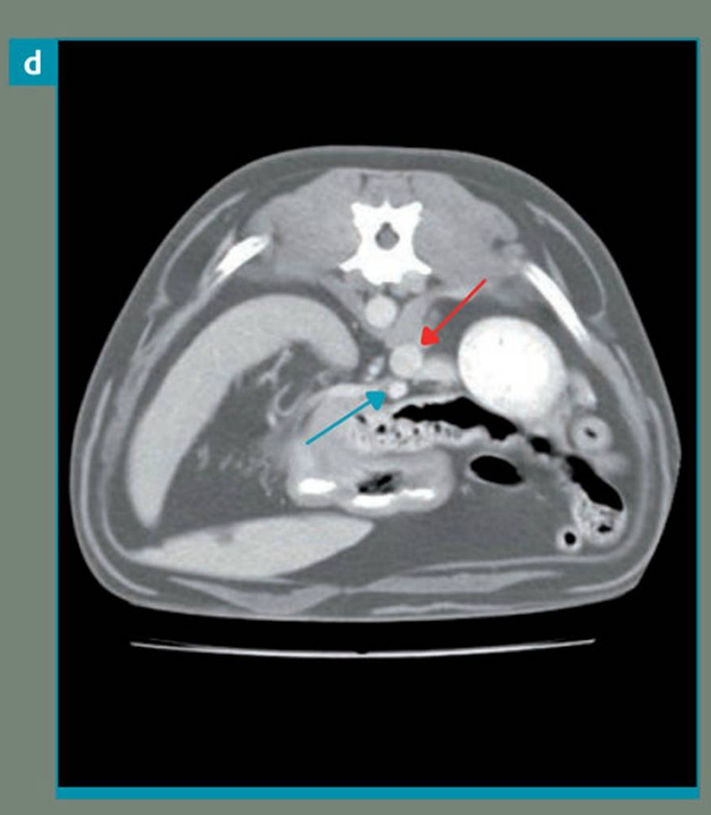
Tabla 4. Diagnóstico ecográfico diferencial de lesiones hepáticas según la ecogenicidad y los cambios en el tamaño del hígado.

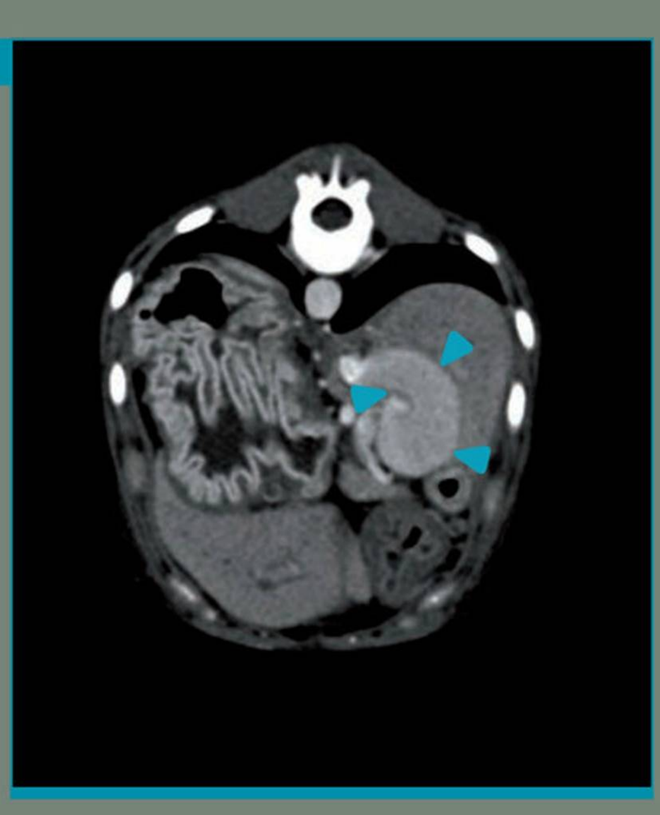
	Hepatomegalia	Disminución del tamaño hepático
Ecogenicidad alterada	☐ Congestión ☐ Linfoma ☐ Hepatitis ☐ Diabetes ☐ Cushing ☐ Lipidosis ☐ Neoplasias primarias/secundarias	☐ Fibrosis/cirrosis crónica
Ecogenicidad normal	☐ Inspiración forzada/dificultad respiratoria (ver estudio radiológico) ☐ Linfoma	☐ Hígado normal ☐ *Shunt* portosistémico ☐ Hernia diafragmática (ver estudio radiológico)











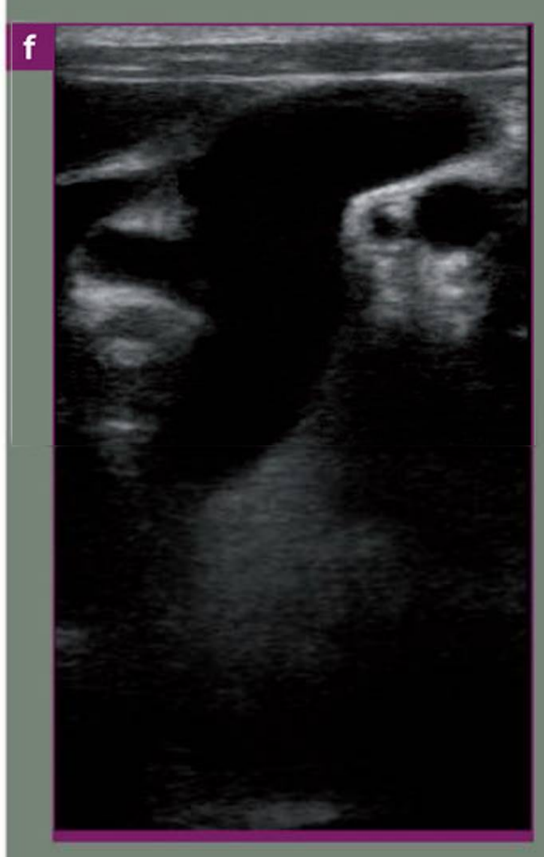


Figura 37. Diversas técnicas de apoyo en el diagnóstico del *shunt* portosistémico. En (a) se muestra una imagen lateral del abdomen tras una portografía mesentérica en un perro con múltiples *shunts* portosistémicos. Obsérvense los numerosos vasos anómalos de pequeño diámetro que conectan la vena porta (P) con la cava caudal (C) y el escaso flujo portal intrahepático. En (b) se muestra el perfil gráfico de flujo vascular dentro de la vena porta en un perro con un *shunt* portosistémico extrahepático. Obsérvese la alternancia en la velocidad del flujo en el tiempo, en contraste con el flujo típico estable de cualquier vaso venoso, lo que sugiere una alteración hemodinámica producida por una unión anómala vascular. En (c) observamos directamente un *shunt* portosistémico extrahepático mediante la señal Doppler color, que muestra una turbulencia (en código cromático: amarillo con centro azulado) dentro de un vaso que conecta la vena porta y la cava caudal transversalmente. En (d) se muestra una sección tomográfica transversal del abdomen de un perro a través de la L2, en el que se ha añadido contraste yodado por vía intravenosa para maximizar la visualización de los elementos vasculares. Nótese la relación anatómica entre la vena porta (flecha azul) y la vena cava caudal (flecha roja) a efectos de identificación de una unión vascular anómala. En (e) se observa una sección tomográfica del abdomen craneal de un perro a través de T13, en la que se muestra un *shunt* intrahepático de grandes dimensiones (puntas de flecha). Finalmente, en (f) puede verse una imagen ecográfica de un vaso ancho y sigmoideo en el centro del abdomen que no corresponde con ninguna estructura anatómica normal en ese punto.

Radiológicamente, los incrementos de la densidad en el parénquima hepático se deben a fenómenos de mineralización distrófica o a colelitiasis (fig. 38). Por el contrario, el descenso de la densidad radiológica en el hígado está asociado a acumulaciones de gas debido a la presencia de necrosis o abscesos (fig. 39).

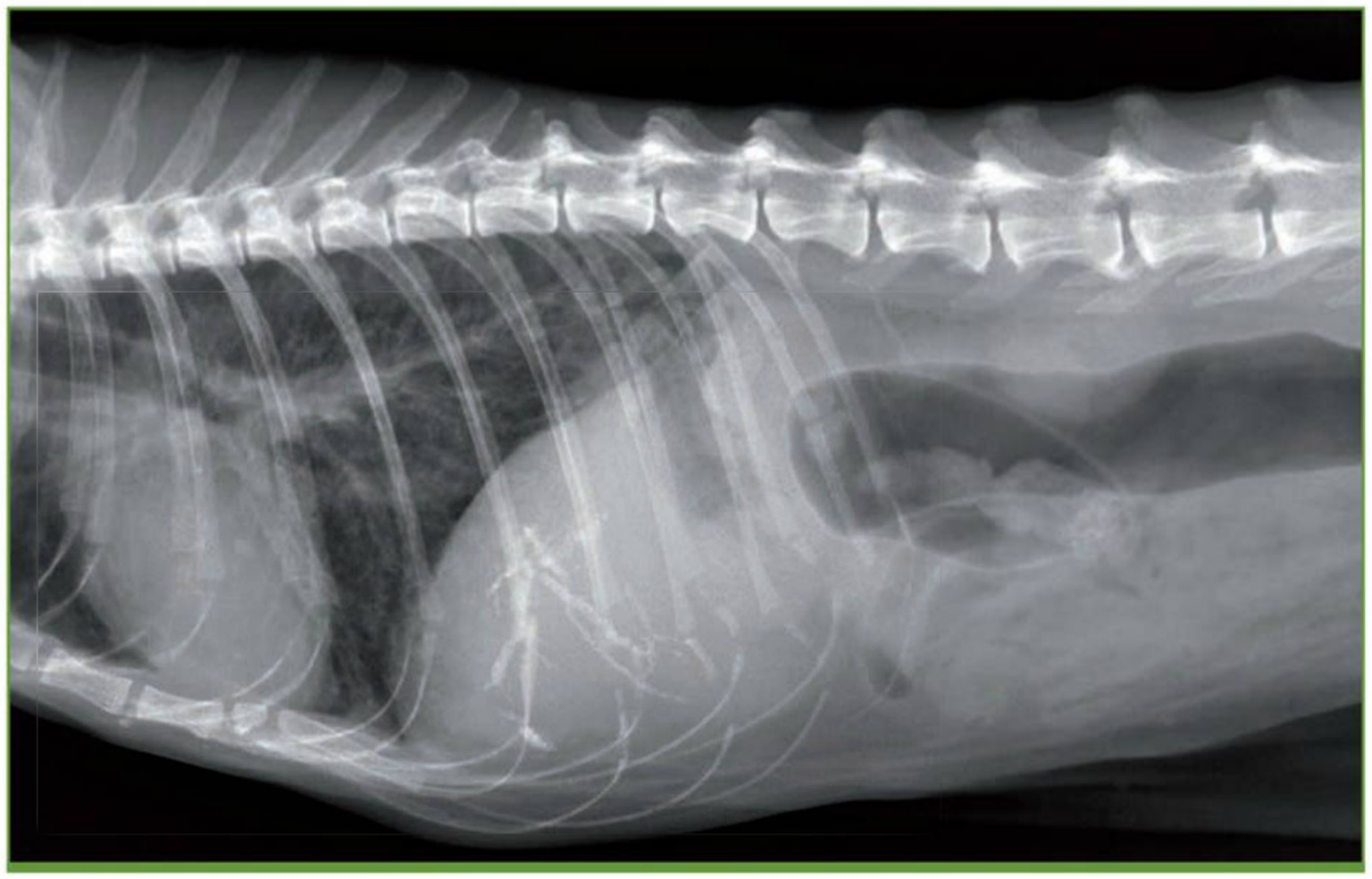
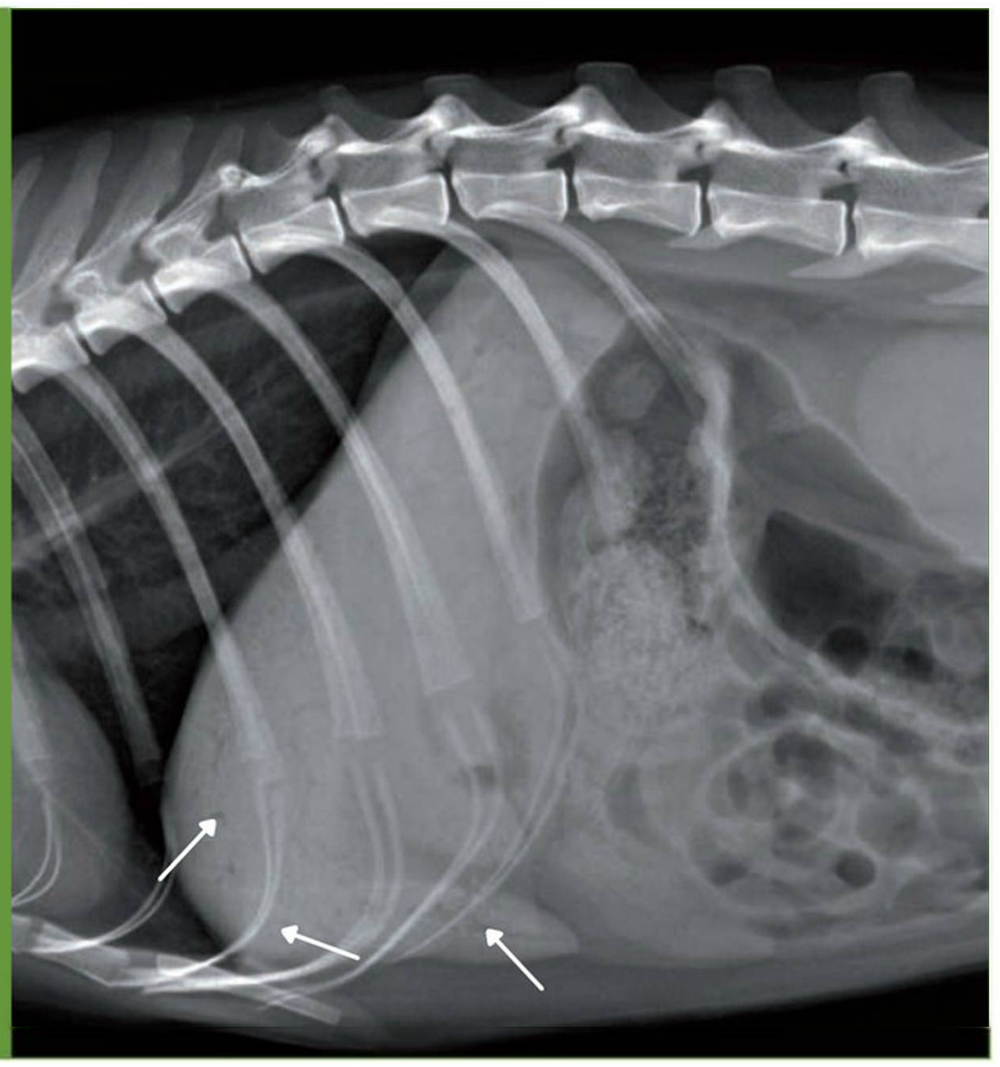


Figura 38. Cambios en la densidad radiográfica del hígado. Nótense las densidades minerales lineales en el parénquima, compatibles con una calcificación de los conductos biliares en este gato.

Figura 39. Cambios en la densidad radiográfica del hígado. Nótese la presencia de densidades lineales tipo gas dentro del parénquima que se demostraron intravasculares por ecografía. Esta alteración desapareció 24 horas después, con lo que se estableció un diagnóstico presuntivo de introducción iatrogénica de gas vía sanguínea.



El bazo

El bazo es un órgano plano y alargado que se sitúa en el lado izquierdo del abdomen. La cabeza esplénica se localiza en el aspecto craneodorsal del abdomen, mientras que su cola puede tener más movilidad. El bazo es un órgano de tamaño variable, cuyos márgenes lisos están bien definidos en la radiografía (figs. 1 y 2). Los gatos presentan proporcionalmente un bazo mucho más pequeño con respecto a los perros, siendo de difícil identificación radiográfica.

Esplenomegalia

El aumento de tamaño del bazo puede ser difuso o focal. La esplenomegalia generalizada se refiere al incremento uniforme de tamaño del bazo. En este caso, los bordes están redondeados, ocupando el órgano un volumen extra que desplaza las asas intestinales caudalmente. Por su parte, la causa más común de la esplenomegalia focal es una masa abdominal. En la tabla 5 se indican las distintas lesiones ecográficas del bazo en relación con la esplenomegalia.

Tabla 5. Diagnóstico ecográfico diferencial de lesiones esplénicas.

	Esplenomegalia difusa	Esplenomegalia focal
Hipoecoico	☐ Torsión	☐ Hemangiosarcoma ☐ Linfoma ☐ Metástasis ☐ Hiperplasia nodular ☐ Absceso ☐ Hematoma ☐ Quiste
Ecogenicidad normal	☐ Esplenitis infecciosa/parasitaria (leishmaniosis-ehrlichiosis) ☐ Enfermedad hemolítica ☐ Hematopoyesis extramedular ☐ Sedación/anestesia ☐ Linfoma	
Hiperecoico		☐ Mielolipoma ☐ Depósitos de hemosiderina ☐ Metástasis ☐ Hiperplasia nodular

Ecográficamente, y como se ha dicho con anterioridad, el parénquima esplénico es hiperecógeno con respecto al hígado o la corteza del riñón, con una textura homogénea y con el hilio longilíneo con varias venas visibles en su porción mesentérica (fig. 40). Puesto que el bazo es un órgano muy ecogénico, las lesiones esplénicas tienden habitualmente a disminuir la ecogenicidad del parénquima, habitualmente de manera focal o multifocal. Las lesiones esplénicas cavitadas de gran tamaño suelen están asociadas a neoplasias cavernosas como el hemangiosarcoma (fig. 41). Las lesiones focales múltiples de pequeño tamaño e hipoecoicas,

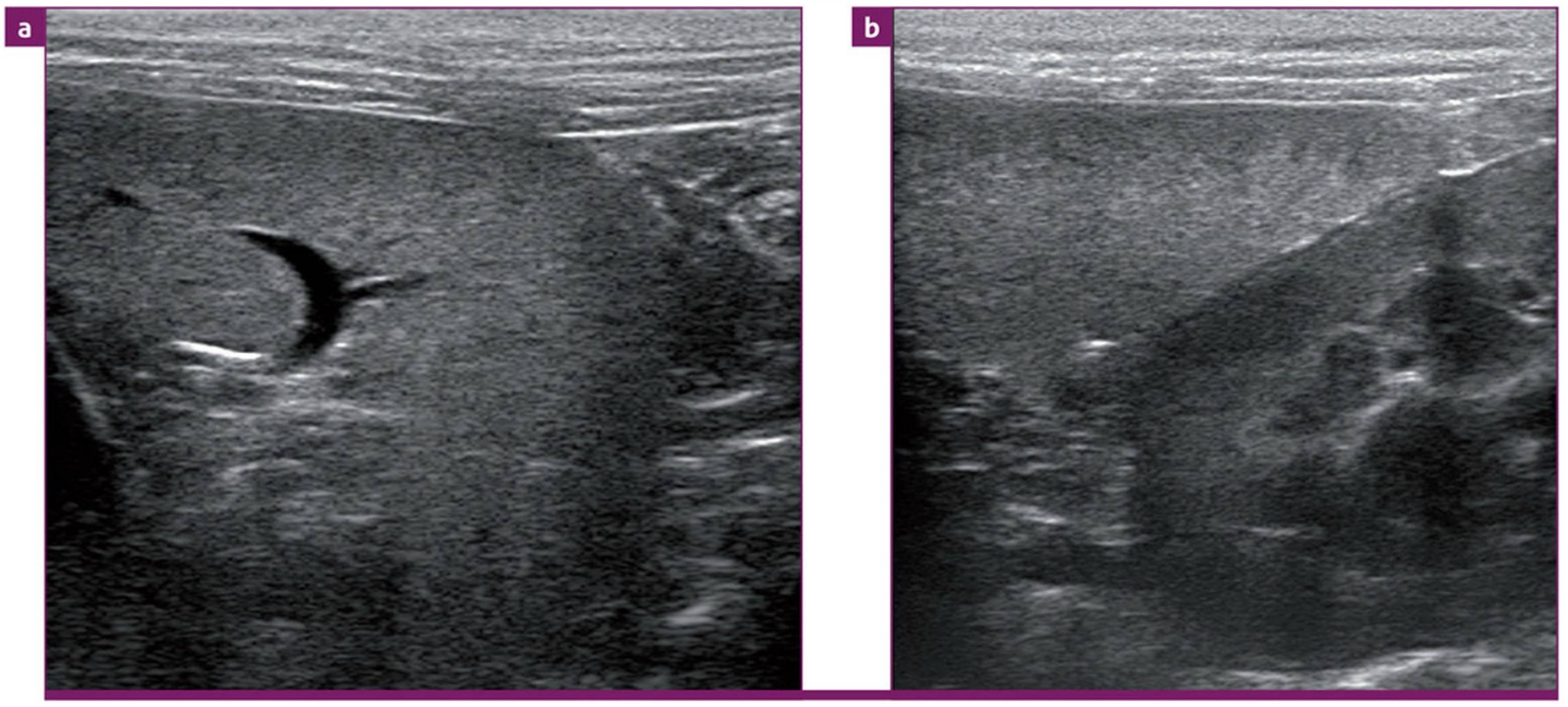
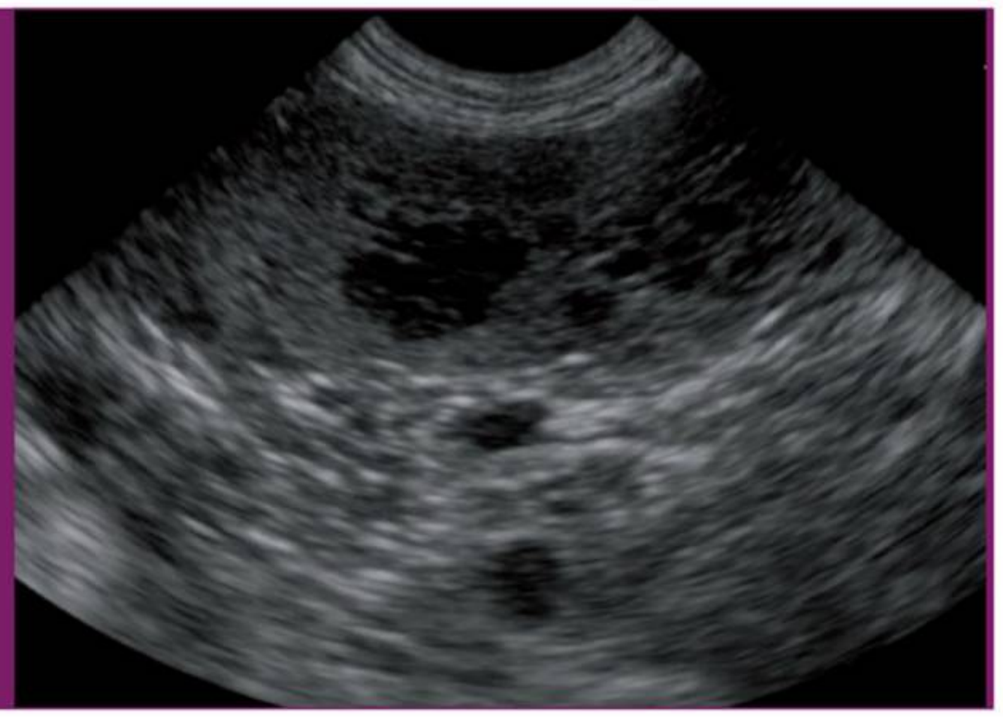


Figura 40. Imágenes ecográficas del bazo canino. Obsérvese la homogeneidad del parénquima que únicamente altera su textura por la presencia de las venas esplénicas existentes en un hilio de tipo longilíneo (a). La mayor ecogenicidad del bazo con respecto a la corteza del riñón izquierdo queda patente en la imagen (b).

Figura 41. Imagen ecográfica de una masa esplénica correspondiente histopatológicamente con un hemangiosarcoma. Nótese la desestructuración parenquimatosa (comparada con un bazo normal en la figura 40) y la heterogeneidad y cavitación existentes.



que dan un aspecto de órgano "comido por la polilla", suelen representar el patrón típico del linfoma. Además, y al igual que el hígado, el bazo también es asiento de lesiones metastásicas tipo "diana" (fig. 42). La torsión esplénica, aunque rara, presenta un patrón característico en tanto en cuanto el bazo incrementa su tamaño notablemente al tiempo que disminuye su ecogenicidad, haciéndose mucho más visible su porción reticular (fig. 43), acompañándose con frecuencia por un pequeño volumen de fluido libre en la cavidad abdominal.

Figura 42a. Imagen ecográfica de un bazo canino afectado por linfoma en el momento de la obtención de una muestra con aguja fina (puntas de flecha). Nótense los múltiples focos hipoecoicos distribuidos por el parénquima.

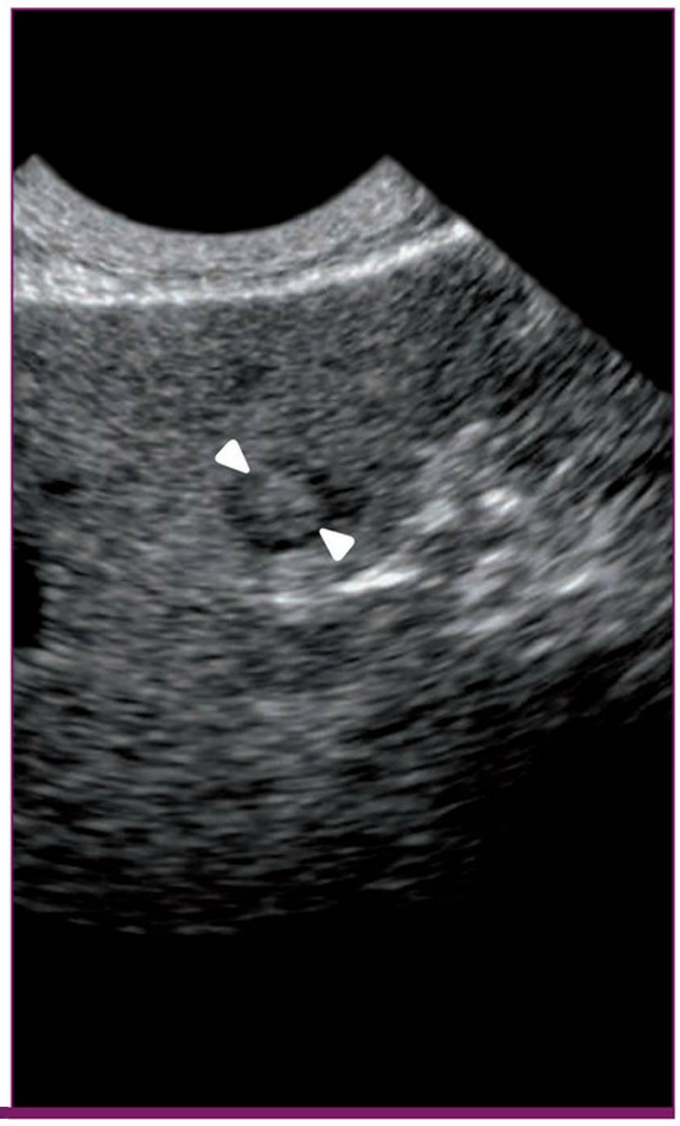


Figura 42b. Imagen ecográfica de la cabeza esplénica de un perro con un carcinoma hepático. Dentro del parénquima se observa una lesión redondeada tipo "diana" (puntas de flecha) con un centro ecogénico y una periferia hipoecoica. Esta lesión es compatible con una metástasis esplénica.

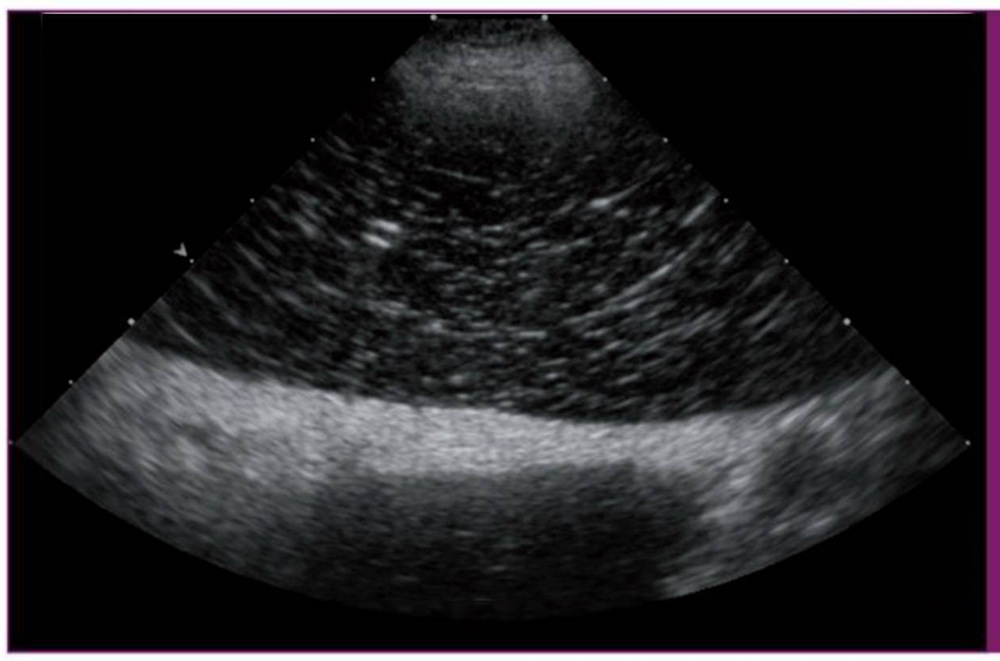


Figura 43. Imagen ecográfica de una torsión esplénica. El parénquima del bazo se torna muy hipoecógeno debido a la acumulación de sangre en el parénquima por dificultad en el retorno venoso. El estroma del órgano se evidencia por contraste como en forma de múltiples puntos miliares muy ecogénicos. A este patrón se le conoce como "cielo nocturno con estrellas".

El páncreas

El lóbulo pancreático derecho se localiza dorsomedialmente al duodeno descendente, mientras que el lóbulo izquierdo se dispone caudal al estómago, entre su curvatura mayor y el colon transverso. Radiológicamente, es invisible en condiciones normales o incluso cuando hay pancreatitis. Las masas que tienen su origen en el páncreas pueden originar una pérdida focal de contraste en las zonas referidas y desplazar duodeno, colon y asas intestinales siempre en función del tamaño que adquieran.

Ecográficamente, el páncreas normal es complicado de distinguir y habitualmente isoecoico respecto de la grasa mesentérica que lo rodea, con aproximadamente 1 cm de grosor (fig. 44). Se utiliza un abordaje ecográfico superficial con el animal colocado en decúbito lateral derecho, aplicando el transductor en el aspecto ventral del abdomen derecho muy cerca de la línea media. La pancreatitis presenta un patrón ecográfico característico por el cual el páncreas se torna hipoecoico a la vez que la grasa que lo rodea pasa a ser más ecogénica por la saponificación enzimática del mesenterio. El diámetro transverso del páncreas también aumenta, y frecuentemente encontramos pequeños paquetes de fluido en áreas adyacentes con una afección duodenal importante. El duodeno incrementa el grosor de su pared, transformando su superficie lisa en irregular (duodeno "corrugado"), signo de una irritación inflamatoria aguda (fig. 45).

Las neoplasias pancreáticas como el carcinoma son mucho más destructivas del parénquima y suelen presentar linfadenopatía asociada con más cantidad de fluido libre. Los insulinomas se presentan como nódulos solitarios redondeados e hipoecoicos, de en torno a 1 cm de diámetro, en el interior de la glándula. No se han descritos cambios ecográficos para el páncreas diabético.

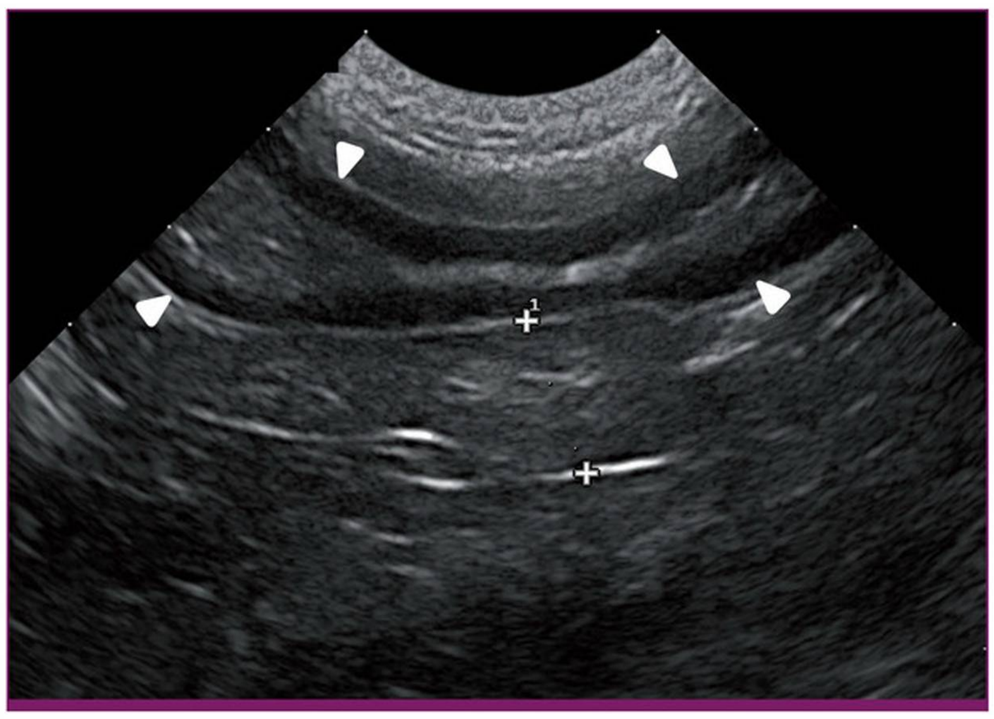


Figura 44. Imagen ecográfica de una sección sagital del lóbulo derecho de un páncreas normal en un abordaje derecho con el animal situado en el mismo decúbito lateral. El páncreas (entre +, 10 mm de grosor) se visualiza a lo largo del borde mesentérico del duodeno (entre puntas de flecha) y es isoecoico respecto de la grasa adyacente.

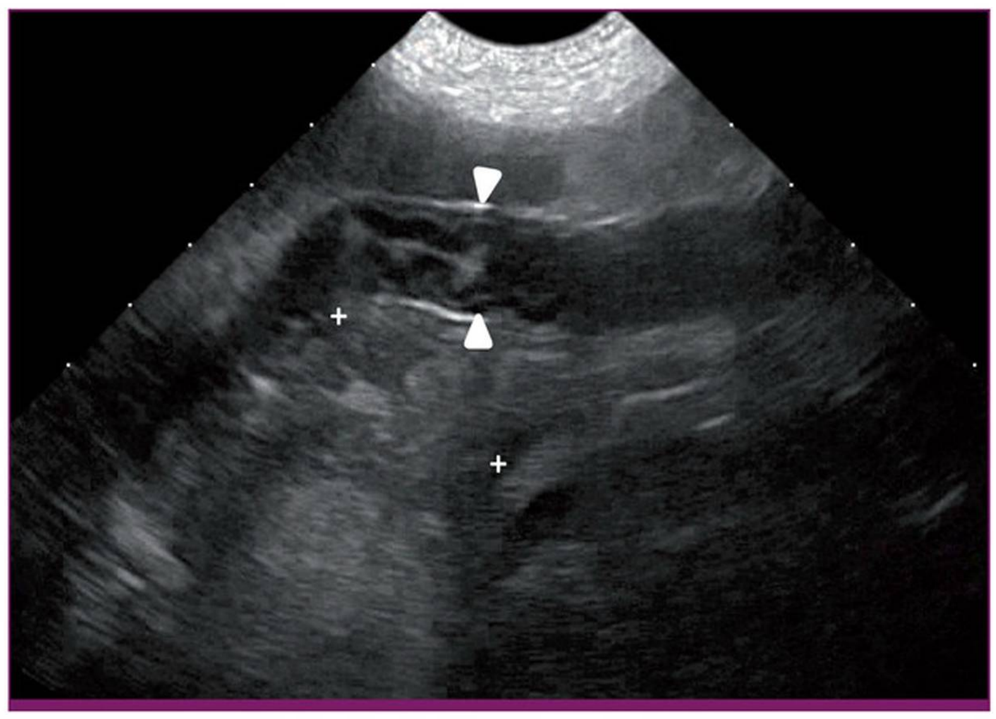


Figura 45. Imagen ecográfica del mismo abordaje utilizado para la figura 44. El páncreas (entre +, 18 mm) se encuentra engrosado e hipoecoico y desplaza el duodeno (entre puntas de flecha) hacia el aspecto lateral de la pared abdominal. La irregularidad –corrugación- de la pared duodenal es compatible con una irritación/duodenitis producto del vertido enzimático desde el páncreas.

El tracto gastrointestinal

Estómago

El estómago se sitúa caudalmente al hígado y cranealmente al bazo, con su eje longitudinal fúndico-pilórico ("eje gástrico") dispuesto perpendicularmente a la columna vertebral y paralelamente a los espacios intercostales (fig. 46). El estómago es una víscera de tamaño variable dependiendo del volumen de ingesta. Puede contener una mezcla de material granular, densidad tipo tejido blando (líquido) y gas en proporciones variables (figs. 46 y 47).

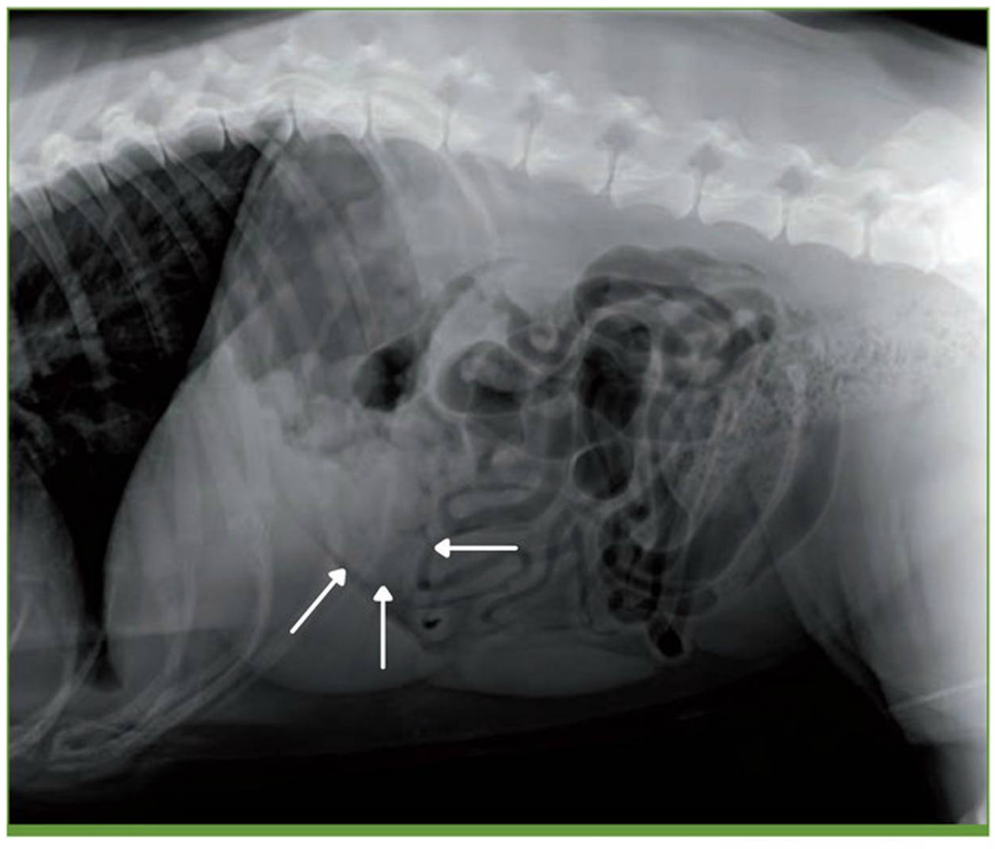


Figura 46. Imagen radiográfica lateral derecha del abdomen de un perro normal que ilustra cómo el eje gástrico fúndico-pilórico se dispone paralelamente a los espacios intercostales. El estómago presenta una densidad mixta líquido/gas en su interior, con el píloro relativamente vacío de contenido (flechas).

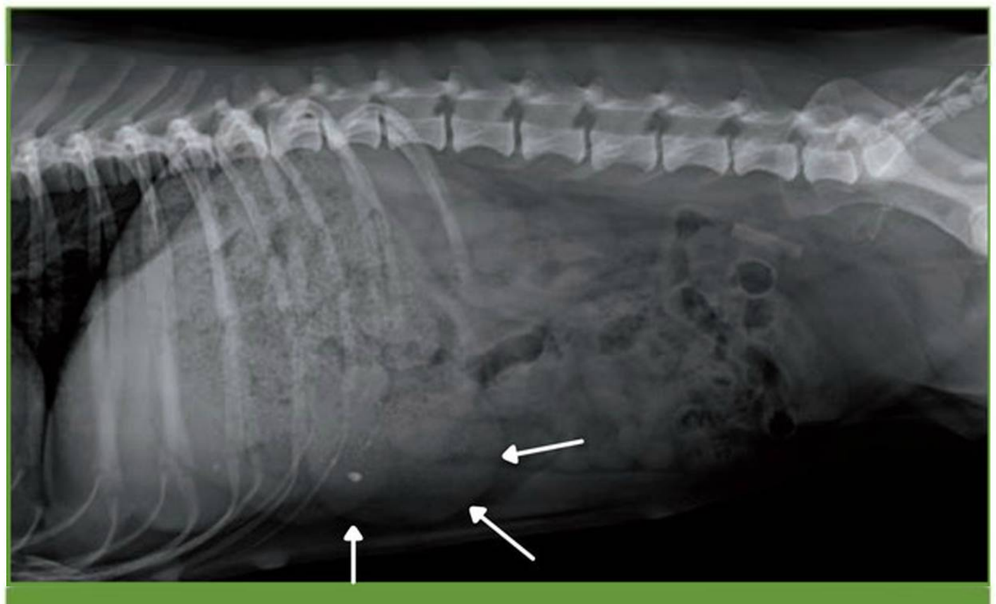


Figura 47. Imagen radiográfica lateral derecha del abdomen de un perro normal tras la ingestión de pienso. El estómago presenta una cierta distensión por el contenido ingerido. Su eje gástrico está inalterado por la ingesta y sigue paralelo a los espacios intercostales. El contenido gástrico es típicamente granular, con el píloro lleno de líquido (flechas).

Ciertas razas caninas de gran tamaño están predispuestas a una dilatación gástrica (fig. 48) que se asocia con ingestas muy copiosas. Si el grado de dilatación es muy grave el estómago gira sobre su propio eje y puede experimentar una torsión de entre 180 y 270º, con lo que el píloro se sitúa a la izquierda y dorsalmente al fundus, mientras que éste adopta una posición ventral. Los signos clínicos incluyen los vómitos agudos, la distensión abdominal y el colapso. La **torsión o vólvulo gástrico** se caracteriza radiológicamente por una imagen de compartimentación de la víscera (fig. 49). Hallazgos radiológicos secundarios son el íleo paralítico, el megaesófago y un retorno venoso pobre que ocasiona hipovolemia y microcardias. En ocasiones el bazo puede acompañar al estómago en su torsión, provocando una esplenomegalia muy grave por congestión venosa interna. Si una dilatación o torsión gástrica persiste durante mucho tiempo, se corre el riesgo de provocar necrosis parietal por déficit de oxigenación y posterior rotura gástrica (fig. 50).

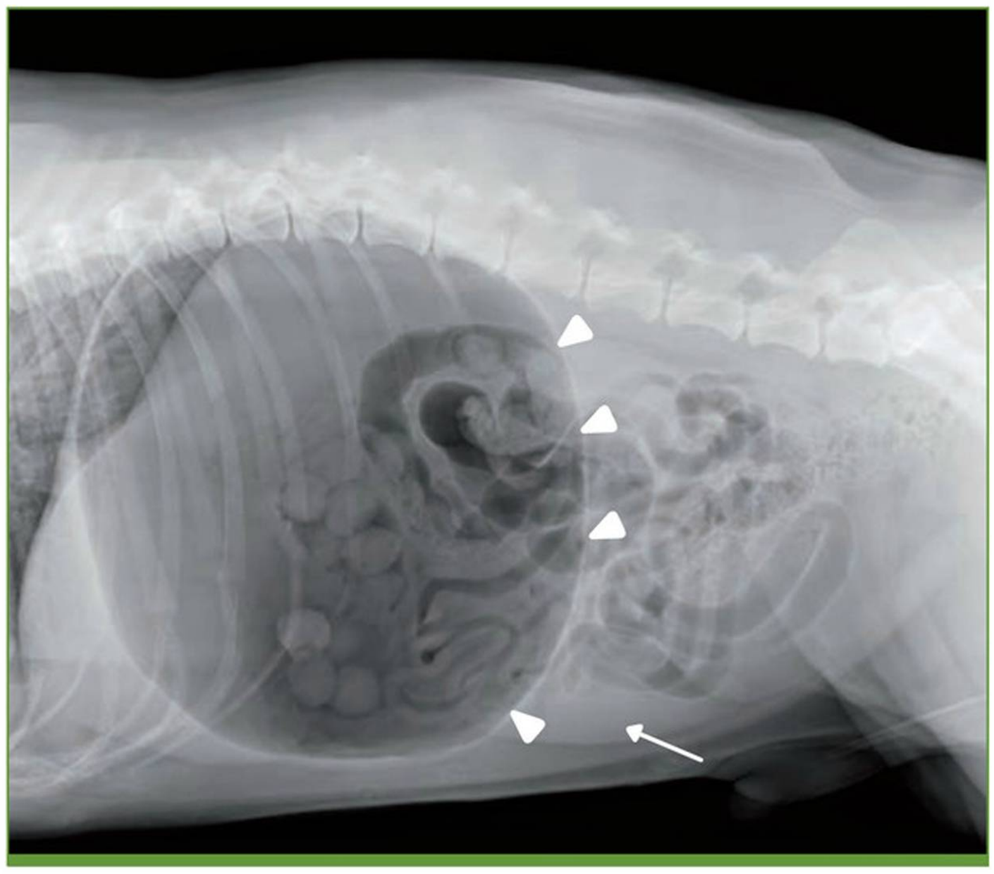


Figura 48. Imagen radiográfica lateral derecha del abdomen de un perro con dilatación gástrica. El estómago se encuentra predominantemente lleno de aire y extiende su cara mesentérica (puntas de flecha) hasta el abdomen medio, desplazando el bazo caudalmente (flecha blanca).

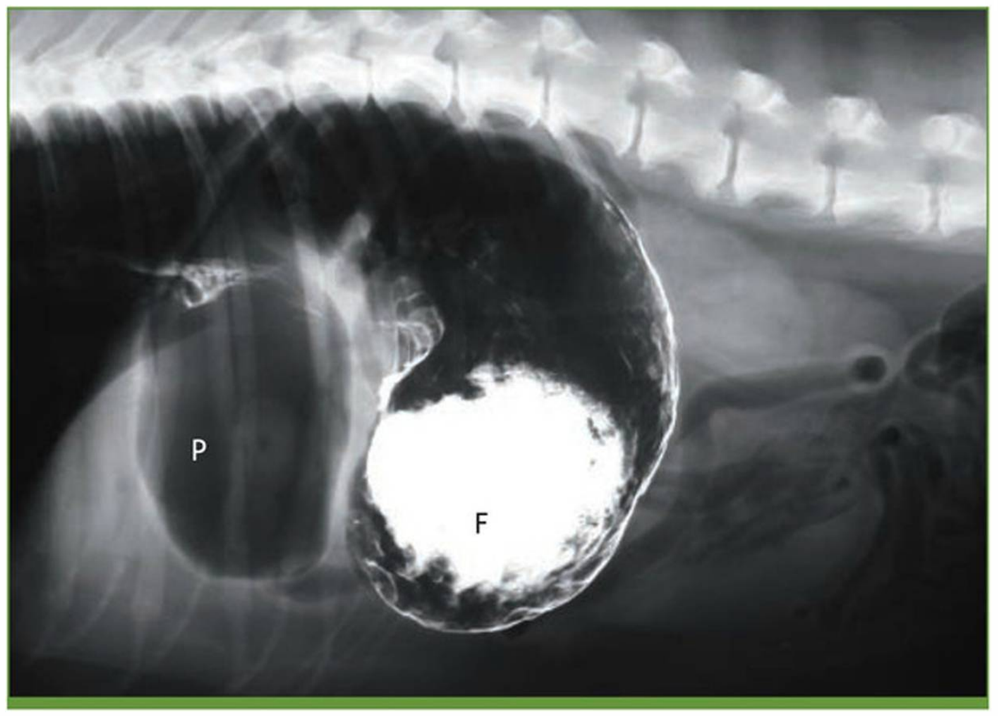


Figura 49. Imagen radiográfica lateral derecha del abdomen de un perro con grave dilatación y torsión gástrica. Se ha administrado un contraste radiográfico positivo vía oral para verificar la integridad de la víscera. El estómago se encuentra invertido después de rotar sobre su propio eje unos 180º respecto de su posición anatómica normal, produciéndose el típico signo de compartimentación bicameral –morfología de "guante de boxeo"-. Como consecuencia, el píloro aparece situado dorsal y craneal mente (P) respecto al fundus (F) que se orienta en posición ventral.

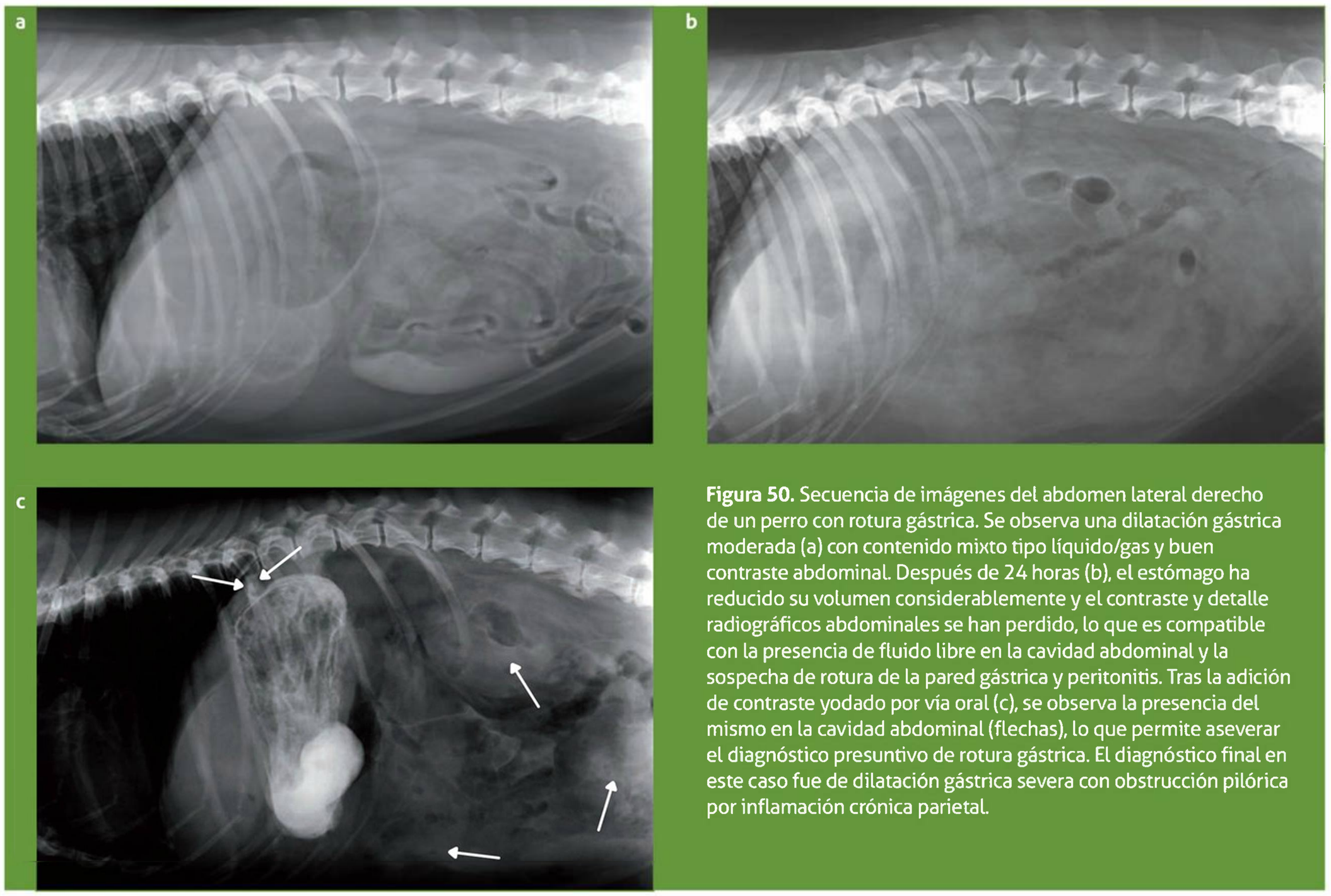


Figura 50. Secuencia de imágenes del abdomen lateral derecho de un perro con rotura gástrica. Se observa una dilatación gástrica moderada (a) con contenido mixto tipo líquido/gas y buen contraste abdominal. Después de 24 horas (b), el estómago ha reducido su volumen considerablemente y el contraste y detalle radiográficos abdominales se han perdido, lo que es compatible con la presencia de fluido libre en la cavidad abdominal y la sospecha de rotura de la pared gástrica y peritonitis. Tras la adición de contraste yodado por vía oral (c), se observa la presencia del mismo en la cavidad abdominal (flechas), lo que permite aseverar el diagnóstico presuntivo de rotura gástrica. El diagnóstico final en este caso fue de dilatación gástrica severa con obstrucción pilórica por inflamación crónica parietal.

Estudios de contraste

La utilización de los contrastes gastrointestinales por vía oral (sulfato de bario, 10 ml/kg) está cada vez más en desuso ya que la ecografía permite evaluar la pared del tracto gastrointestinal y su contenido de manera más precisa y rápida. Sin embargo, los contrastes orales pueden ayudar a localizar un determinado segmento gastrointestinal, a examinar la velocidad de tránsito o a verificar una rotura (fig. 50c). La utilización de bario está contraindicada ante una sospecha de rotura gastrointestinal. La salida a la cavidad abdominal de la sal de bario y su contacto con el peritoneo provocaría una reacción inflamatoria grave, por lo que en estos casos se aconseja el uso de los contrastes yodados (iohexol, 5 ml/kg).

Si no se dispone de un ecógrafo para la evaluación del tracto gastrointestinal, puede, no obstante, realizarse un tránsito con contraste. En ese caso puede añadirse, una cierta cantidad de aire para obtener un contraste radiográfico mayor en la evaluación parietal del estómago –gastrografía de doble contraste– realizando cuatro proyecciones iniciales (lateral derecha e izquierda, ventrodorsal y dorsoventral) para visualizar las paredes internas del estómago. A continuación, se realizan estudios abdominales estándar (lateral derecha y ventrodorsal) cada 30 minutos o hasta que el contraste llegue al colon descendente. El vaciado gástrico sucede inmediatamente después de la administración del contraste, el cuál discurre como una columna homogénea a lo largo del intestino. El tiempo normal de tránsito por el intestino delgado es variable, pero en general antes de 3 horas el contraste alcanza el colon (figs. 51 y 52). Con los estudios de contraste digestivo es posible evaluar deformidades parietales, obstrucciones, úlceras, perforaciones o presencia de cuerpos extraños en el estómago u otros segmentos del intestino (figs. 53, 54 y 55).

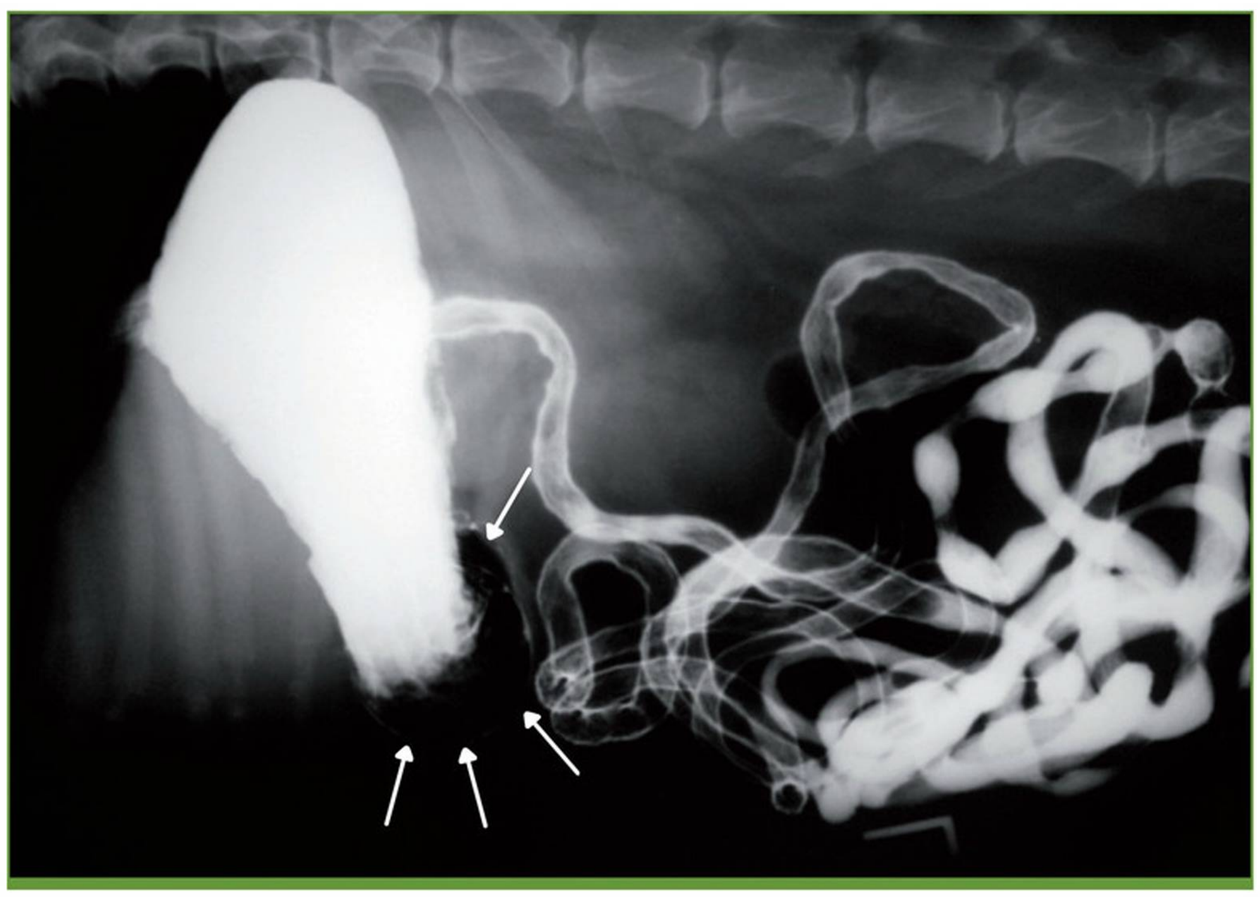


Figura 51. Imagen radiográfica lateral izquierda del abdomen de un perro tomada inmediatamente tras la administración de 10 mg/kg de sulfato de bario por vía oral. Obsérvese como el vaciamiento gástrico ha empezado inmediatamente y ya se observa el contraste en el intestino delgado. El píloro (flechas) se observa lleno de aire dada su localización dorsal en esta posición.

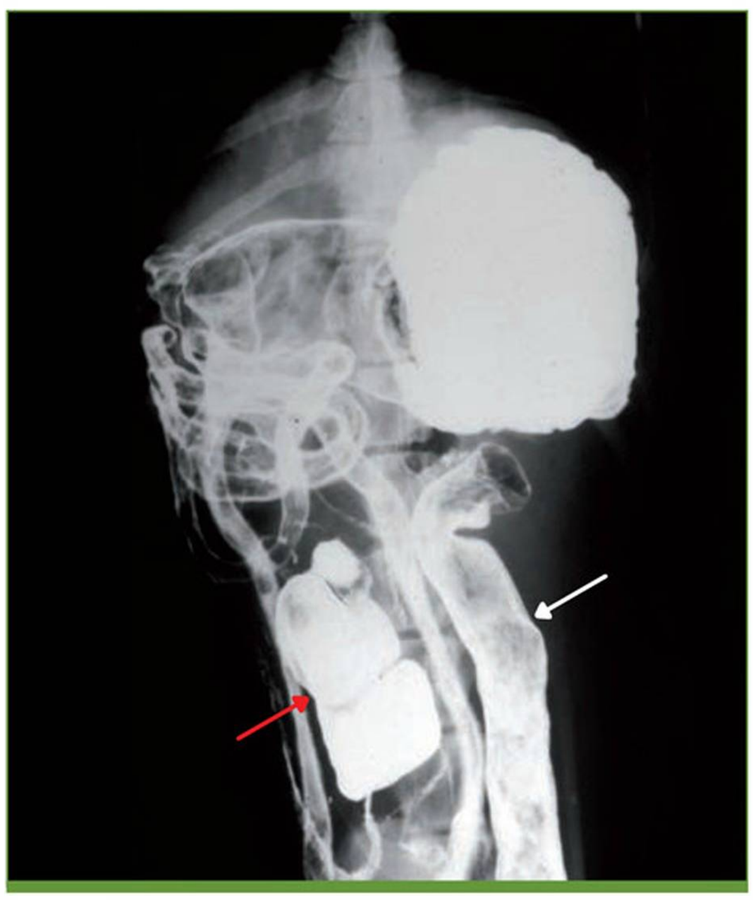


Figura 52. Imagen radiográfica ventrodorsal del abdomen de un perro tomada 2,5 horas después de la administración de 10 mg/kg de sulfato de bario por vía oral. Obsérvese como el contraste ha alcanzado el ciego (flecha roja) y el colon descendente (flecha blanca). Nótese que el vaciamiento gástrico no ha terminado todavía.

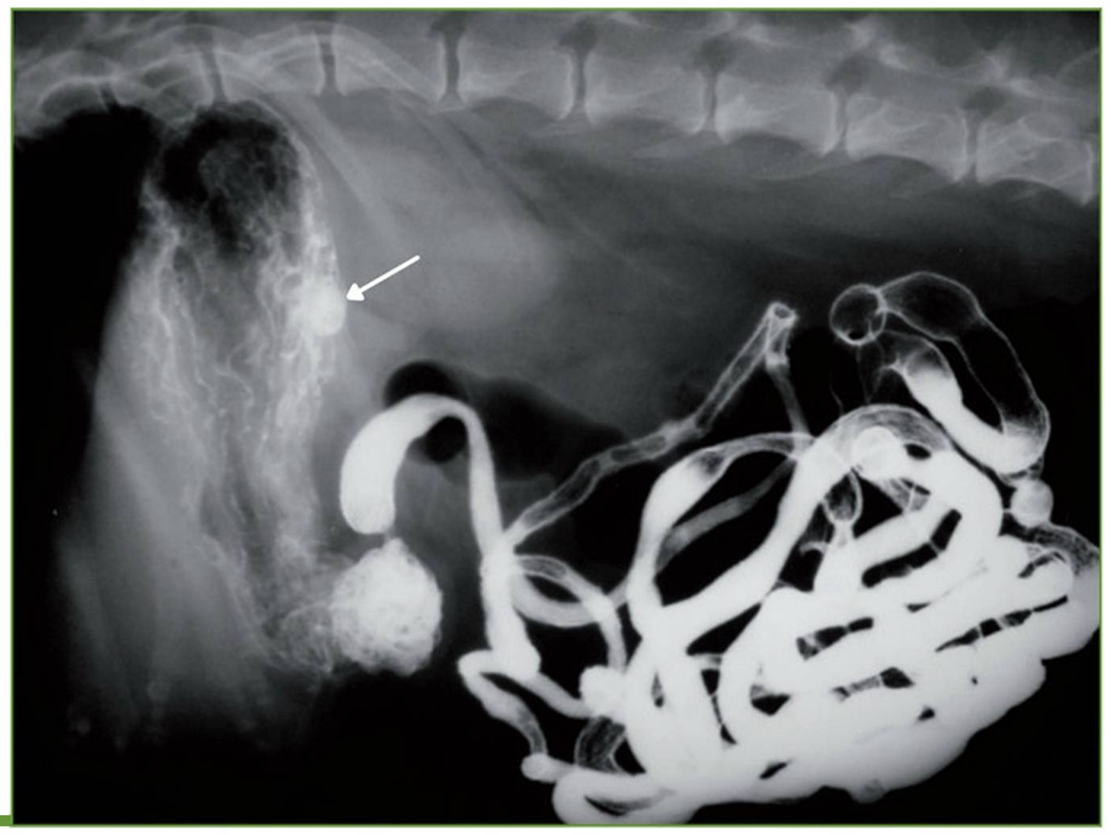


Figura 53. Imagen radiográfica lateral del abdomen tomada a las 3 horas de la administración de 10 mg/kg de sulfato de bario por vía oral, en la que se observa una persistencia focal de llenado de contraste en el aspecto caudal del fundus (flecha). Este hallazgo es compatible con una erosión o úlcera gástrica a este nivel.

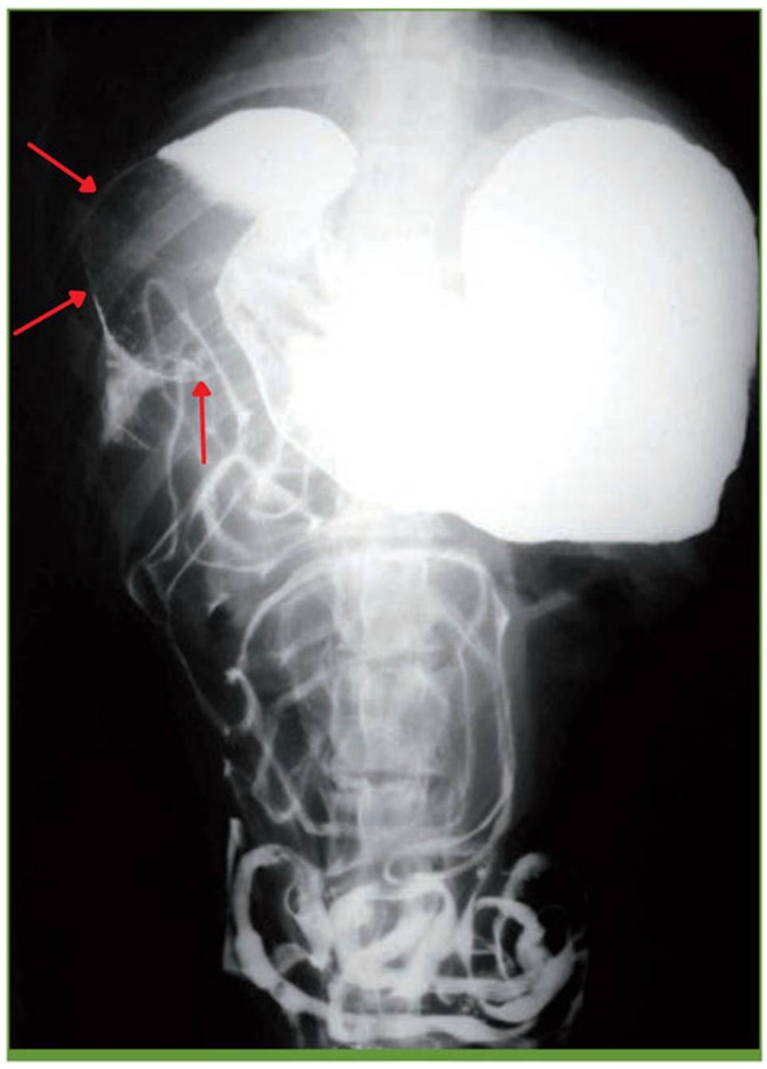


Figura 54. Imagen radiográfica ventrodorsal del abdomen de un perro tomada 45 minutos después de la administración de 10 mg/kg de sulfato de bario por vía oral. Obsérvese como el vaciamiento gástrico está retrasado –apenas hay contraste en las asas intestinales-. En el aspecto craneal del duodeno descendente el contraste perfila la presencia de un cuerpo extraño de naturaleza radiolúcida (flechas) y de morfología redondeada que provoca una obstrucción intestinal parcial. En la cirugía se verificó la presencia en duodeno de una pelota antiestrés de goma blanda.

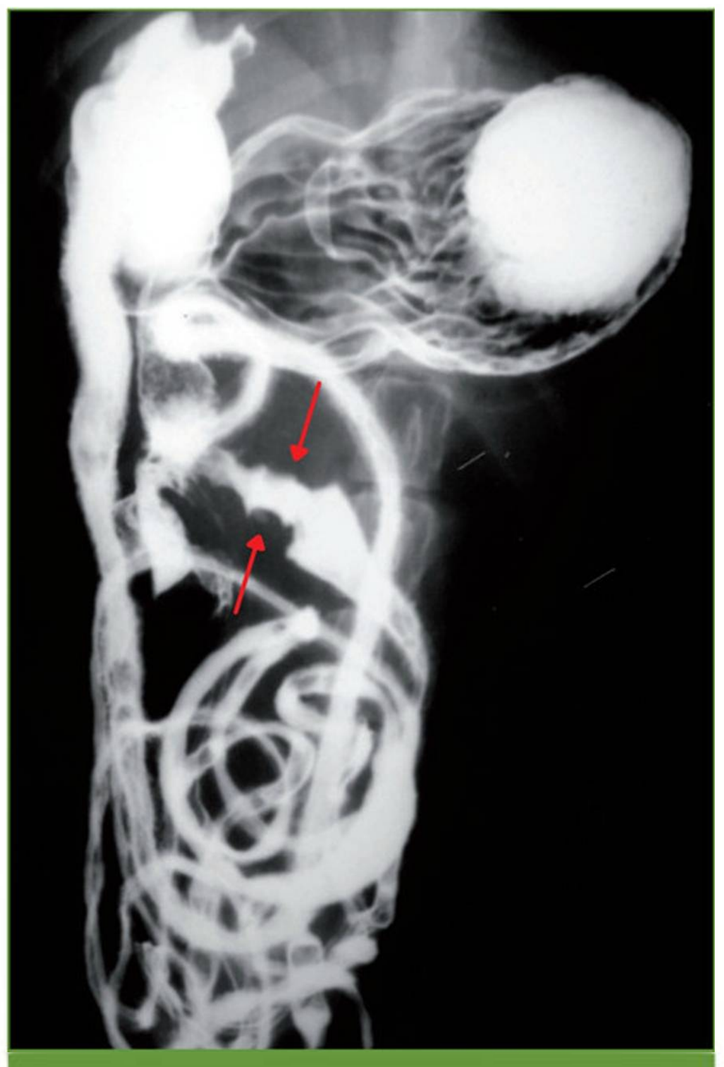


Figura 55. Imagen radiográfica ventrodorsal del abdomen de un perro tomada a la hora de la administración de 10 mg/kg de sulfato de bario por vía oral. Nótese el defecto de llenado en un segmento solitario de intestino delgado (flechas). El diagnóstico histopatológico fue de linfoma intestinal.

Al contrario que la radiología convencional, la ecografía del tracto gastrointestinal permite examinar la pared del tracto gastrointestinal sin necesidad de añadir un contraste externo ya que los ultrasonidos son capaces de discriminar entre el tejido blando parietal y el contenido gastrointestinal (figs. 56 a 58).

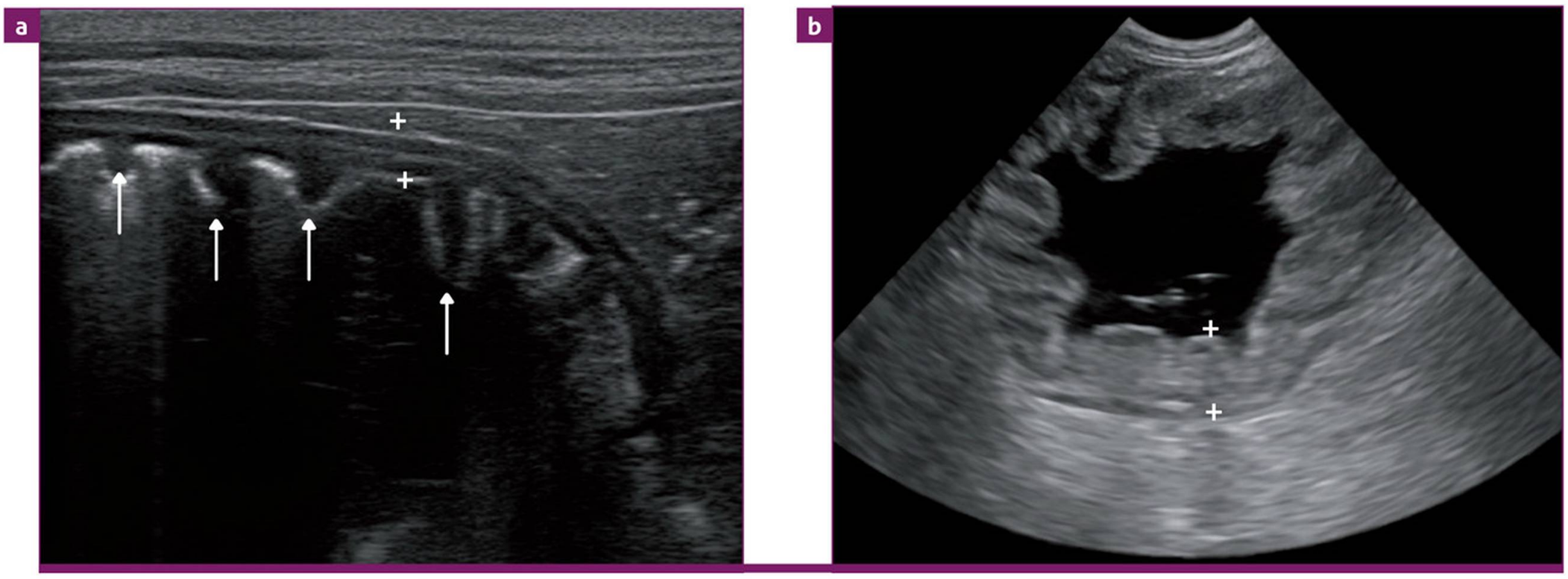


Figura 56. Imágenes ecográficas de la pared gástrica correspondientes a un estómago normal (a) y a una gastritis crónica (b). Obsérvese el patrón multicapa de ecogenicidad alternante y correspondencia histológica (serosa, muscular, submucosa, mucosa y superficie mucosa) de la pared normal (entre +, en a). Los pliegues de la pared son visibles (flechas). La pared gástrica inflamada se torna más ecógena y gruesa (entre +, en b), con un menor reconocimiento del patrón multicapa.

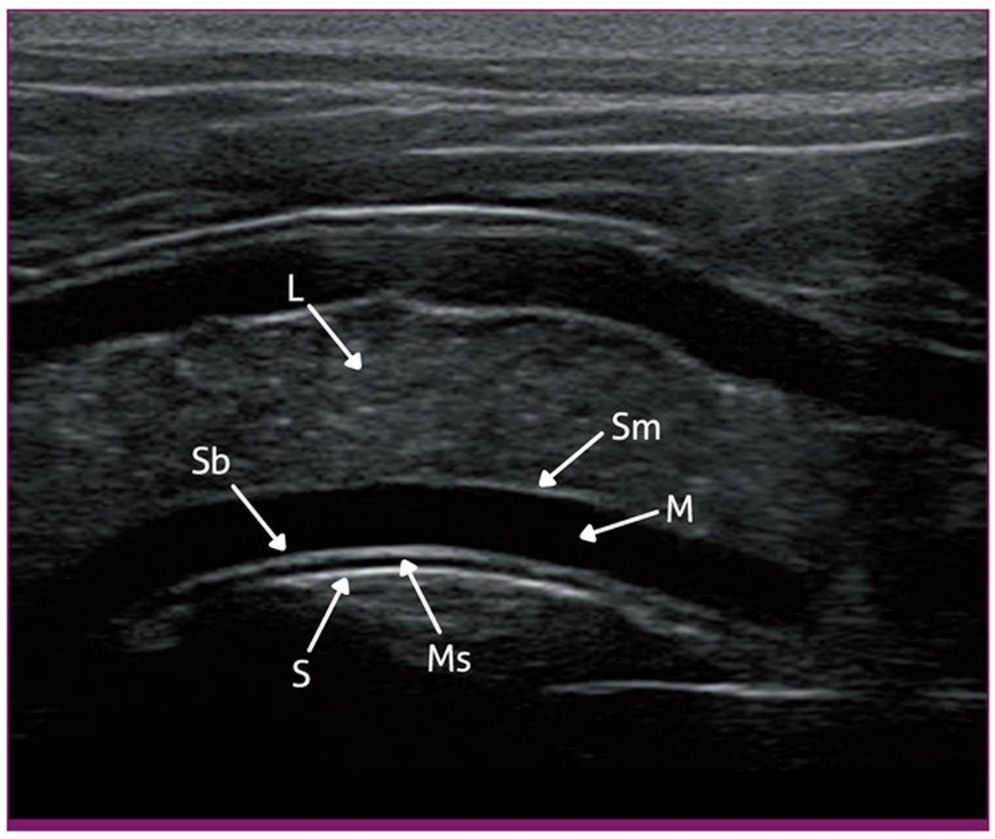


Figura 57. Imagen ecográfica en sección sagital del duodeno normal en un perro. Al igual que en la pared gástrica (fig. 56a), se observa el patrón multicapa de ecogenicidad alternante. S: serosa, Ms: muscular, Sb: submucosa, M: mucosa, Sm: superficie mucosa, L: luz intestinal con contenido en suspensión. El grosor de la pared duodenal normal en el perro se sitúa entre 3 y 6 mm.

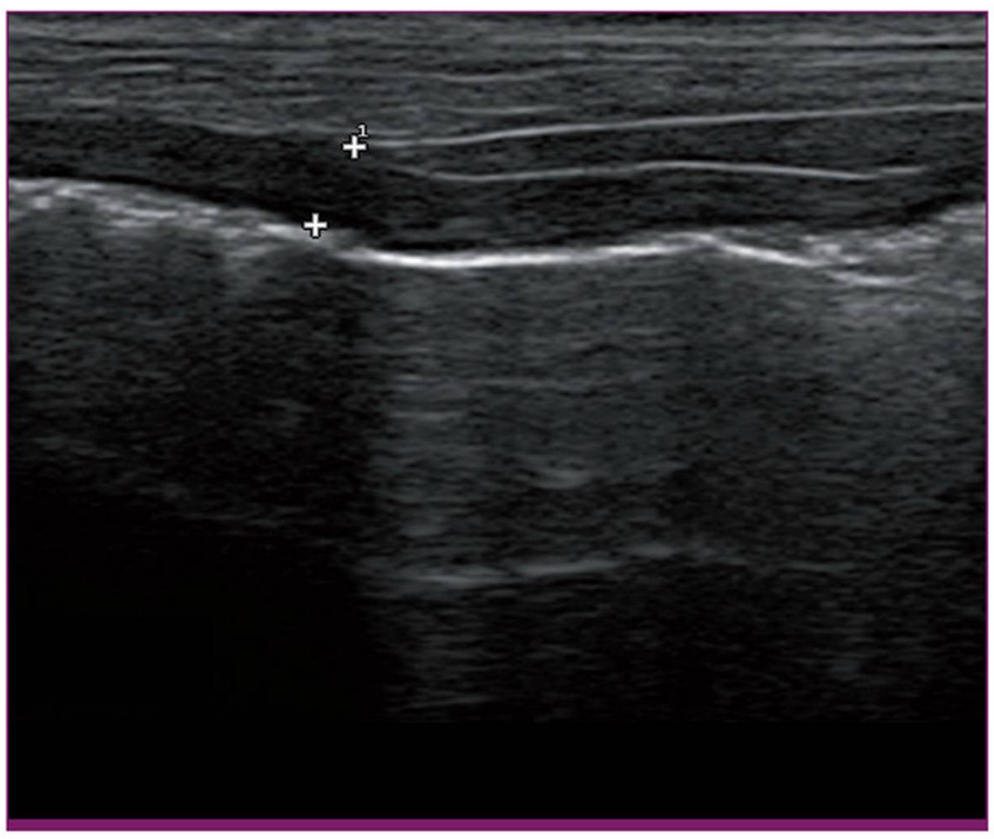


Figura 58. Imagen ecográfica de alta resolución (13 MHz) en sección sagital de la pared normal en el colon descendente de un perro. En el intestino grueso la pared es de menor grosor que en el resto del tracto gastrointestinal, con unas dimensiones relativas entre las capas distintas a las del intestino delgado y el estómago. Nótese que la porción muscular aparece más gruesa que la mucosa. El grosor normal del colon en el perro se sitúa entre 3 y 4 mm.

Intestino delgado

Duodeno, yeyuno e íleon aparecen en las radiografías en vacío con un patrón mixto líquido/gas, siendo anormal la presencia de material granular en su interior. El tamaño normal de un asa intestinal se compara con el tamaño de L4, siendo el diámetro intestinal normal menos de dos veces del grosor del cuerpo de esta vértebra. En situaciones de íleo (distensión intestinal) como consecuencia de un proceso obstructivo (p. ej.: cuerpo extraño) o funcional (p. ej.: dilatación gástrica), el diámetro de las asas intestinales delgadas aumenta, pudiendo formarse apilamientos o imágenes en horquilla (fig. 59). Los cuerpos extraños de morfología lineal (cuerdas, calcetines, medias, hilos dentales, etc.) provocan una obstrucción no total sino parcial del tránsito, lo que origina un patrón intestinal típico con plegamiento "en acordeón" de las asas intestinales y aparición de burbujas de gas en forma de "coma" (fig. 60). Este tipo de elementos lineales suelen ser muy lesivos para la mucosa intestinal, con riesgo de perforación y peritonitis si no se diagnostica a tiempo. La ecografía es de gran valor diagnóstico para identificar obstrucciones intestinales totales o parciales, así como para evaluar lesiones infiltrativas parietales en el tracto gastrointestinal (figs. 61 y 62).

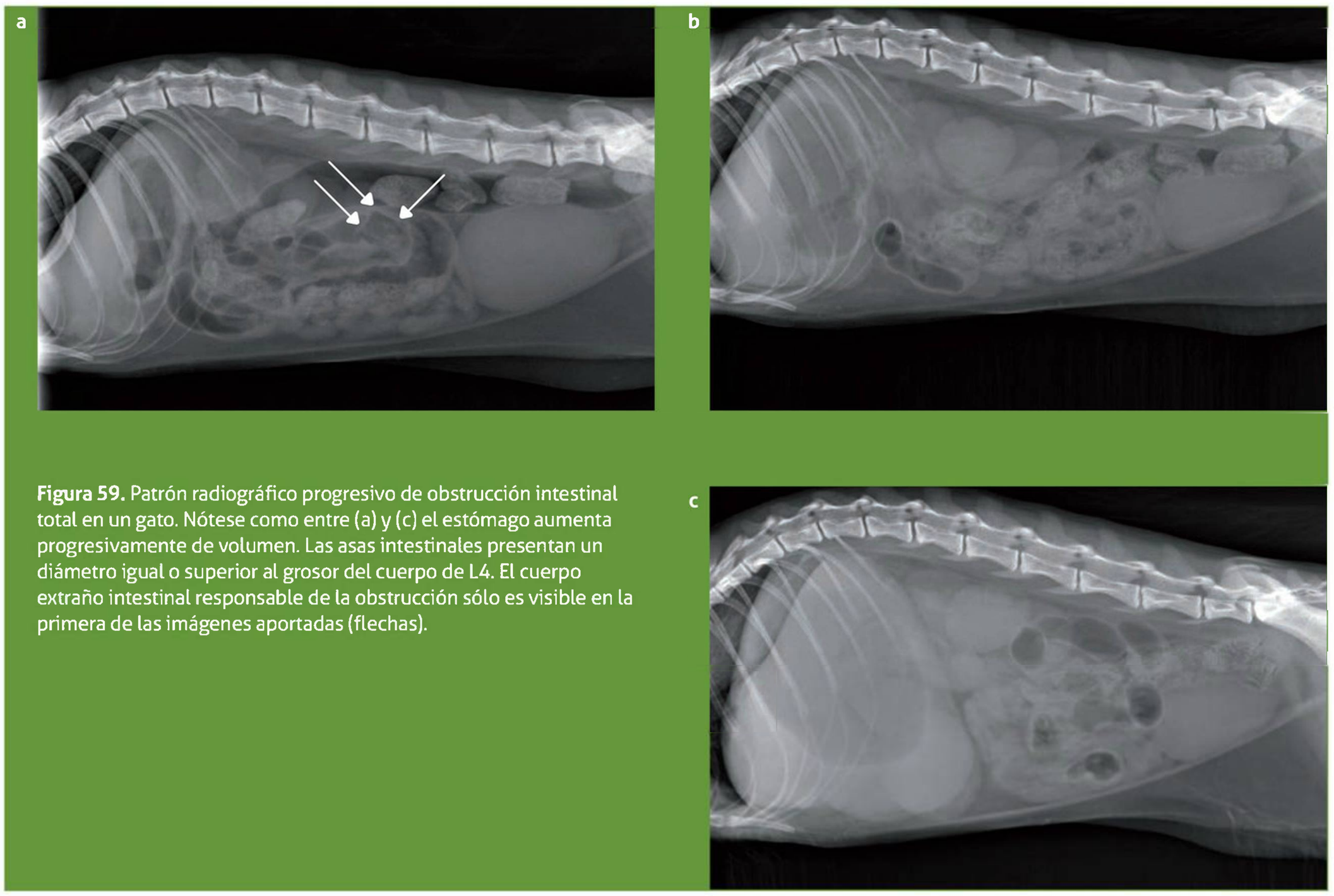


Figura 59. Patrón radiográfico progresivo de obstrucción intestinal total en un gato. Nótese como entre (a) y (c) el estómago aumenta progresivamente de volumen. Las asas intestinales presentan un diámetro igual o superior al grosor del cuerpo de L4. El cuerpo extraño intestinal responsable de la obstrucción sólo es visible en la primera de las imágenes aportadas (flechas).

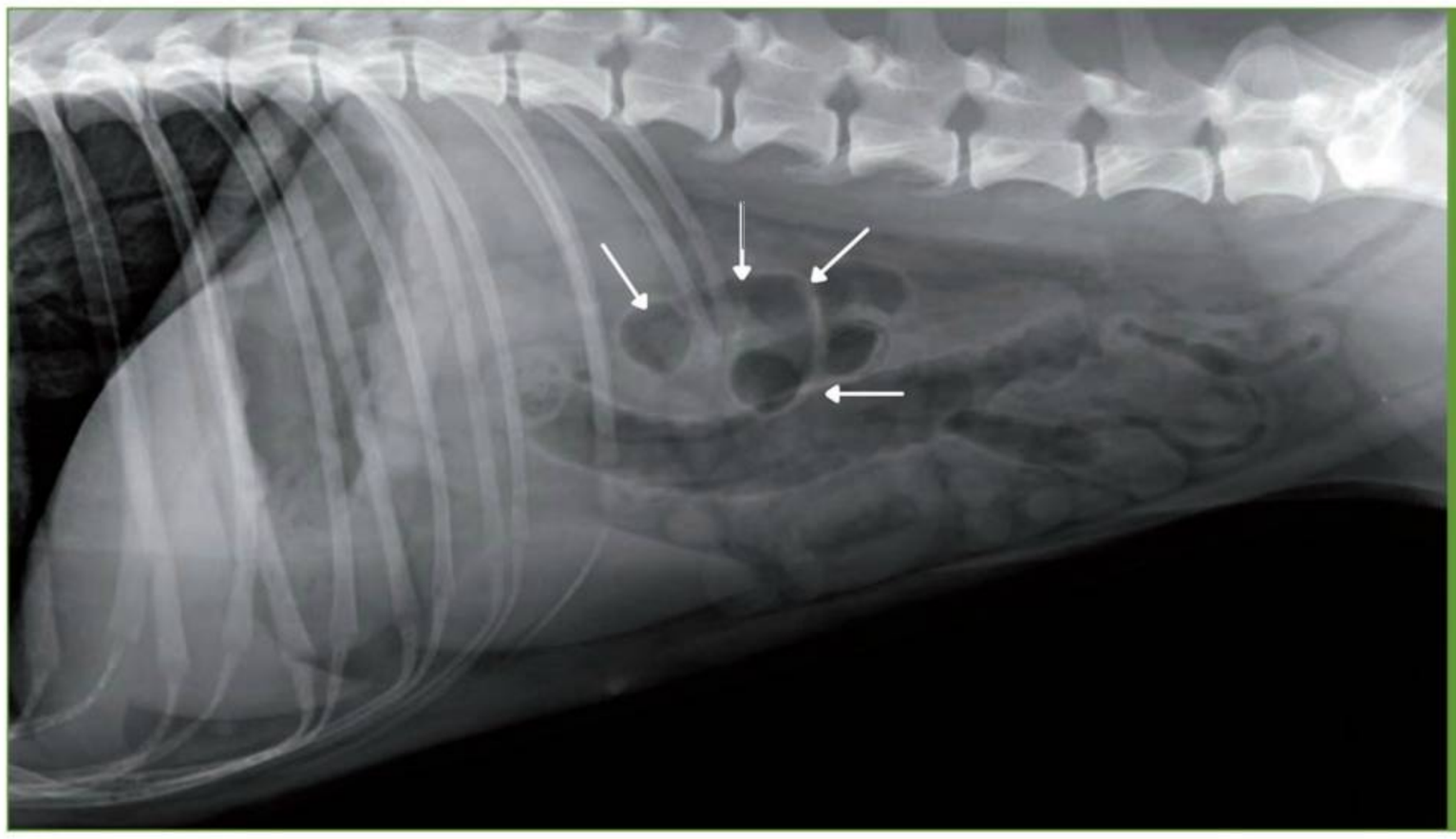


Figura 60. Patrón radiográfico obstructivo parcial en un perro. Existe una disposición en forma de "coma" de algunos tramos intestinales (flechas), sin un incremento ostensible de su diámetro. Estos hallazgos son compatibles con la presencia de un cuerpo extraño lineal.

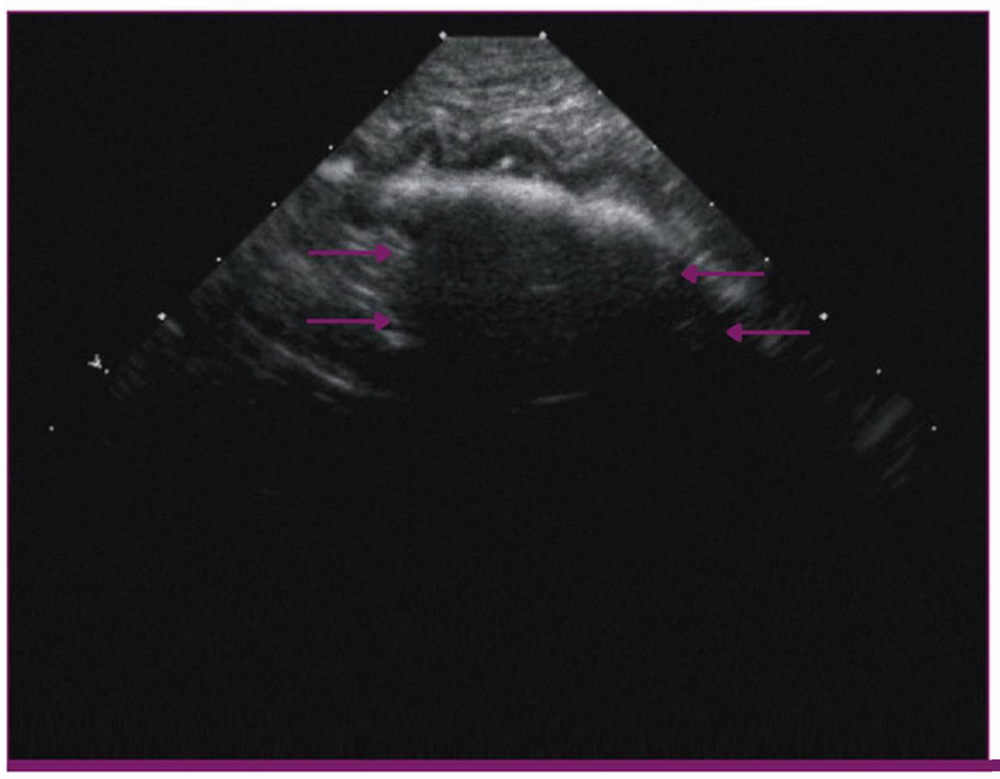


Figura 61. Imagen ecográfica en corte sagital de un tramo de intestino delgado que contiene un cuerpo extraño lineal en su interior. Nótese el plegamiento "en acordeón" del segmento así como la sombra acústica distal (entre flechas) que se origina a partir de la atenuación de los ultrasonidos por el cuerpo extraño.

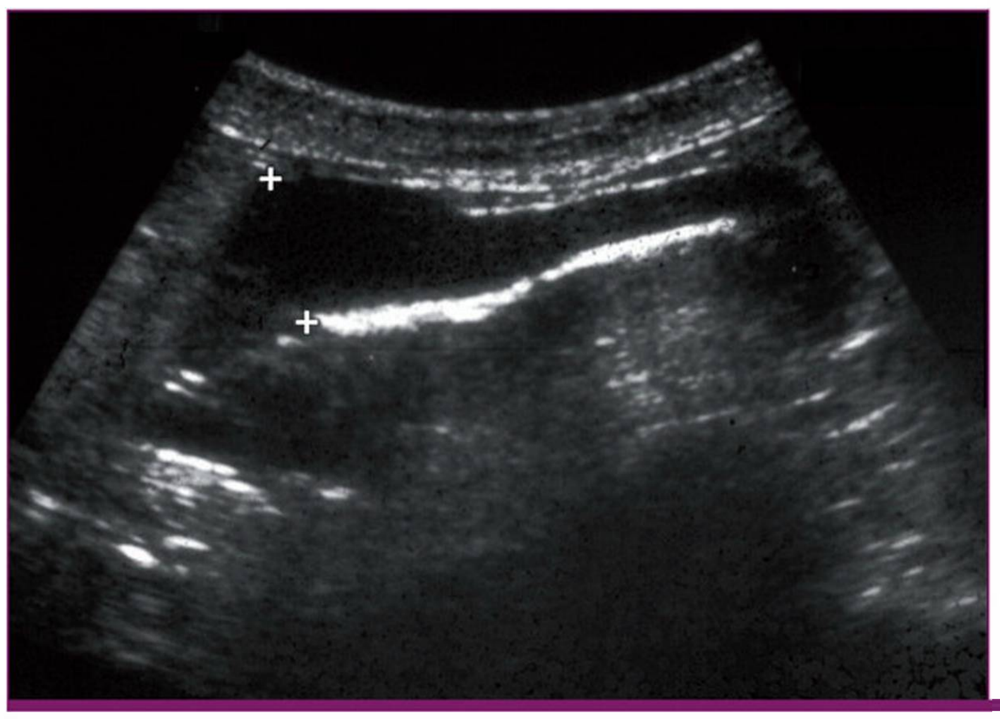


Figura 62. Imagen ecográfica de una lesión focal (entre +) en un tramo de pared intestinal en un gato. Nótese la pérdida del patrón multicapa típico, así como la disminución de la ecogenicidad y el engrosamiento selectivo del tramo afectado. El diagnóstico histopatológico final fue de linfoma intestinal.

Intestino grueso

El intestino grueso consta del ciego y colon ascendente (en abdomen medio derecho, paralelo al duodeno descendente), transverso (caudal al estómago) y descendente (en la izquierda), y se dispone con una morfología de signo de interrogación (?) visto desde una perspectiva ventrodorsal (fig. 66b). Normalmente, el diámetro del colon es menor que la longitud de la L7, siendo habitual que sea mayor que el del intestino delgado. Al igual que el del estómago, el contenido del colon puede ser líquido, granular o gaseoso.

Las dilataciones graves del colon se denominan **megacolon** y son más frecuentes en gatos de mediana edad que en perros. Su naturaleza es idiopática o asociada a un trauma vertebral o pélvico (fig. 63).

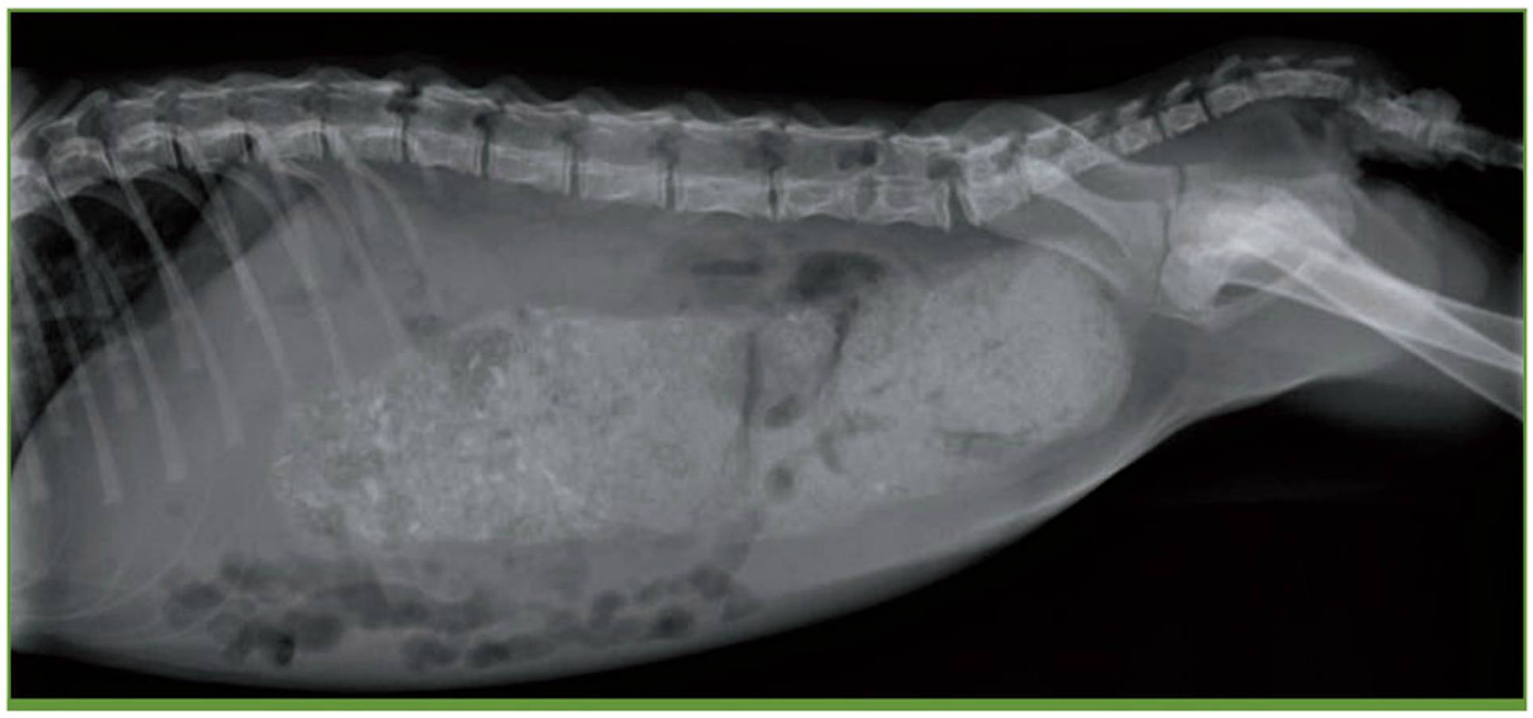


Figura 63. Imagen radiográfica lateral de un megacolon en un gatito. El colon se encuentra muy distendido con material granular. Nótese la sinostosis aparente entre L5 y L6, probable causa de la pérdida de funcionalidad del colon tras un episodio traumático.

Las invaginaciones intestinales ocurren con más frecuencia en el segmento ileocólico o cecocólico, estando asociadas a una obstrucción completa o parcial o a extrema irritabilidad intestinal (p. ej.: en cachorros después de un baño de agua fría o tras una enterotomía). El diagnóstico más rápido y preciso se realiza mediante la ecografía, que presenta un patrón típico (fig. 64).

Las colonografías mediante la adición de sulfato de bario por vía rectal (3-6 ml/kg) están también en desuso a favor de la ecografía. Sin embargo, pueden aportar información en la evaluación del recto para la investigación de posibles divertículos rectales (fig. 65).

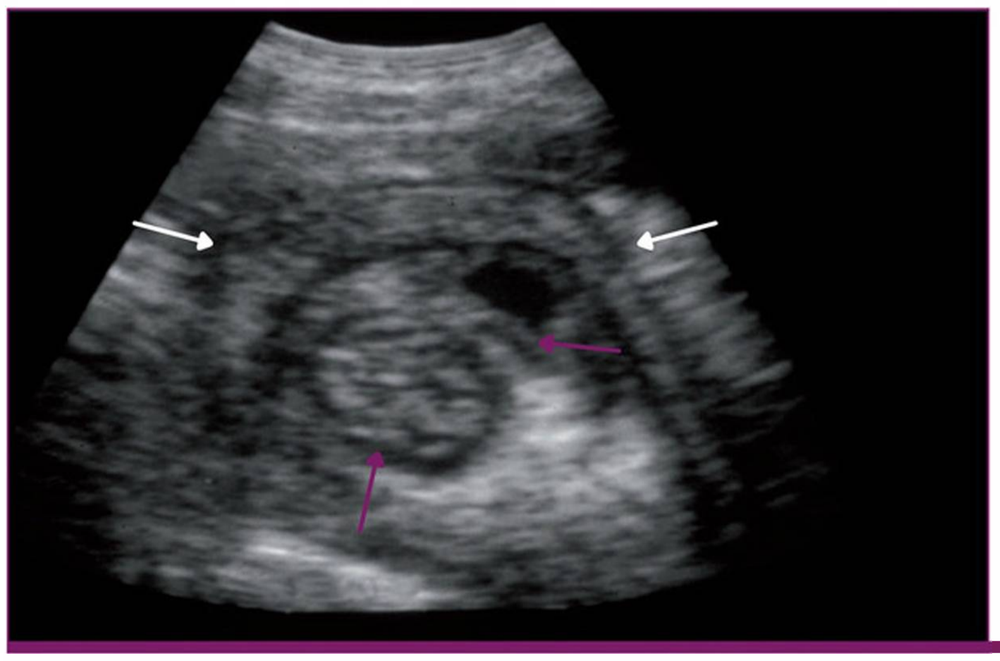


Figura 64. Imagen ecográfica en sección transversal de una invaginación intestinal. Nótese la típica imagen en "ojo de buey" formada por el tramo interno o *intussuceptum* (flecha morada) y el externo o *intussuscipiens* (flecha blanca).

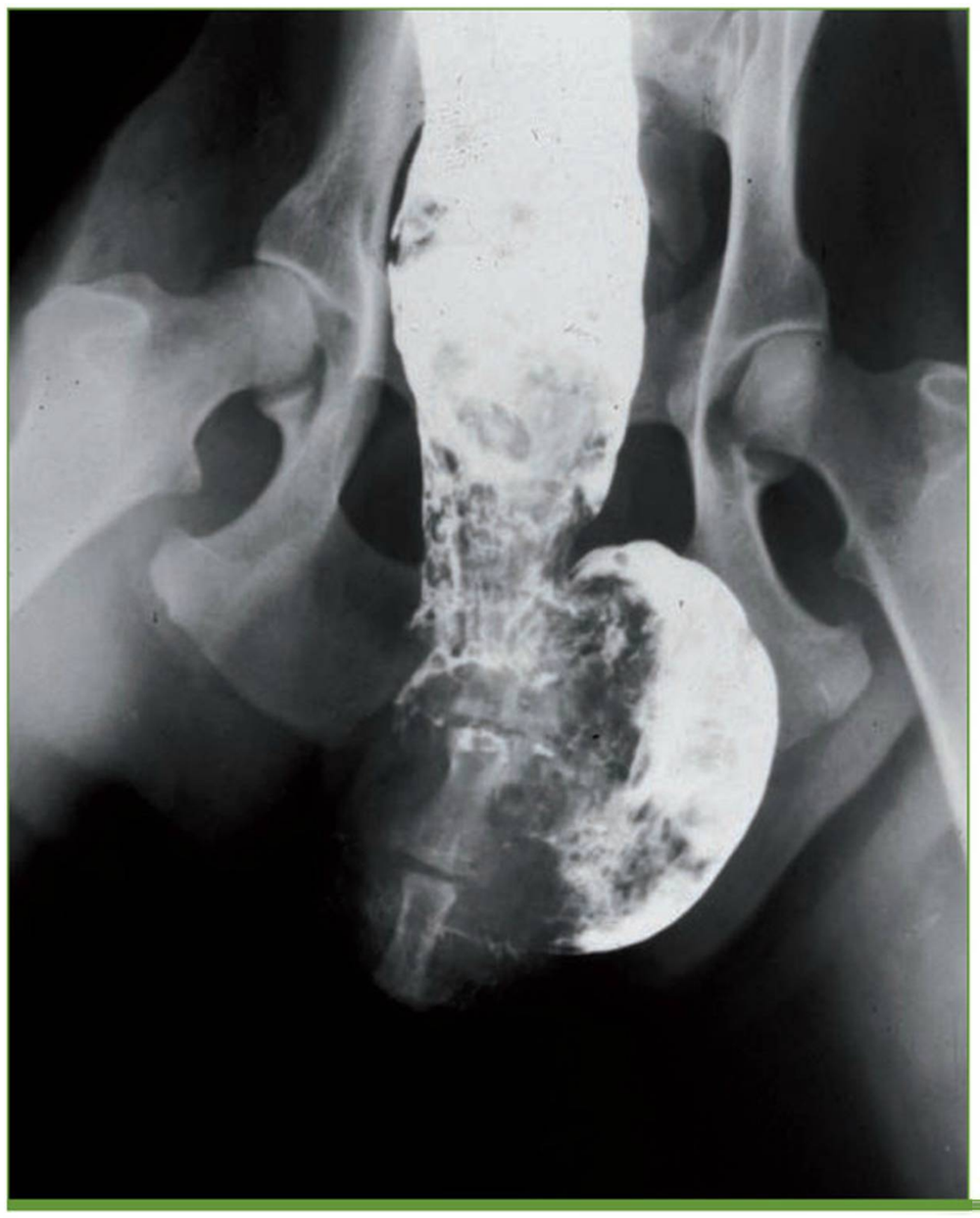


Figura 65. Detalle de una colonografía en un perro con un divertículo rectal. Imagen radiográfica ventrodorsal del aspecto caudal del área pélvica tras la introducción de sulfato de bario por vía rectal. Nótese la desviación del trayecto del recto hacia la izquierda formando una bolsa o divertículo que dificulta la normal defecación.

Sistema urogenital

Tracto urinario superior: riñones y uréteres

Radiológicamente, los riñones son visibles de manera desigual. En el perro, el riñón izquierdo puede verse en abdomen medio dorsal a nivel de T12-T13. Del riñón derecho, al estar situado más craneal, sólo apreciamos aproximadamente un 60% de su volumen, siempre en función de la condición física del animal. Los uréteres no son visibles en condiciones normales en una radiografía. El tamaño de los riñones se compara con la 2ª vértebra lumbar en la vista ventrodorsal. En los perros es 2,5-3,5 veces la longitud de L2. En los gatos, los riñones se colocan más o menos al mismo nivel, caudalmente a las costillas, siendo el riñón derecho más visible que en el perro. Su tamaño es de 2-3 veces la longitud de L2 (fig. 66).

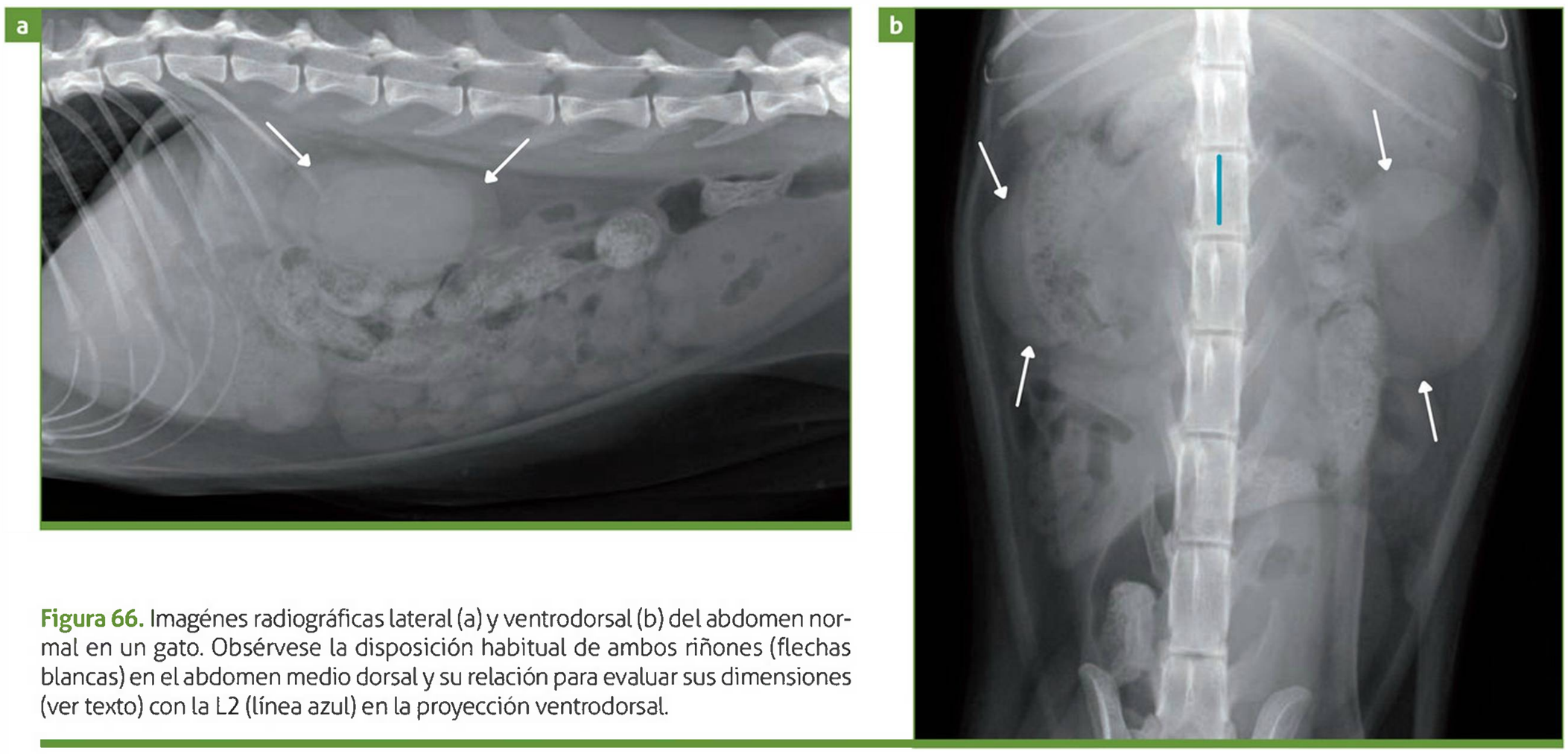


Figura 66. Imagénes radiográficas lateral (a) y ventrodorsal (b) del abdomen normal en un gato. Obsérvese la disposición habitual de ambos riñones (flechas blancas) en el abdomen medio dorsal y su relación para evaluar sus dimensiones (ver texto) con la L2 (línea azul) en la proyección ventrodorsal.

Con un estudio radiográfico de los riñones podemos evaluar su tamaño, forma, bordes, densidad, número y posición. Dichos estudios estarán indicados en casos de fallo renal, hematuria, bacteriuria, renomegalia o trauma abdominal.

La renomegalia se considera como tal cuando presenta valores > 3,5 L2 en el perro y > 3 L2 o más de 40-45 mm en el gato.

Ecográficamente, en los perros se han descrito tablas de dimensiones renales en función del peso del animal, describiéndose asimismo un cociente entre la longitud renal/diámetro de la aorta abdominal (R/O), cuyo rango se sitúa entre 5,5 y 9,1.

Ante una masa abdominal localizada en abdomen medio dorsal, la ausencia de una sombra renal normal siempre sugiere un origen renal (fig. 12). Las masas renales desplazan los diferentes segmentos del colon, así como el bazo y el fundus. Las causas de la renomegalia incluyen el fallo renal agudo, la neoplasia, la peritionitis infecciosa felina, la enfermedad renal poliquística, la hidronefrosis o el pseudoquiste perinéfrico. Los riñones pueden, asimismo, disminuir su tamaño de manera patológica. Radiológicamente, se considera un riñón pequeño en el perro por debajo de 2,5 L2 y en el gato por debajo de 2 L2. Mediante ecografía, un riñón de pequeñas dimensiones puede ser difícil de localizar en el abdomen, especialmente cuando pierde su típica distinción corticomedular y sus bordes se tornan irregulares. Las causas de los riñones pequeños son las enfermedades renales crónicas o la hipoplasia.

La **urografía** es una técnica radiológica especial que consiste en la introducción intravenosa de un contraste yodado (diatrizoato de sodio/meglumina; 800 mg yodo/kg) en un bolo único bajo sedación. La urografía se encuentra relativamente en desuso gracias a la ecografía abdominal, pero todavía tiene sus principales indicaciones en la evaluación de traumatismos renales y en la detección de ectopias ureterales (fig. 67). La función renal no puede evaluarse de manera precisa mediante urografía.

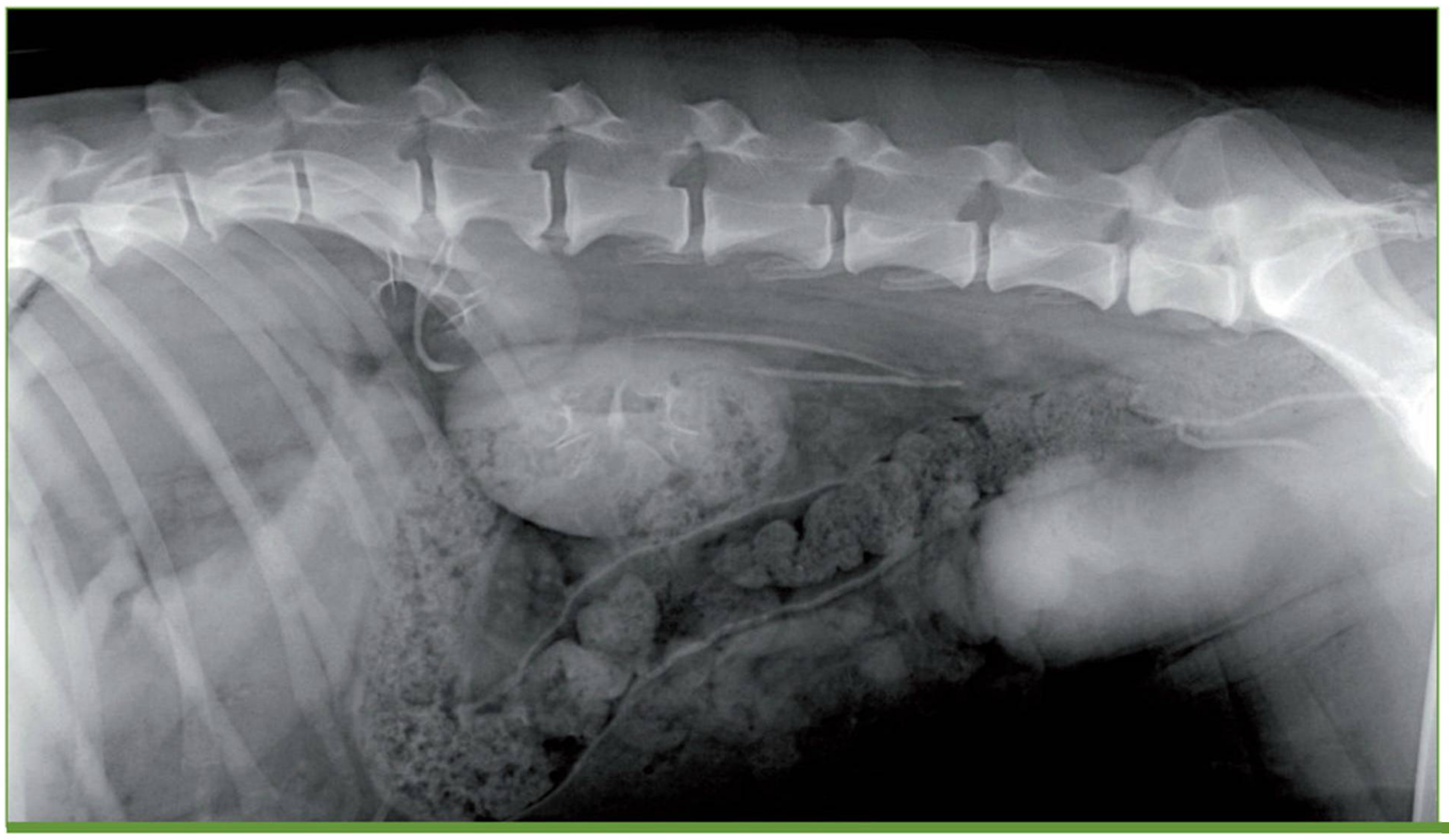


Figura 67. Imagen radiográfica lateral del abdomen de un perro en el que se ha realizado una urografía intravenosa. Los riñones se observan con mucho más detalle debido al filtrado selectivo del contraste yodado. La pelvis renal y los uréteres son también visibles en esta imagen. Nótese como la vejiga de la orina está opacificada debido a la acumulación de contraste excretado.

La ecografía renal permite acceder al interior del órgano y visualizar su estructura interna corticomedular, hilio incluido. El riñón es un órgano hipoecoico en promedio, con una corteza más ecogénica que la médula. La corteza de los riñones se emplea para comparar posibles alteraciones en la ecogenicidad con el bazo y el hígado (figs. 68 y 69). De manera normal, la corteza renal, el parénquima hepático y el bazo siguen este orden en ecogenicidad creciente. Pequeñas pielectasias y por supuesto hidronefrosis pueden detectarse con mucha precisión en la pelvis renal, por lo que la ecografía es una técnica de elección en este sentido (figs. 70 y 71). En cuanto a la urolitiasis renal se refiere, la ecografía detecta cualquier elemento sólido intraparenquimatoso o intrapélvico suficientemente atenuante de los ultrasonidos para generar una sombra acústica, independientemente de su composición química (fig. 72). Desde el punto de vista de la evaluación funcional del riñón, las técnicas Doppler que caracterizan el flujo de las arterias intraparenquimatosas se han revelado como tremendamente útiles (fig. 73).

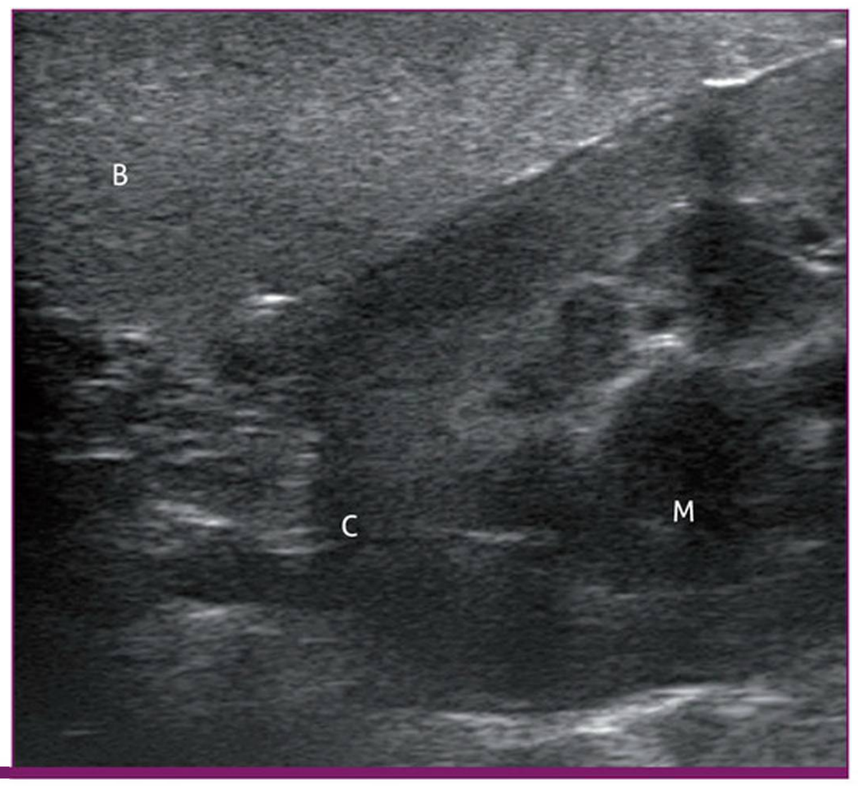


Figura 68. Imagen ecográfica en sección sagital del riñón izquierdo en contacto con el parénquima esplénico, tomada en la porción dorsal del abdomen medio. Nótese como la ecogenicidad cortical de este riñón normal es menor que el parénquima esplénico. B: bazo, C: corteza renal, M: médula renal. El aspecto craneal se sitúa a la izquierda de la imagen.

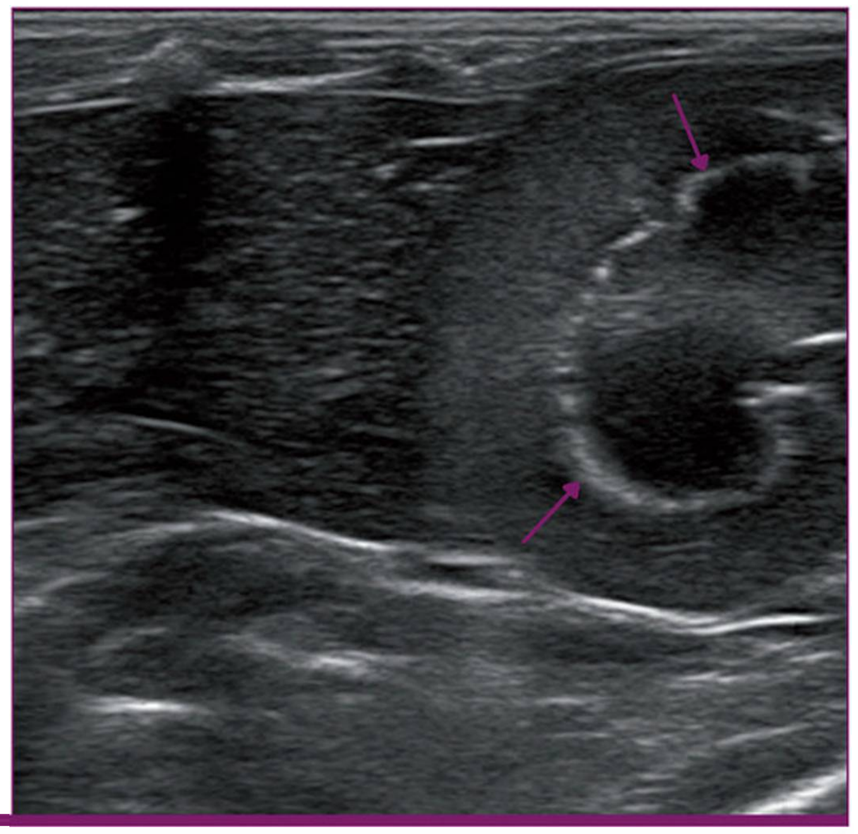


Figura 69. Imagen ecográfica en sección sagital del riñón derecho en la fosa renal, en contacto con el lóbulo caudado del hígado, tomada en una aproximación intercostal en la porción dorsal del abdomen craneal derecho. Nótese como la corteza renal es hiperecógena al compararla con el parénquima hepático dispuesto cranealmente. Asimismo, se observa una línea ecogénica corticomedular (flechas) en este riñón. Estos hallazgos ecográficos denotan una alteración inespecífica inflamatoria o infiltrativa renal. El aspecto craneal se sitúa a la izquierda de la imagen.

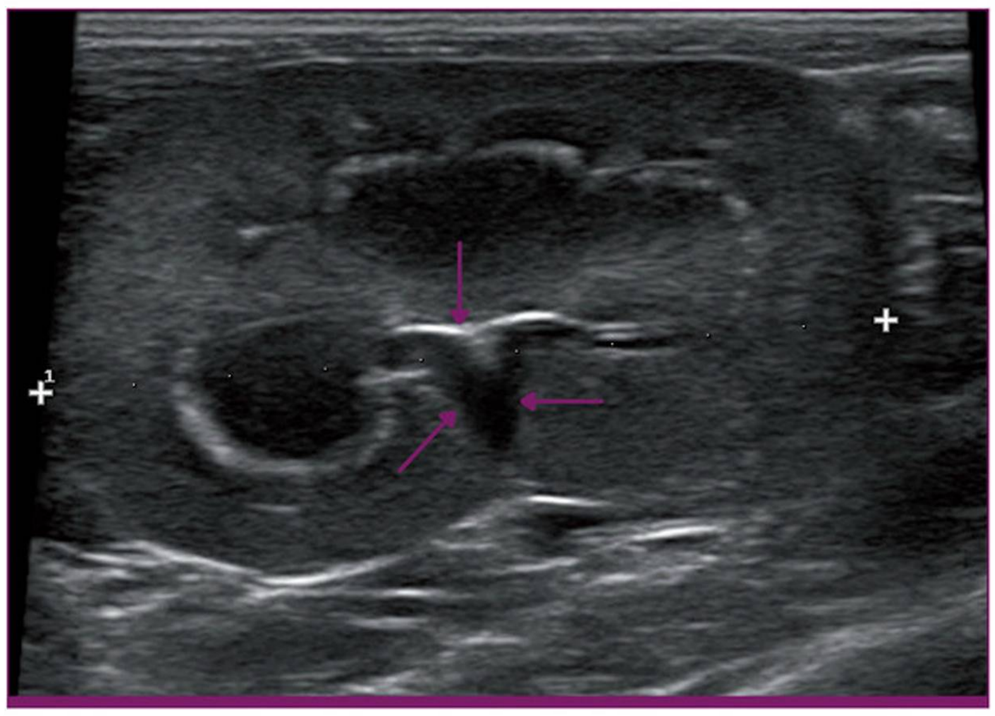


Figura 70. Imagen ecográfica sagital de un riñón canino mostrando una pielectasia -dilatación de la pelvis renal- moderada que adopta la típica forma de "Y" (flechas). Estos hallazgos son compatibles con glomerulonefritis, pielonefritis, obstrucciones distales del flujo normal de producción de orina o ectopia ureteral.

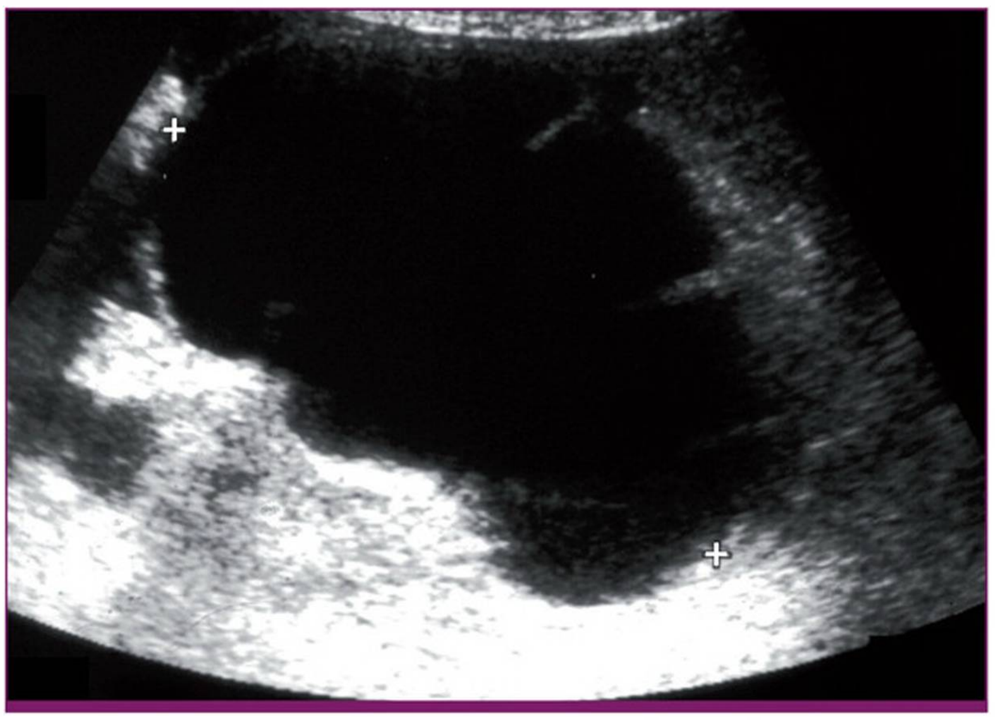


Figura 71. Imagen ecográfica sagital de un riñón con hidronefrosis terminal por ligamiento iatrogénico del uréter tras una ovariohisterectomía. La imagen fue tomada 24 horas después de la intervención quirúrgica. El parénquima renal ha sido eliminado por compresión, quedando únicamente la cápsula y parte del estroma interno fibroso que contiene una bolsa de fluido.

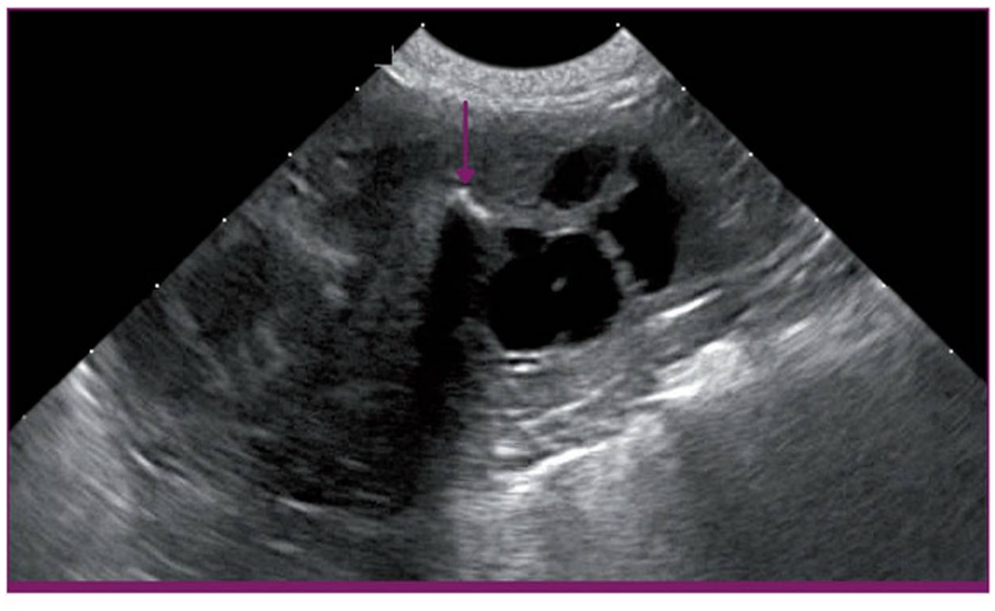


Figura 72. Imagen ecográfica sagital del riñon izquierdo de un perro con linfoma renal. Nótese la masa cavitada localizada en el polo caudal del órgano. La estructura corticomedular ha desaparecido y se acompaña de mineralización (flecha).

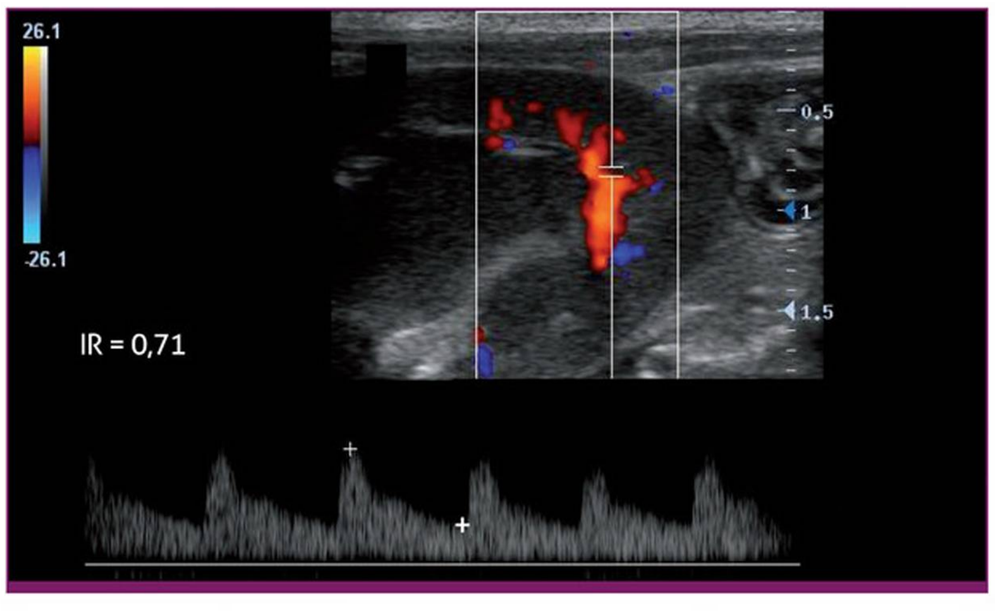


Figura 73. Medición del índice de resistencia (IR) en la corteza renal mediante Doppler pulsado con guía de color. Nótese como la muestra Doppler se coloca en el área vascular cortical correspondiente a las arterias arcuatas. El IR se demuestra como un instrumento importante en la evaluación funcional de los riñones y debe ser contemplado como parte rutinaria de la evaluación ecográfica abdominal.

Tracto urinario inferior: vejiga, uretra y próstata

Las indicaciones de la exploración radiológica o ecográfica de la vejiga, uretra y próstata incluyen disuria, hematuria, estranguria, incontinencia y problemas en la defecación por compresión prostática.

La vejiga, órgano de tamaño variable, puede verse localizada en el abdomen caudoventral, de aspecto piriforme, con una densidad tipo tejido blando. Los gatos presentan una morfología vesical más redondeada, estando algo más alejada cranealmente del pubis que en los perros (fig. 74).

Por su parte, la uretra no se identifica fácilmente en las radiografías, siendo más larga en los machos, donde presenta tres porciones: prostática, membranosa y peniana. Destaca la presencia del hueso peniano en los perros.

La próstata es invisible radiológicamente en los perros jóvenes ya que su localización es intrapélvica. En los adultos, sin embargo, es intrabdominal con mayor o menor proyección craneal dependiendo del grado de repleción de la vejiga (fig. 75). La evaluación del tamaño prostático se realiza en la proyección lateral considerando que no debe de exceder el 70% de la distancia entre el promontorio sacro y el pecten púbico (cresta pectínea). Los bordes prostáticos son lisos y redondeados, con una densidad parenquimatosa tipo tejido blando. Un 70-80% de los perros no castrados mayores de 5 años experimentan algún tipo de fenómeno hiperplásico prostático que induce prostatomegalia, con o sin signos clínicos. La patología de la próstata es prácticamente inexistente en los gatos.

Figura 74. Radiografía lateral del abdomen de un gato con obstrucción uretral distal. Obsérvese la distensión de la vejiga de la orina que revela su morfología redondeada. La uretra también es visible en esta imagen (flechas).

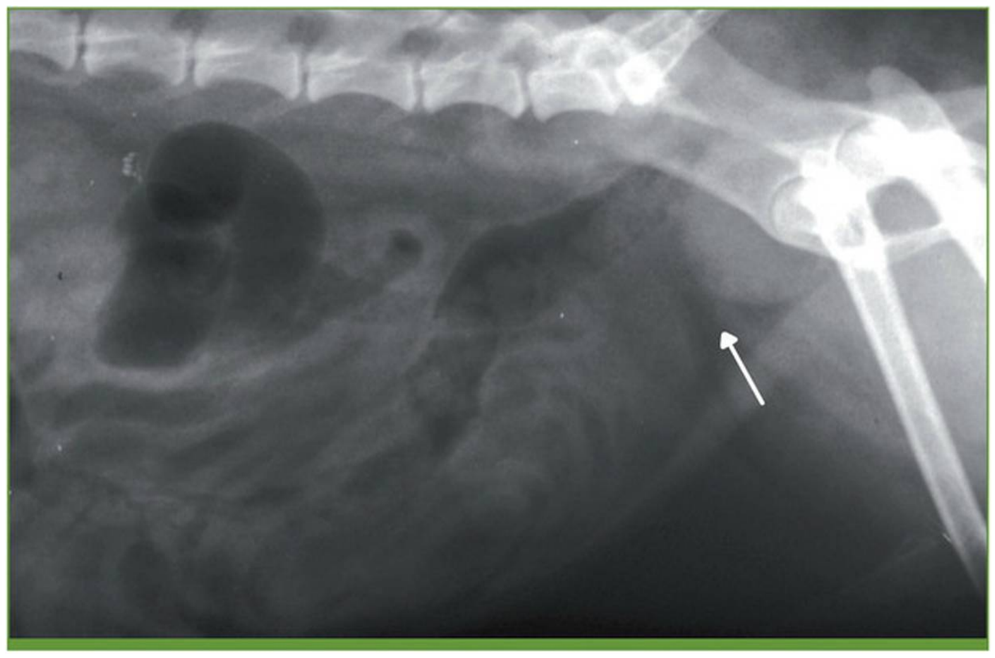


Figura 75. Radiografía lateral del abdomen caudal de un perro con prostatomegalia. Nótese el triángulo graso existente entre la vejiga de la orina y la próstata (flecha blanca). El colon descendente presenta en este caso una reducción de diámetro importante a su paso por el canal pélvico.

Los procedimientos especiales que utilizan contraste para la evaluación de la vejiga de la orina y la uretra son la cistografía y la uretrografía, que son un método excelente para examinar roturas traumáticas (figs. 76 y 77). Los cálculos vesicales pueden verse radiológicamente con facilidad siempre que presenten una densidad de tipo mineral (fig. 78). Por tanto, la presencia de litiasis vesical en el caso de cálculos radiolúcidos no puede excluirse con una simple radiografía en vacío.

La ecografía se revela como el método más eficaz en la evaluación de la vejiga de la orina, tanto en sus alteraciones parietales (inflamaciones, neoplasias, mineralizaciones) como en el interior de su luz (sedimentos, cálculos, coágulos) y a la hora de obtener una muestra mediante cistocentesis (figs. 79 a 81).

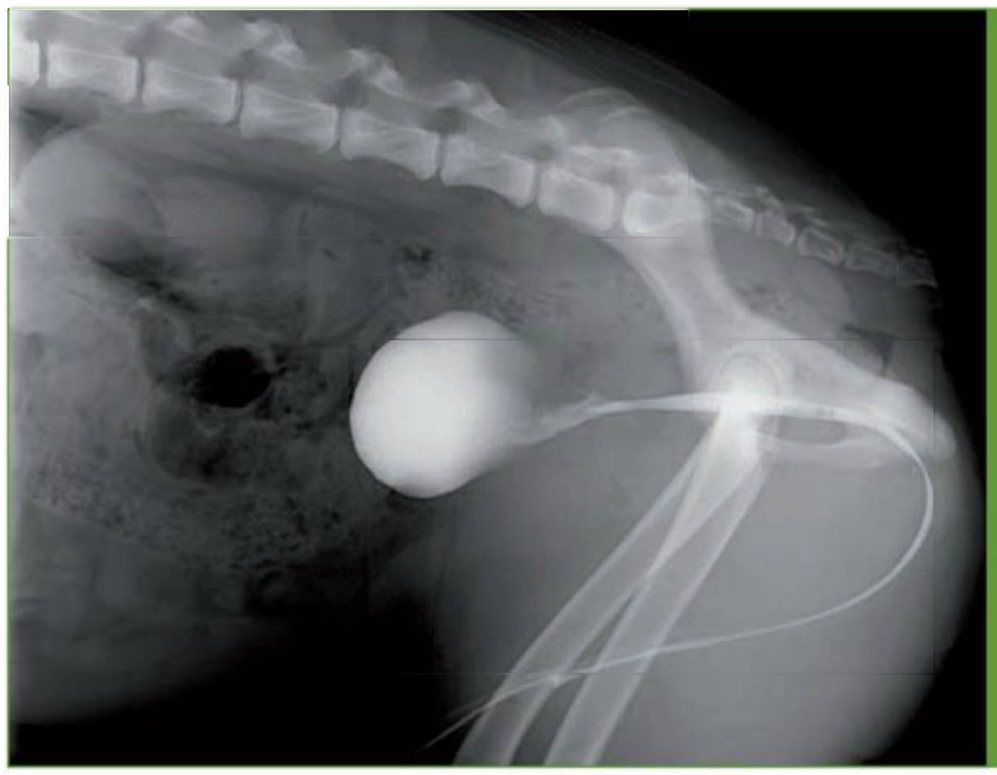


Figura 76. Cistografía y uretrografía normales en un perro macho. Se introduce contraste yodado por vía uretral para conseguir la visualización de la vejiga de la orina y la distensión de la uretra.

Figura 77. Cistografía en un perro macho con la vejiga de la orina rota. Nótese la distribución irregular del contraste yodado vertido en el peritoneo.

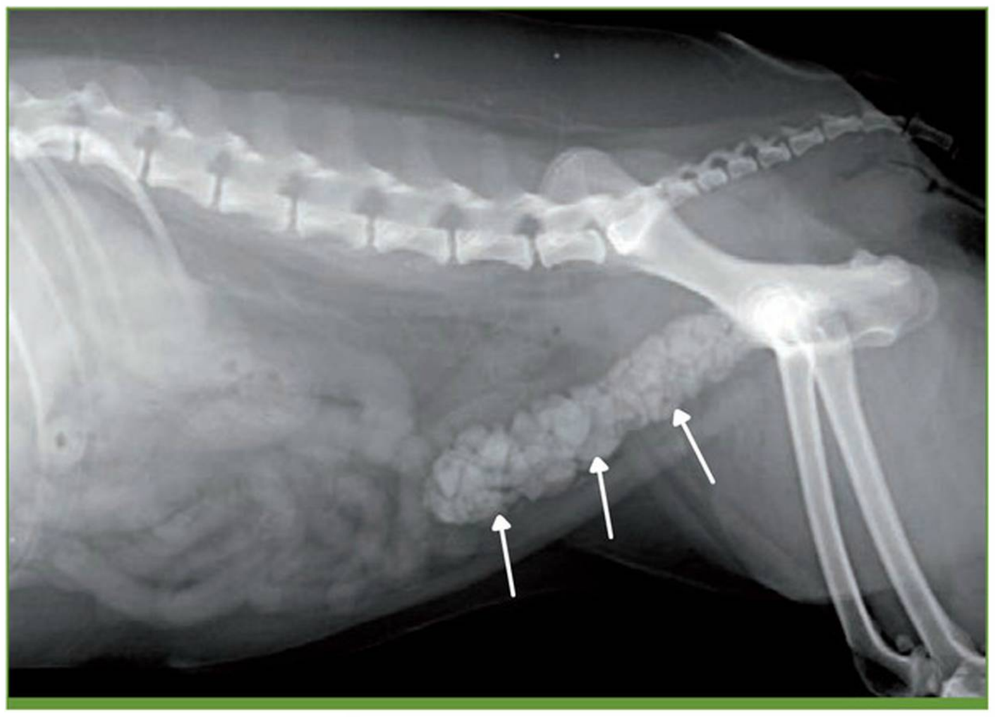


Figura 78. Radiografía lateral del abdomen caudal de una perra con litiasis vesical muy grave. La posición ventral de los numerosos cálculos observados (flechas) evidencia su localización vesical.

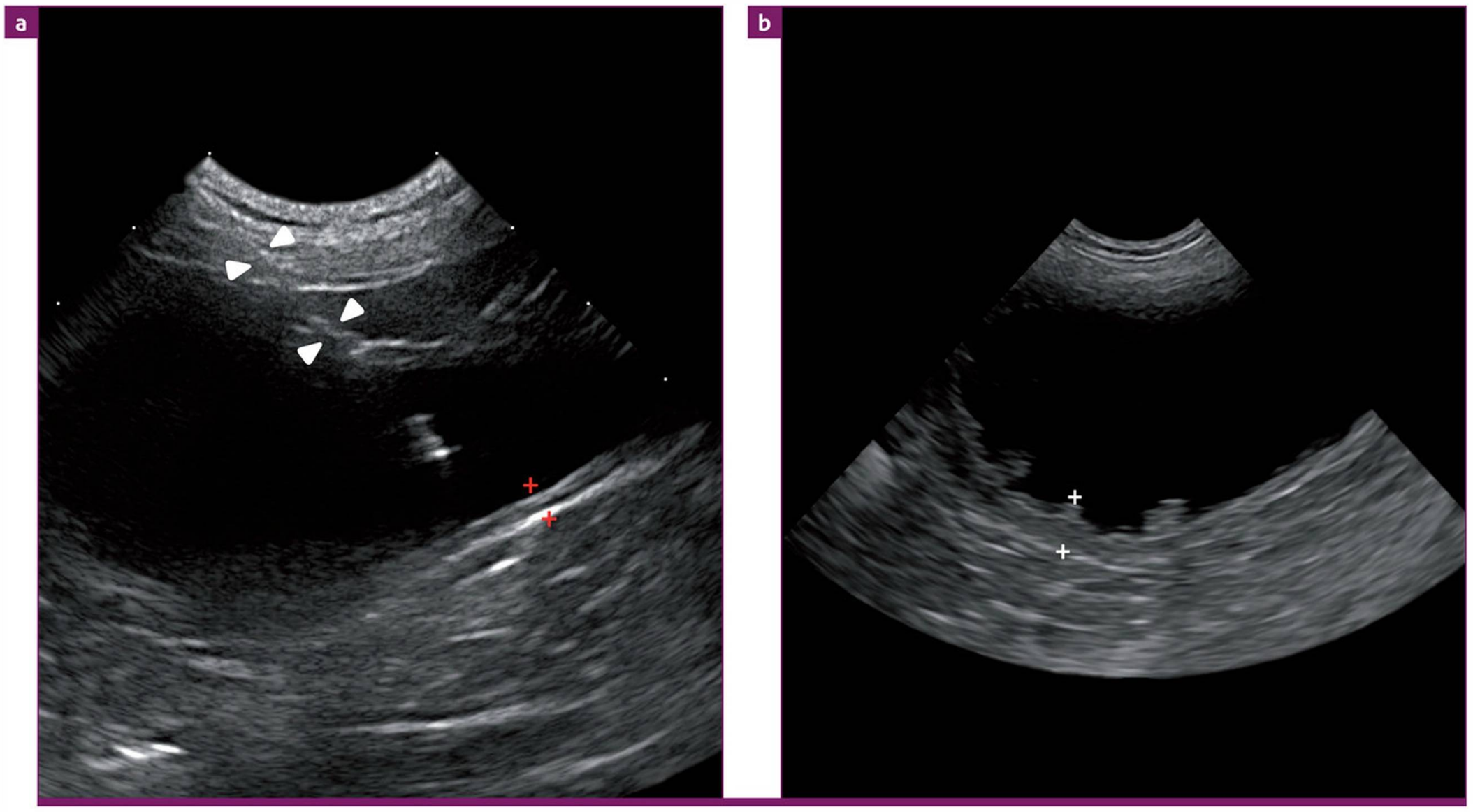


Figura 79. En (a), imagen ecográfica en sección sagital de la vejiga de la orina en el transcurso de una cistocentesis. La aguja es visible dentro de la luz vesical (puntas de flecha). La pared vesical es lisa y delgada (entre +, grosor de ± 2 mm). En (b), imagen ecográfica en sección sagital del aspecto craneal del cuerpo de la vejiga de la orina en un perro con cistitis de tipo polipoide. Obsérvese el engrosamiento y deformación parietales (entre +, 6 mm).

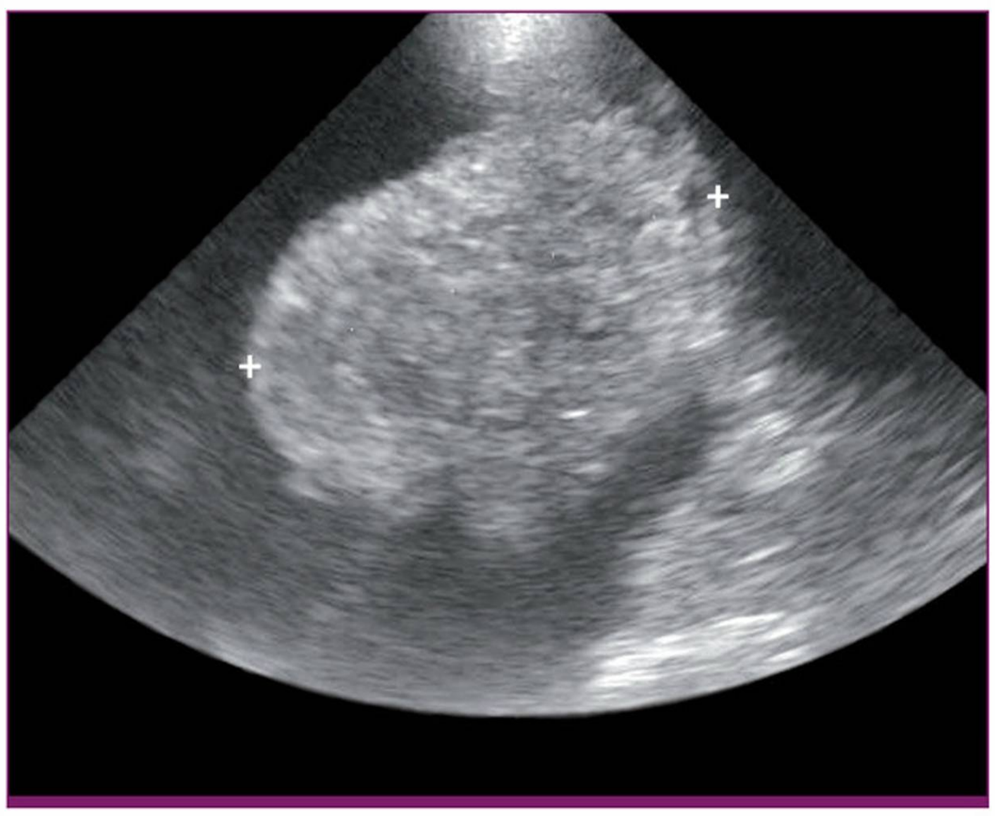


Figura 80. Imagen ecográfica de detalle de una masa parietal interna de la vejiga de la orina. Un aspirado transvesical de estos nódulos o masas vesicales no está recomendado debido a su potencial capacidad de "siembra" peritoneal y posibilidad de rotura vesical, por lo que se prefiere obtener una citología transuretral. El diagnóstico histopatológico final fue de carcinoma de células de transición.

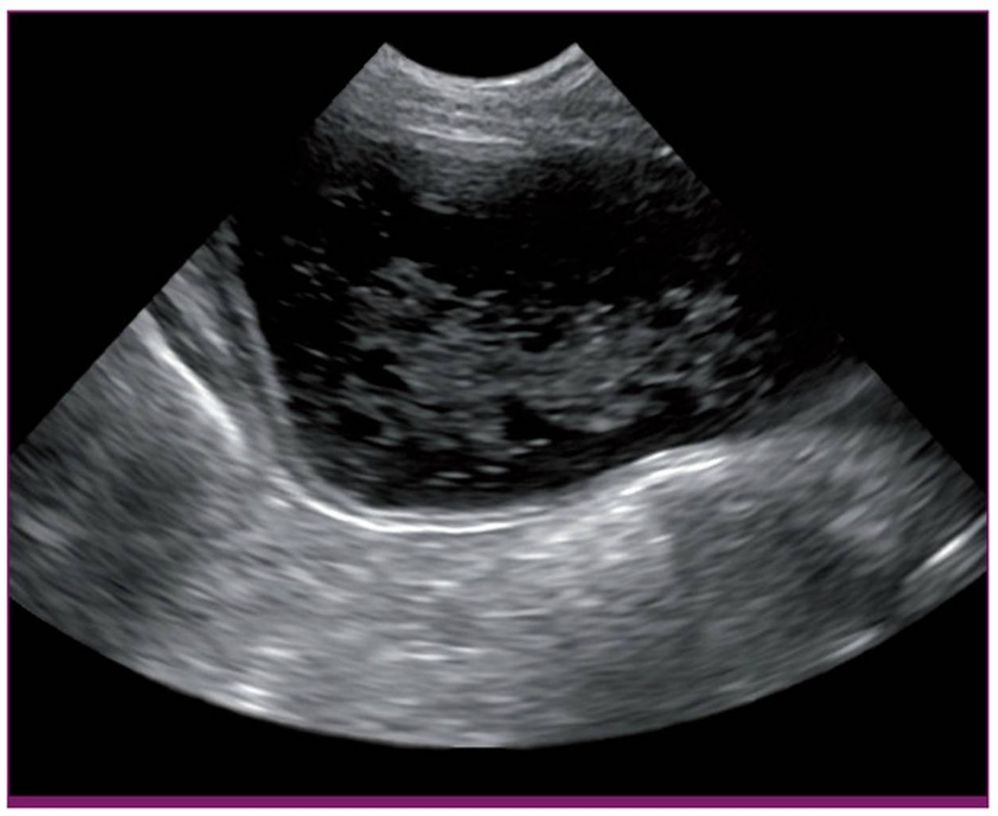


Figura 81. Imagen ecográfica sagital de una vejiga de la orina con contenido ecogénico sin sombra acústica asociada. Este patrón es típico de una orina muy turbia con exceso de sedimento o con la presencia de coágulos. Una cistocentesis guíada por ecografía es un procedimiento rutinario para el análisis de la orina (ver fig. 79a).

La ecografía prostática permite acceder al interior del parénquima de la glándula y ayuda en el establecimiento de diagnósticos diferenciales de la prostatomegalia, como la hiperplasia benigna, la prostatitis, los abscesos, los quistes paraprostáticos o la neoplasia. Ruel, en 1998, describió las dimensiones de la próstata normal en el perro, arrojando unos valores medios máximos de 4,5 x 3,4 cm. Un buen indicador de neoplasia es, junto al descenso de ecogenicidad y mineralización distrófica de la glándula, la presencia de linfadenopatía sublumbar y/o reacción perióstica sacra o lumbar. La aspiración o biopsia de la próstata puede guiarse mediante ecografía. Las figuras 82 a 84 muestran diferentes patrones ecográficos de enfermedad prostática.

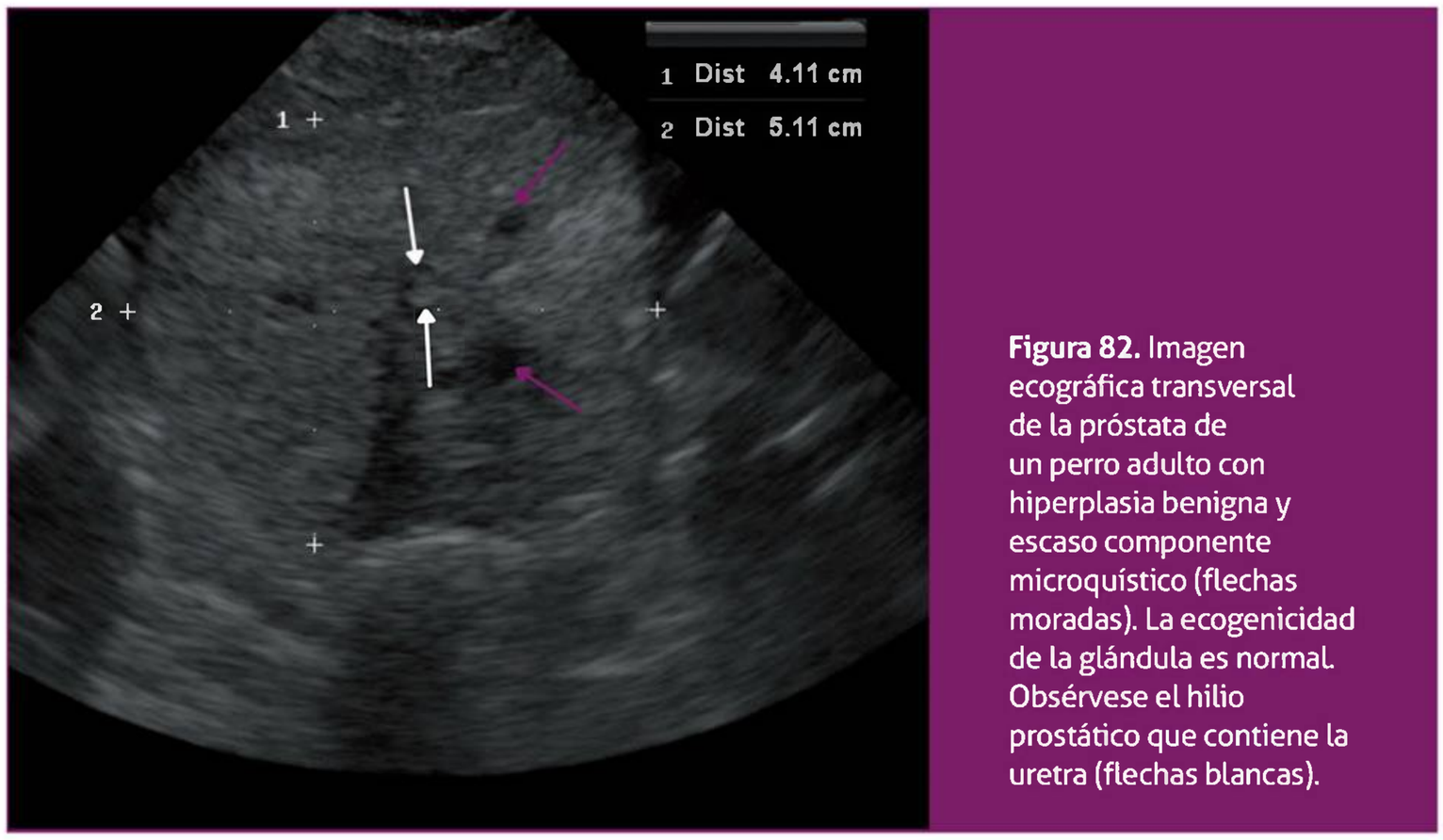


Figura 82. Imagen ecográfica transversal de la próstata de un perro adulto con hiperplasia benigna y escaso componente microquístico (flechas moradas). La ecogenicidad de la glándula es normal. Obsérvese el hilio prostático que contiene la uretra (flechas blancas).

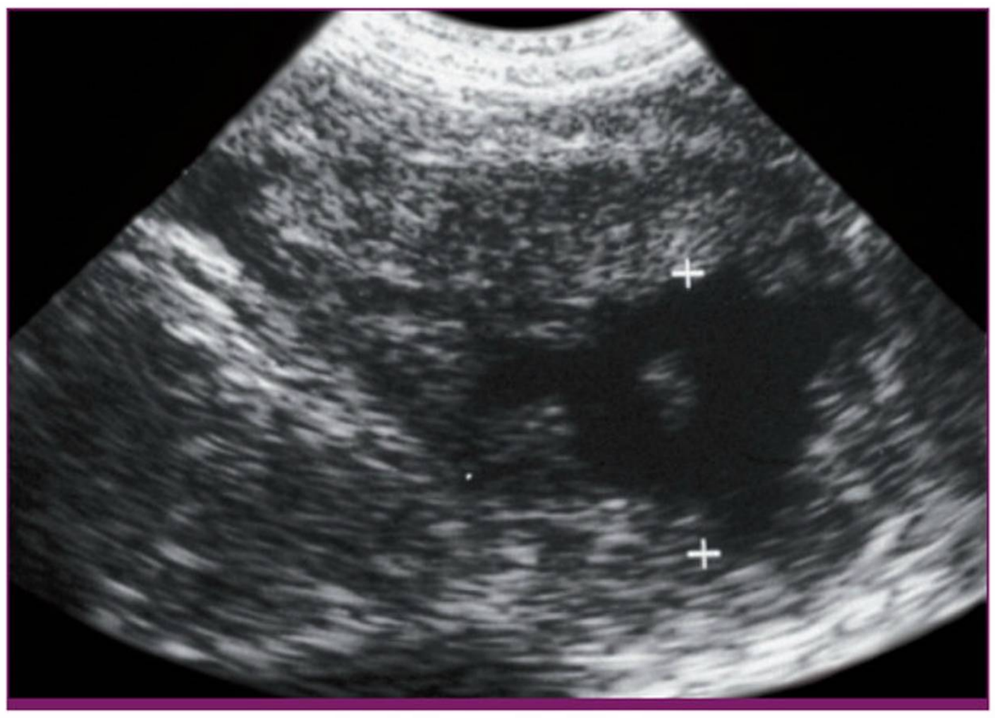


Figura 83. Imagen ecográfica sagital de la próstata de un perro afectado de ehrlichiosis. La ecogenicidad parenquimatosa está disminuida, observándose una cavidad en el aspecto caudal que presenta una pared interna irregular con contenido fundamentalmente anecoico y presencia de material ecogénico en su interior. Estos hallazgos son compatibles con un absceso prostático.

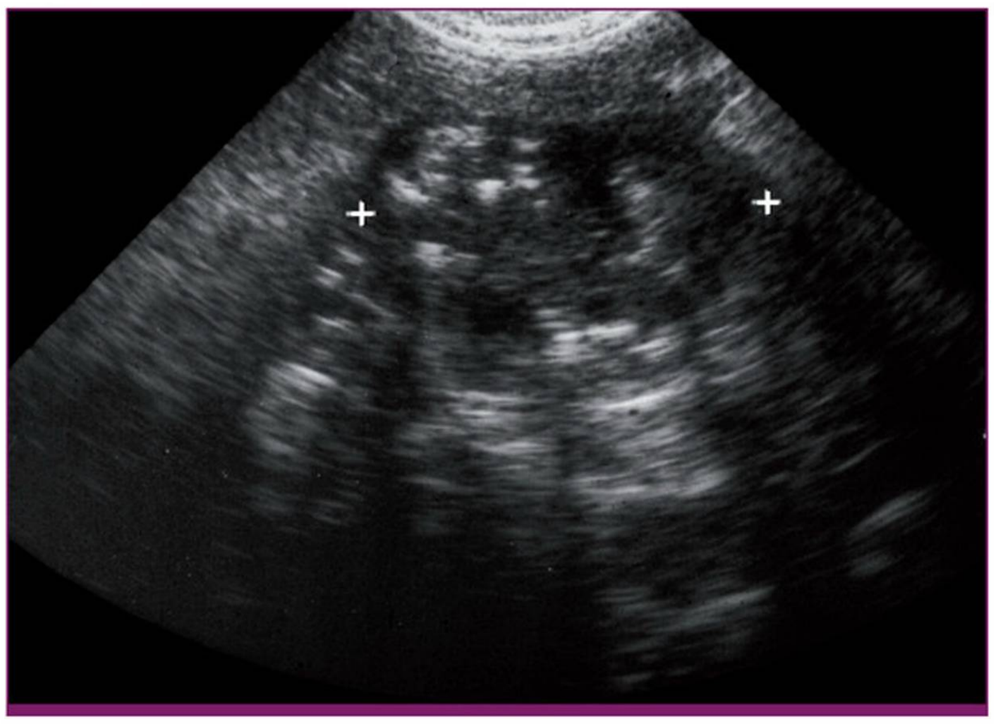


Figura 84. Imagen ecográfica transversal de la próstata en un animal castrado de 9 años de edad. Obsérvese el parénquima hipoecógeno salpicado de focos ecogénicos que provocan sombras acústicas débiles compatibles con micromineralización. Estos hallazgos son compatibles con una neoplasia prostática. Se obtuvo una muestra de tejido mediante un aspirado con aguja fina guiado por ecografía, con un resultado final histopatológico de carcinoma prostático.

Tracto genital

El tracto genital comprende el útero y los ovarios en la hembra y los testículos en el macho.

Útero y ovarios

El útero y los ovarios son invisibles radiológicamente en condiciones normales, pudiendo visualizarse mediante inspección ecográfica (figs. 85 a 87). Sin embargo, su localización no es fácil cuando son normales y requiere una cierta experiencia por parte del ecografista para su identificación, ya que se trata de estructuras pequeñas y de similar ecogenicidad a las estructuras circundantes. Los ovarios varían de tamaño con el ciclo estral (8-15 mm). Cuando un ovario incrementa mucho su tamaño, habitualmente por una invasión neoplásica, suele caer al abdomen ventral, dando la apariencia radiológica de una masa en abdomen medio.

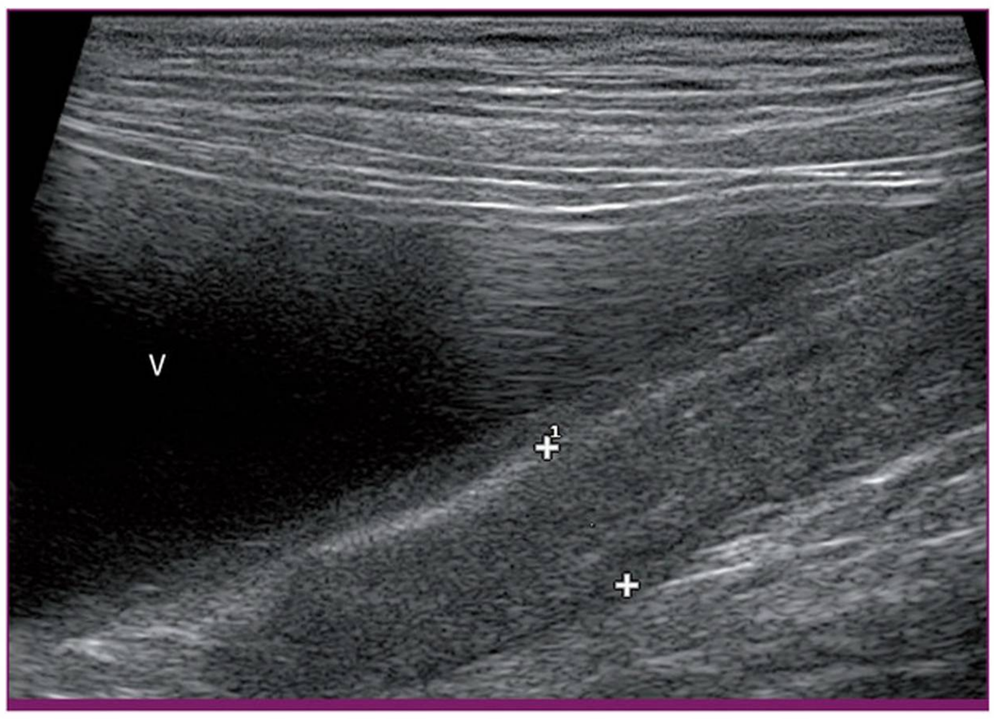


Figura 85. Imagen ecográfica sagital del útero de una perra en anestro. El cuerpo uterino se aprecia como un cordón moderadamente hipoecoico con respecto a la grasa adyacente, que se encuentra situado dorsalmente a la vejiga de la orina (V), la cual se utiliza como ventana acústica. El útero en condiciones normales no debe presentar ningún tipo de distensión con contenido anecoico.

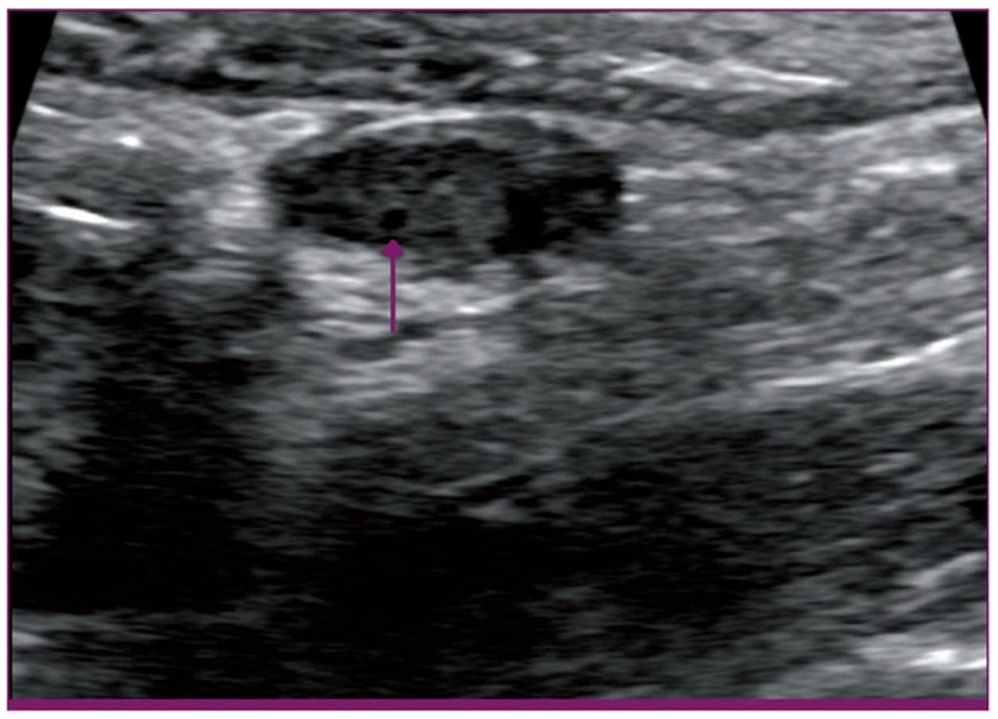


Figura 86. Imagen ecográfica sagital del ovario izquierdo de una perra, tomada inmediatamente caudal y lateral con respecto al riñón izquierdo, utilizando un transductor de alta resolución (13 MHz). Nótese el carácter moderadamente hipoecoico de la gónada con respecto a los tejidos adyacentes. La flecha señala un folículo ovárico.

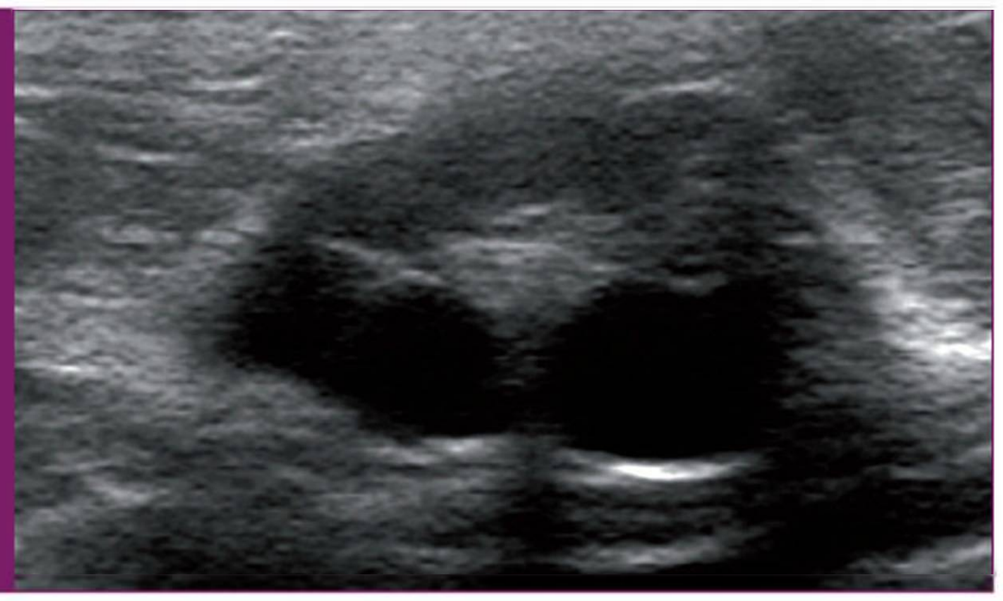


Figura 87. Imagen ecográfica de un ovario con múltiples folículos en diferentes estados de maduración. Obsérvese el contenido anecoico de los folículos y la deformación de la superficie del ovario.

El útero es una víscera hueca que se sitúa entre el colon descendente y la vejiga de la orina, y puede incrementar su diámetro de manera fisiológica durante la gestación o de manera patológica en situaciones de infección (metritis, piometra, hidrómetra, mucómetra, neoplasia) (fig. 88). Estas distensiones uterinas fisiológicas y patológicas pueden evaluarse radiológicamente y especialmente mediante la ecografía en sus distintas etapas de evolución.

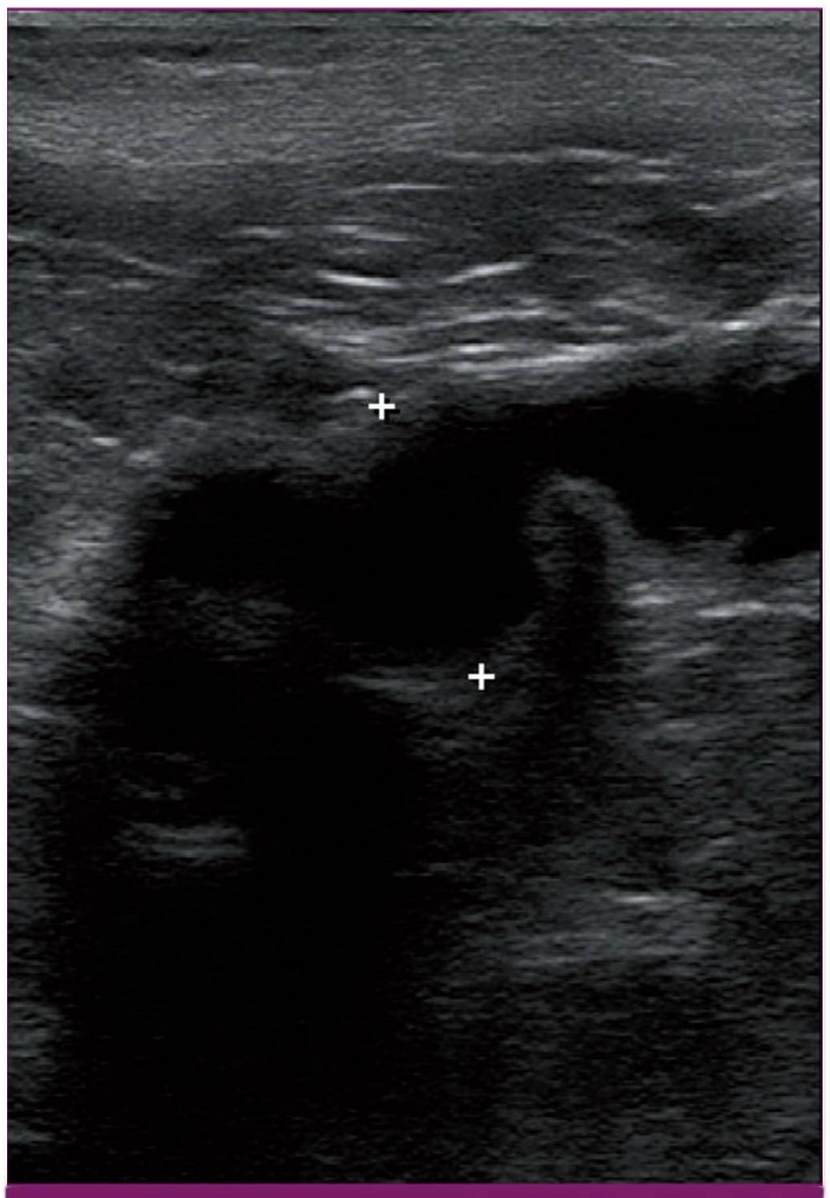


Figura 88. Imagen ecográfica de un cuerno uterino distendido (entre +) con contenido anecoico en una perra con piometra.

Radiológicamente, la gestación manifiesta signos de distensión a partir del día 25 (fig. 89), pero los esqueletos fetales sólo pueden visualizarse a partir de los días 42-45 en adelante (fig. 90), con lo que es posible realizar el recuento de la camada en este momento. Los fetos que han muerto hace ya un tiempo y permanecen todavía en el útero pueden mostrar colapso corporal, solapamiento de los huesos del cráneo y/o presencia de gas intrauterino o intrafetal (fig. 91).

La muerte en fases tempranas y/o el estrés fetal son difíciles de evaluar mediante la radiología. Sin embargo, la ecografía es una técnica con mucha mayor sensibilidad que puede examinar la actividad cardiaca, la adecuada morfología corporal y los movimientos del feto. Por ejemplo, se considera que un feto es de viabilidad dudosa con un grado de estrés apreciable cuando su frecuencia cardiaca no supera al menos el doble que la de la madre. Asimismo, con la ecografía se pueden realizar diagnósticos de gestación cualitativos muy precoces. La visualización ecográfica más temprana de las vesículas embrionarias se ha descrito en torno a los 17 días después del pico de LH. Lamentablemente, la ecografía es poco sensible en la estimación cuantitativa de la camada por dos motivos fundamentales: en etapas tempranas se pueden producir reabsorciones fetales desde el momento de la exploración hasta el término de la gestación y, a su vez, en etapas más avanzadas, los fetos ocupan un gran volumen dentro del útero y pueden solaparse unos con otros dificultando su enumeración.

Sin embargo, una de las grandes ventajas de la técnica ecográfica es la posibilidad de estimación de la edad fetal a partir de la aparición o terminación de unas determinadas características fetales en las imágenes (figs. 92 a 94). La tabla 6 ilustra la edad gestacional de la perra en función del reconocimiento ecográfico de diversas estructuras fetales.

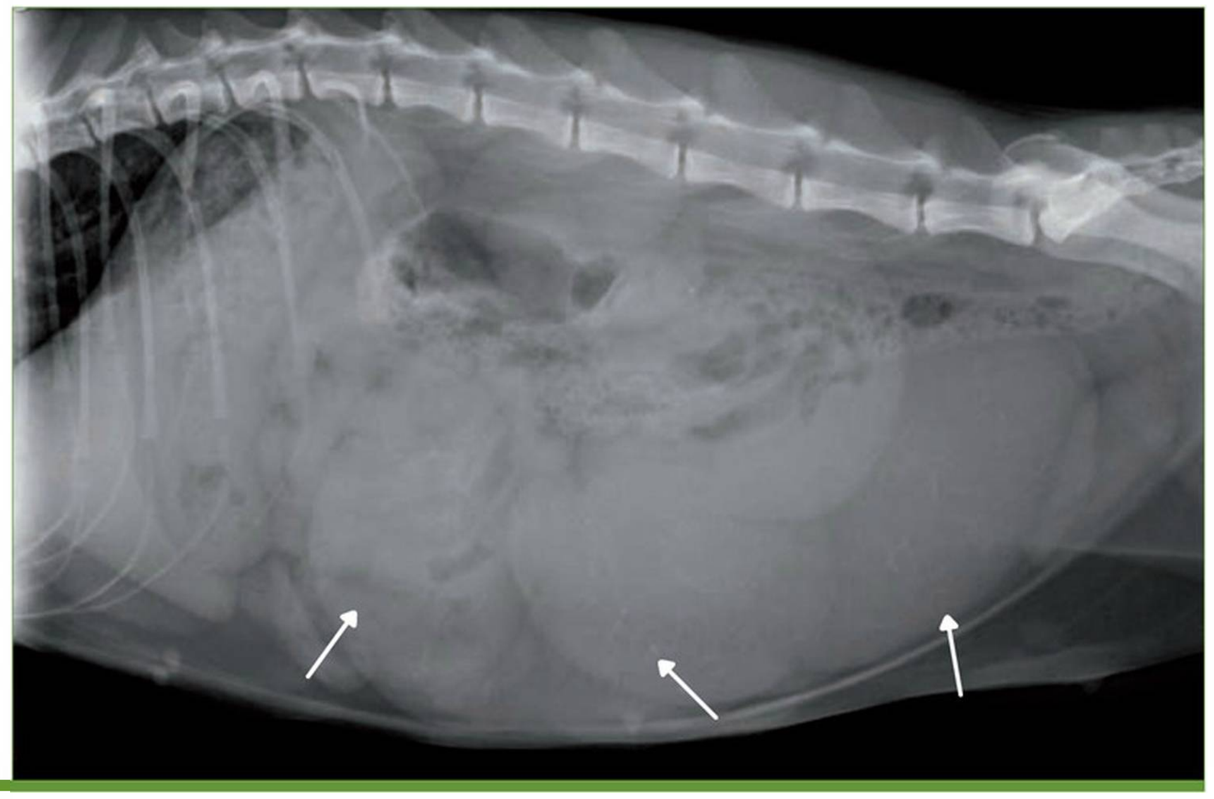


Figura 89. Radiografía abdominal lateral de una perra en torno a los 40 días de edad gestacional. Las asas intestinales y el colon descendente están desplazados craneal y dorsalmente por la gran distensión del útero (flechas), el cual presenta indicios de mineralización fetal incipiente.

Figura 90. Radiografía abdominal lateral de una perra en torno a los 52 días de gestación. Comparado con una gestación más temprana (fig. 89), el desarrollo esquelético fetal aparece completo. Se observan dos fetos situados en el abdomen medio ventral.

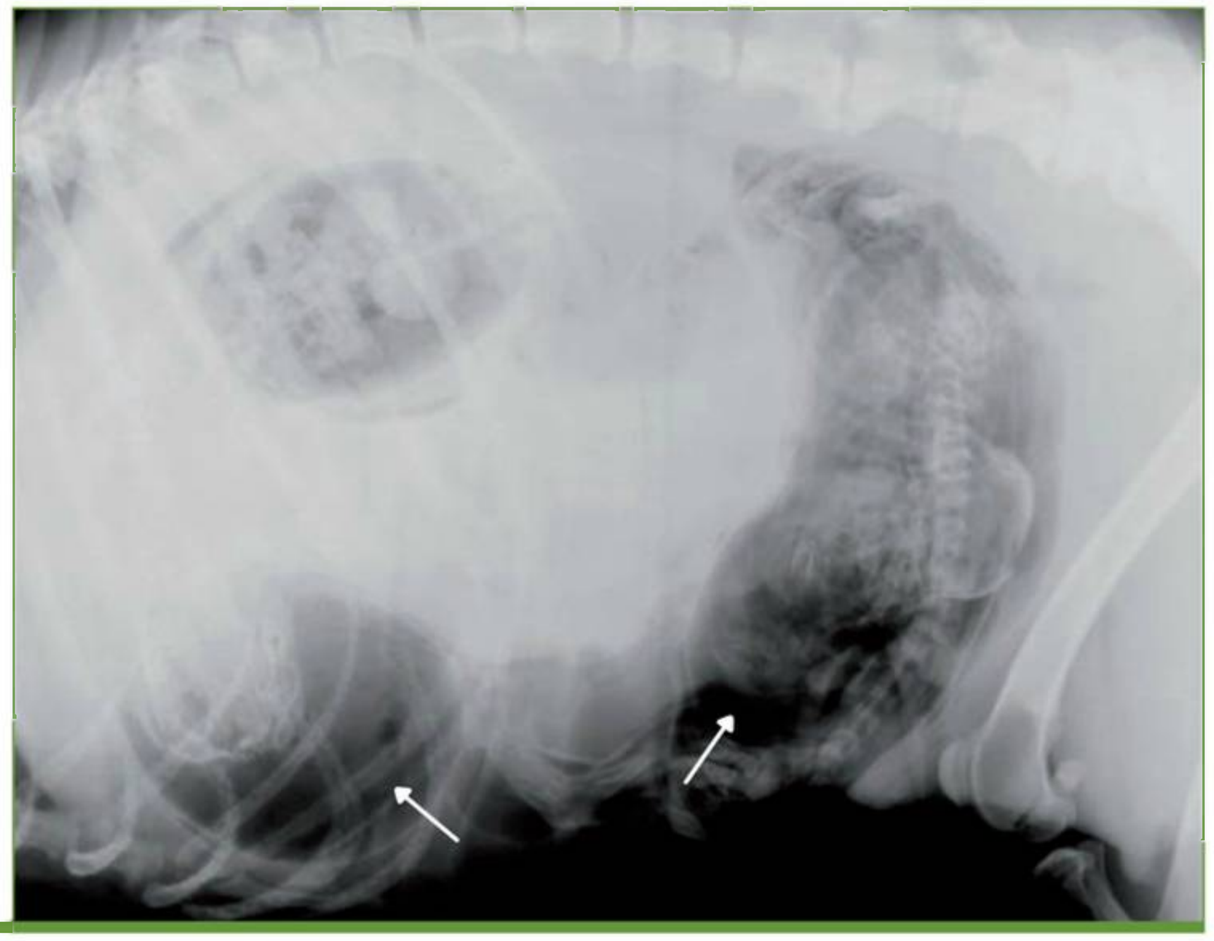


Figura 91. Radiografía abdominal lateral de una perra gestante a término. Se observa abundante cantidad de gas rodeando a los fetos (flechas), lo que es compatible con presencia de gas intrauterino y muerte fetal

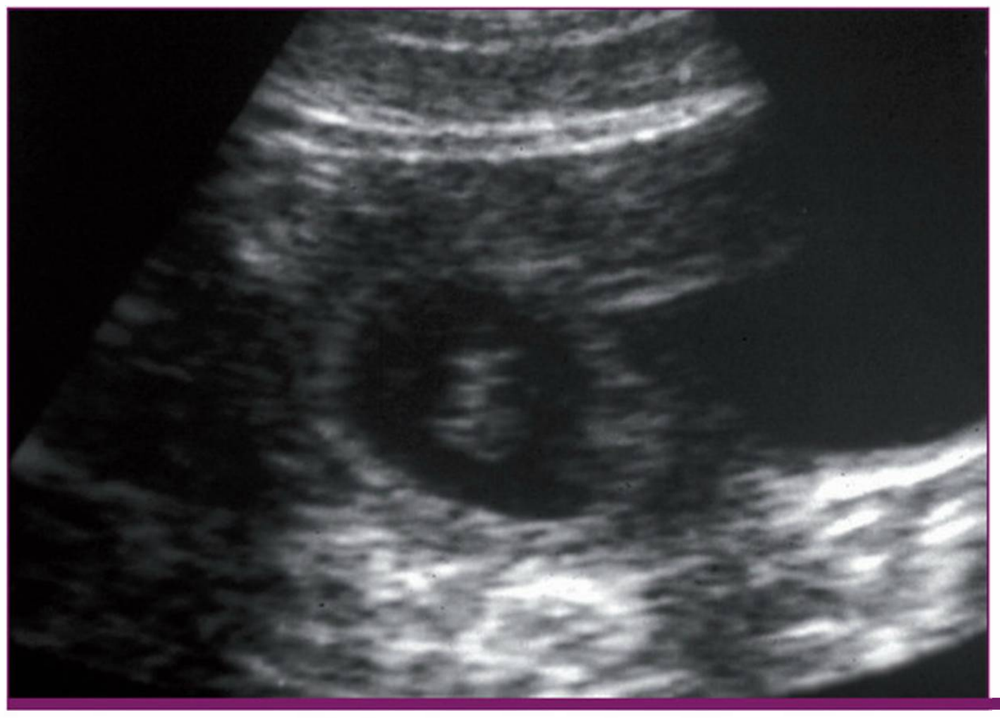


Figura 92. Imagen ecográfica de una gestación temprana (± 23 días) obtenida por delante del cuerpo de la vejiga de la orina en una perra. Se observa una vesícula embrionaria de aspecto anecoico y morfología redondeada, con material ecogénico en su interior (nudo embrionario).

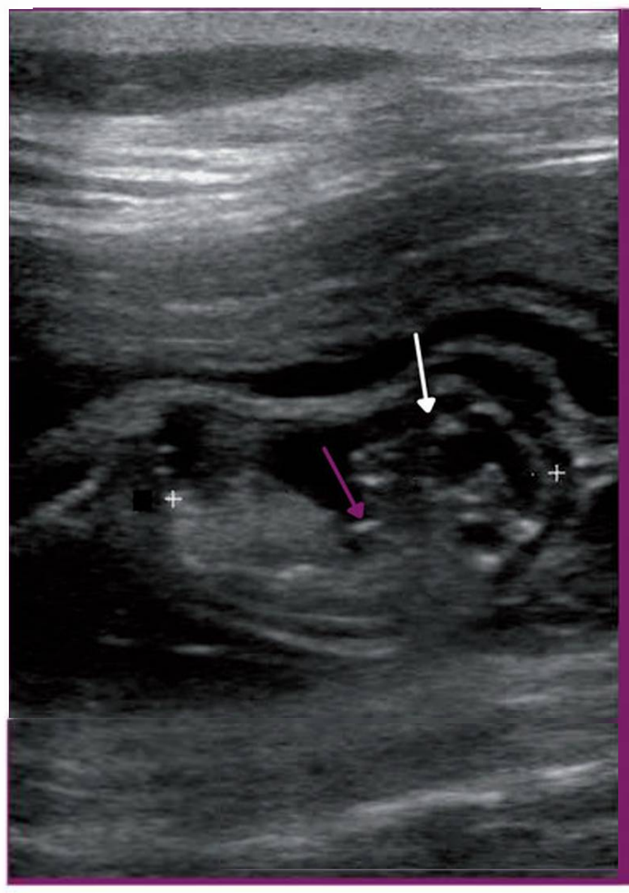


Figura 93. Imagen ecográfica de una gestación canina en torno a los 30 días de edad. La vesícula embrionaria ha perdido su morfología redondeada para hacerse alargada. La cabeza (flecha blanca) y el cuello (flecha morada) de los fetos ya pueden diferenciarse, adivinándose la forma corporal (longitud total del embrión: 1,6 cm).

Figura 94. Imagen ecográfica en detalle del tórax de un feto con más de 45 días de edad gestacional. Obsérvese la mayor ecogenicidad del parénquima pulmonar (flecha morada) comparado con el hígado (flecha blanca). Las cámaras cardiacas están ya diferenciadas (*). El aspecto craneal del feto se encuentra a la izquierda de la imagen.

Tabla 6. Cálculo de la edad gestacional en la perra de acuerdo con el reconocimiento progresivo de las estructuras fetales (adaptado de Yeager *et al.*, 1992).

Estructura fetal	Cálculo de la edad gestacional en días tras el pico de LH*
Vesícula embrionaria redondeada	17-20
Aparición del embrión	23-25
Actividad cardiaca (frémito)	23-25
Elongación tubular de la vesícula embrionaria (saco vitelino)	27-31
Diferenciación entre cabeza y tronco	28
Movimiento fetal espontáneo	35
Aparición de las extremidades	35
Aparición del esqueleto fetal	33-39
Aparición del estómago y la vejiga de la orina	35-39
Pulmones ecogénicos con respecto al parénquima hepático	38-42
Visualización de los riñones y del globo ocular	39-47
Diferenciación de las cámaras cardiacas	40
Identificación de la morfología intestinal	57-63
Aparición de peristaltismo intestinal	60-63

* LH: hormona luteinizante.

Testículos

La evaluación de los testículos se realiza mediante ecografía de manera sencilla y rápida. Un testículo normal presenta una apariencia ecogénica similar a la de la próstata y muestra el mediastino testicular, estructura lineal hiperecógena en el centro de la gónada (fig. 95). Además de para evaluar su parénquima en el caso de alteraciones inflamatorias o neoplásicas, la ecografía es útil en la búsqueda de testículos ectópicos situados en la cavidad abdominal (fig. 96).

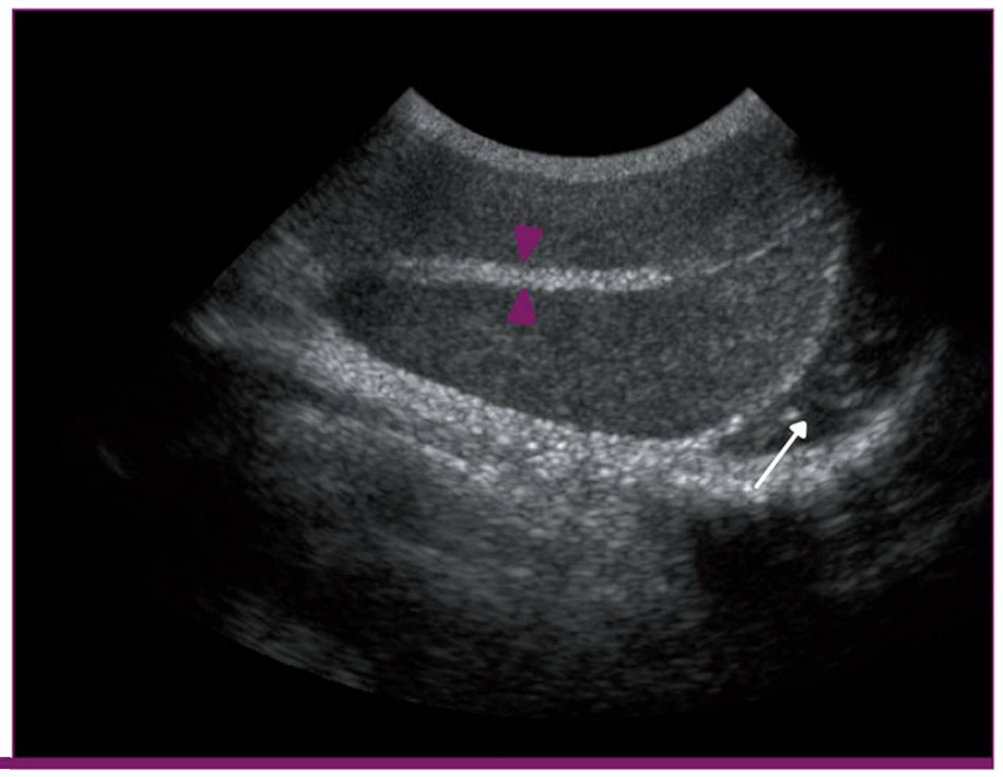


Figura 95. Imagen ecográfica correspondiente a una sección sagital de un testículo en la bolsa escrotal. El parénquima de la gónada masculina presenta una textura homogénea, en cuyo centro se sitúa el mediastino testicular (entre puntas de flecha) que aparece como una estructura lineal fuertemente ecogénica. En el polo caudal del testículo es visible el epidídimo (flecha blanca).

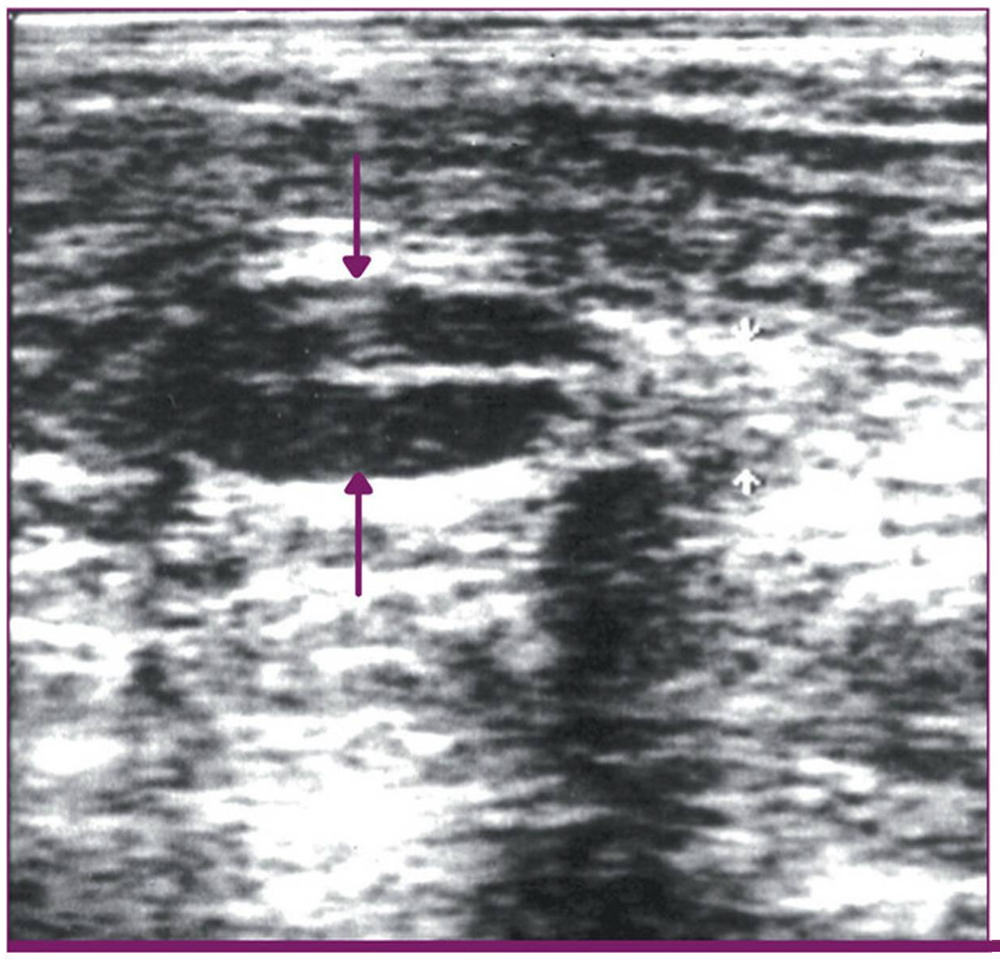


Figura 96. Imagen ecográfica en sección sagital de un testículo ectópico, localizado caudalmente al riñón izquierdo en abdomen medio. Nótese la escasa ecogenicidad del parénquima comparado con un testículo escrotal (fig. 95). Habitualmente los testículos ectópicos se sitúan caudalmente en el abdomen, localizándose a ambos lados de la vejiga de la orina en dirección al canal inguinal.

Glándulas adrenales

Las glándulas adrenales normales no son visibles radiológicamente, siendo la ecografía la herramienta diagnóstica de referencia para su evaluación. La glándula adrenal normal es alargada, estrecha y de escasa ecogenicidad, localizándose en el aspecto craneomedial de los riñones por delante de la salida de las arterias renales. La glándula izquierda presenta un istmo central que divide a dos lóbulos, craneal y caudal, en una forma típica de "cacahuete" (fig. 97). La glándula derecha es más recta y presenta forma de flecha con la punta en dirección caudal. En ocasiones es visible una distinción corticomedular, siendo la médula más ecogénica que la porción cortical exterior. La evaluación de las glándulas adrenales tiene interés ante una sospecha de hiperadrenocorticalismo, donde van a experimentar habitualmente un engrosamiento bilateral de su tamaño. En cambio, las neoplasias corticales o los feocromocitomas tienen tendencia a ser solitarios y en ocasiones adquieren un gran tamaño. En las neoplasias adrenales, el examen ecográfico es importante para determinar el grado de invasión infiltrativa de la vena cava u otros vasos, así como para identificar linfadenopatías zonales (figs. 98 y 99).

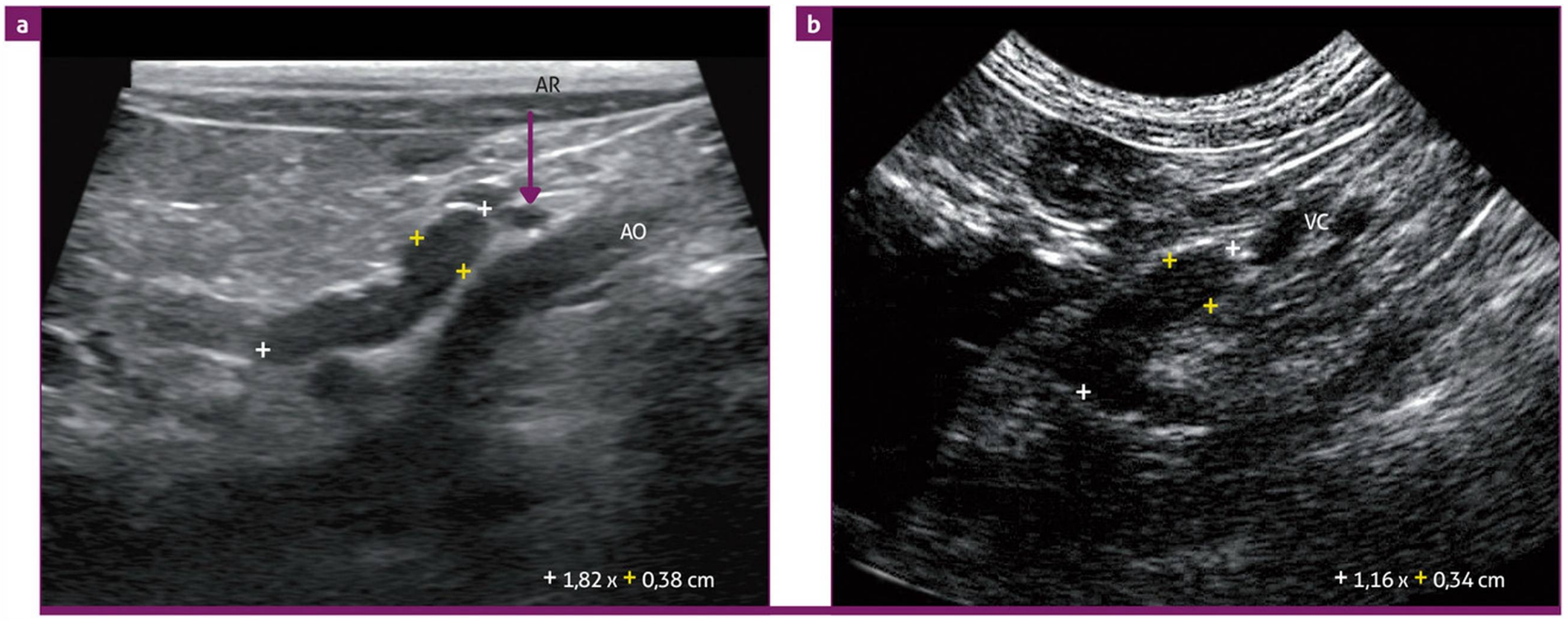
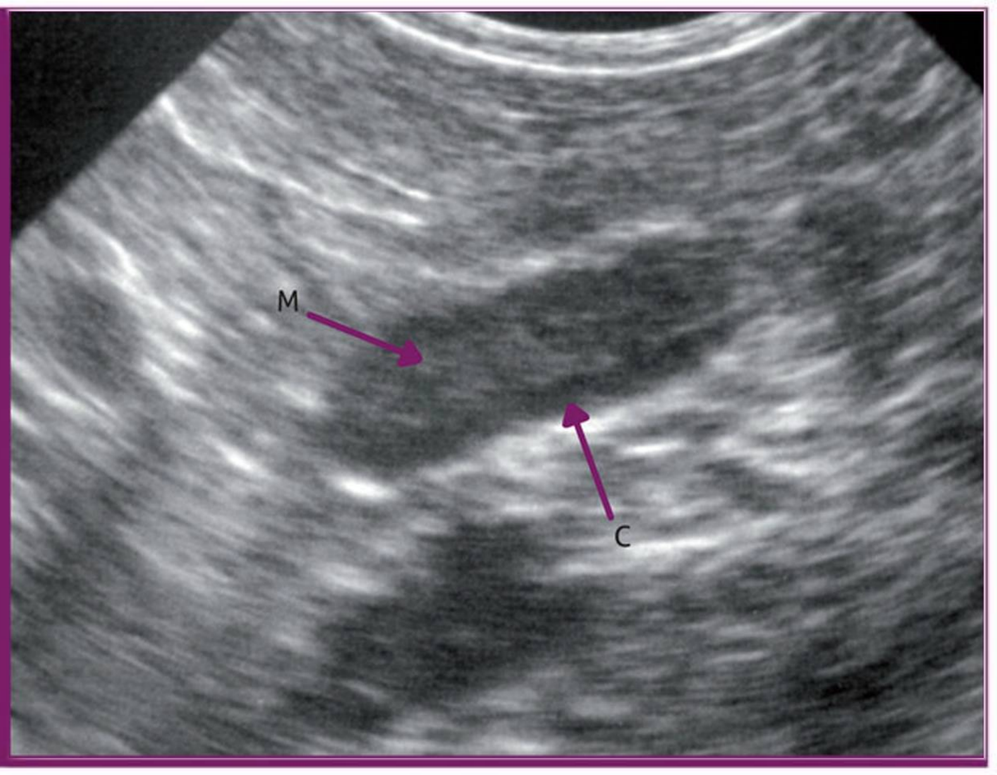


Figura 97. Imagen ecográfica en sección sagital de las glándulas adrenales. En el lado izquierdo (a), la glándula está situada craneomedialmente respecto del riñón. La glándula izquierda presenta forma de cacahuete con 2 semillas con un istmo central (entre + blancas y amarillas, diámetros longitudinal y transversal respectivamente). Una constante anatómica de las adrenales es su localización invariable cranealmente a la arteria renal (AR). La glándula derecha (b) (entre + blancas y amarillas, diámetros longitudinal y transversal respectivamente) presenta un aspecto más rectilíneo y tiene como referencia de búsqueda el aspecto lateral de la vena cava caudal (VC) a su paso por el riñón.

Figura 98. Imagen ecográfica de la glándula adrenal izquierda en un perro con síndrome de Cushing. Nótese la pérdida de su apariencia esbelta así como del típico istmo central. La distinción corticomedular –médula (M) más ecógena que la corteza (C)– es visible en esta imagen.



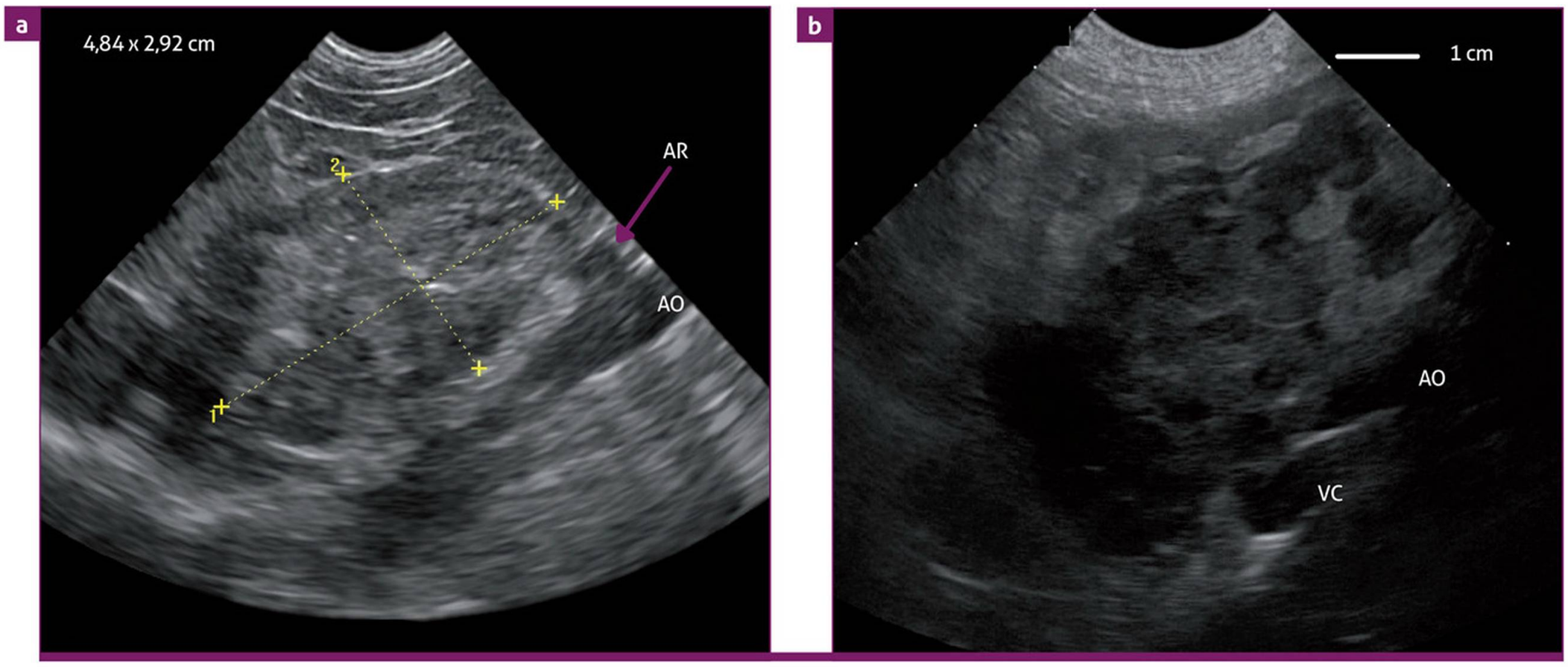


Figura 99. Imágenes ecográficas de masas adrenales unilaterales. En (a), obsérvese la posición caudal de referencia de la arteria renal (AR) con respecto a la glándula, el aumento de la ecogenicidad parenquimatosa y su aumento de tamaño (4,84 x 2,92 cm; compárese con las glándulas normales de la figura 97). En (b), las dimensiones de la masa adrenal son muy grandes (ver escala) presentando grandes cavidades anecoicas e invasión vascular central. Ambos hallazgos son compatibles con neoplasias adrenales. AO: aorta, VC: vena cava caudal.

Nódulos linfáticos

La exploración radiográfica de los nódulos linfáticos presenta limitaciones ya que no son visibles en condiciones normales. Únicamente pueden ser apreciados cuando existe un incremento de volumen apreciable como para crear un efecto masa (figs. 100 y 101). Ecográficamente, los nódulos linfáticos también son órganos difíciles de identificar en condiciones normales pues presentan una ecogenicidad muy similar o levemente menor respecto a los tejidos blandos adyacentes, con una morfología acintada y aplanada (fig. 102). En los cachorros los nódulos linfáticos son relativamente de mayor tamaño que en los adultos, por lo que se visualizan con más facilidad.

En las linfadenopatías los nódulos linfáticos incrementan su longitud y grosor y disminuyen su ecogenicidad haciéndose más fácilmente localizables. Las linfadenopatías indican un proceso patológico sistémico (caso del linfoma) o bien en las áreas tributarias de la linfa del nódulo. Por ejemplo, ante una linfadenopatía ilíaca medial a nivel de la bifurcación de la aorta abdominal, es necesario explorar con detalle las vísceras pélvicas (vejiga, próstata, útero) en busca de alguna patología de tipo infiltrativo (fig. 103).

Los nódulos linfáticos en ocasiones aumentan mucho de tamaño y tienden a la cavitación, especialmente en el linfoma multicéntrico (fig. 104).

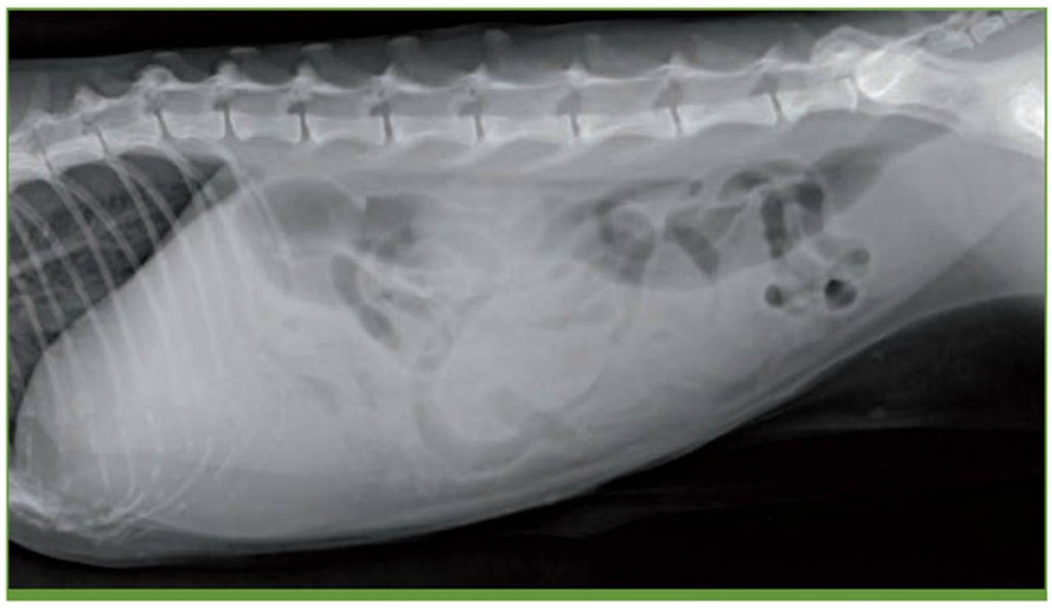


Figura 100. Imagen radiográfica lateral del abdomen de un gato con una neoplasia intestinal y linfadenopatía mesentérica generalizada identificada por ecografía. Nótese la pérdida de contraste radiográfico y el efecto masa en abdomen medio ventral.

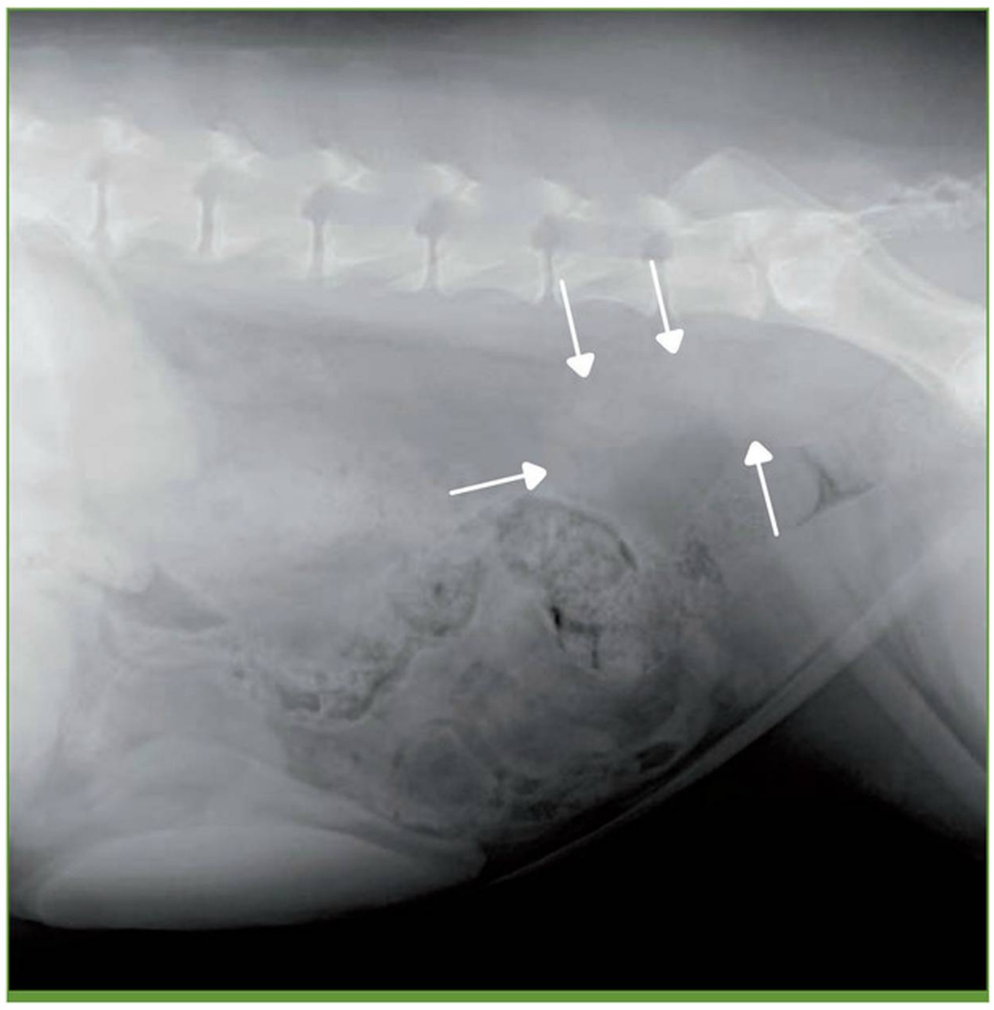


Figura 101. Imagen radiográfica lateral del abdomen caudal de un perro con linfadenopatía sublumbar. Nótese el incremento de radiopacidad ventralmente a L6-L7 (flechas) y el desplazamiento ventral del colon descendente.

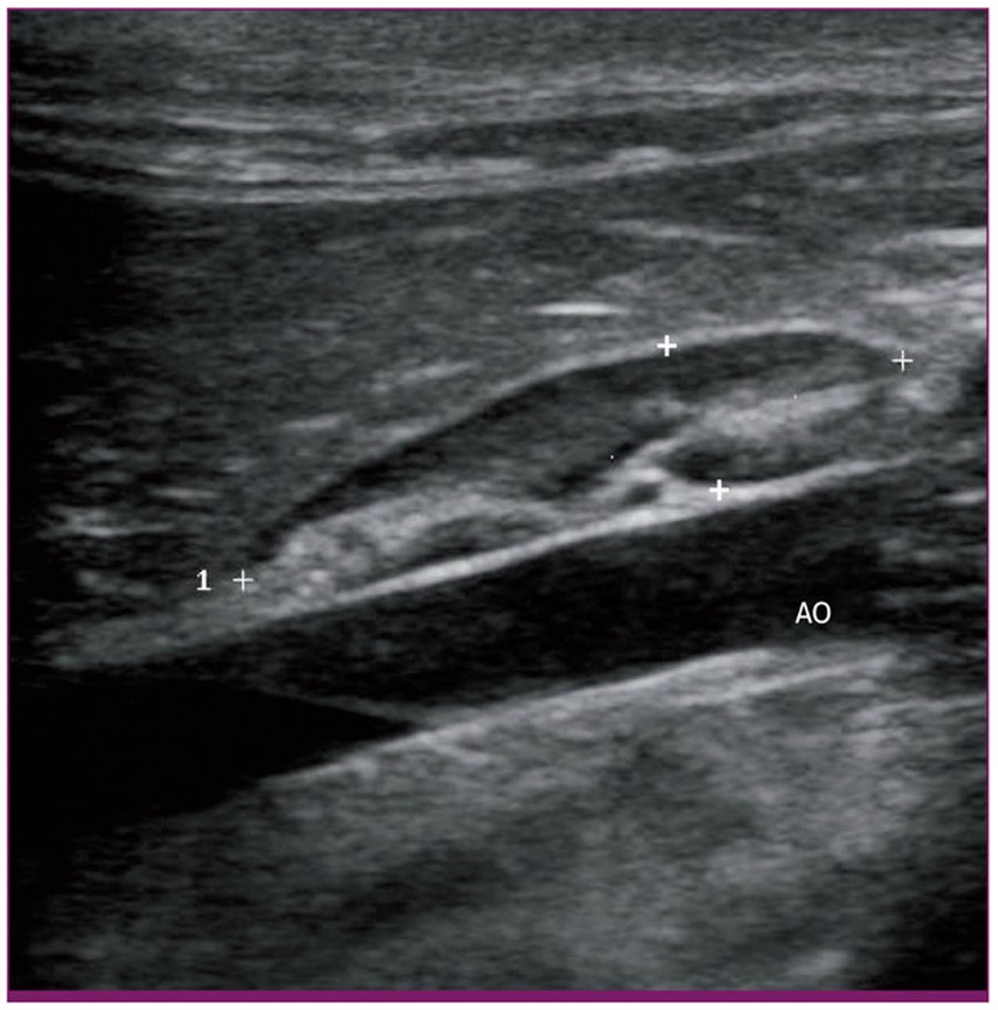


Figura 102. Imagen ecográfica del nódulo linfático ilíaco medial izquierdo normal (entre +, 1,8 x 0,4 cm). Este nódulo se sitúa inmediatamente caudal a la bifurcación aórtica. Nótese su aspecto alargado y levemente hipoecoico situado adyacente a la aorta (AO).

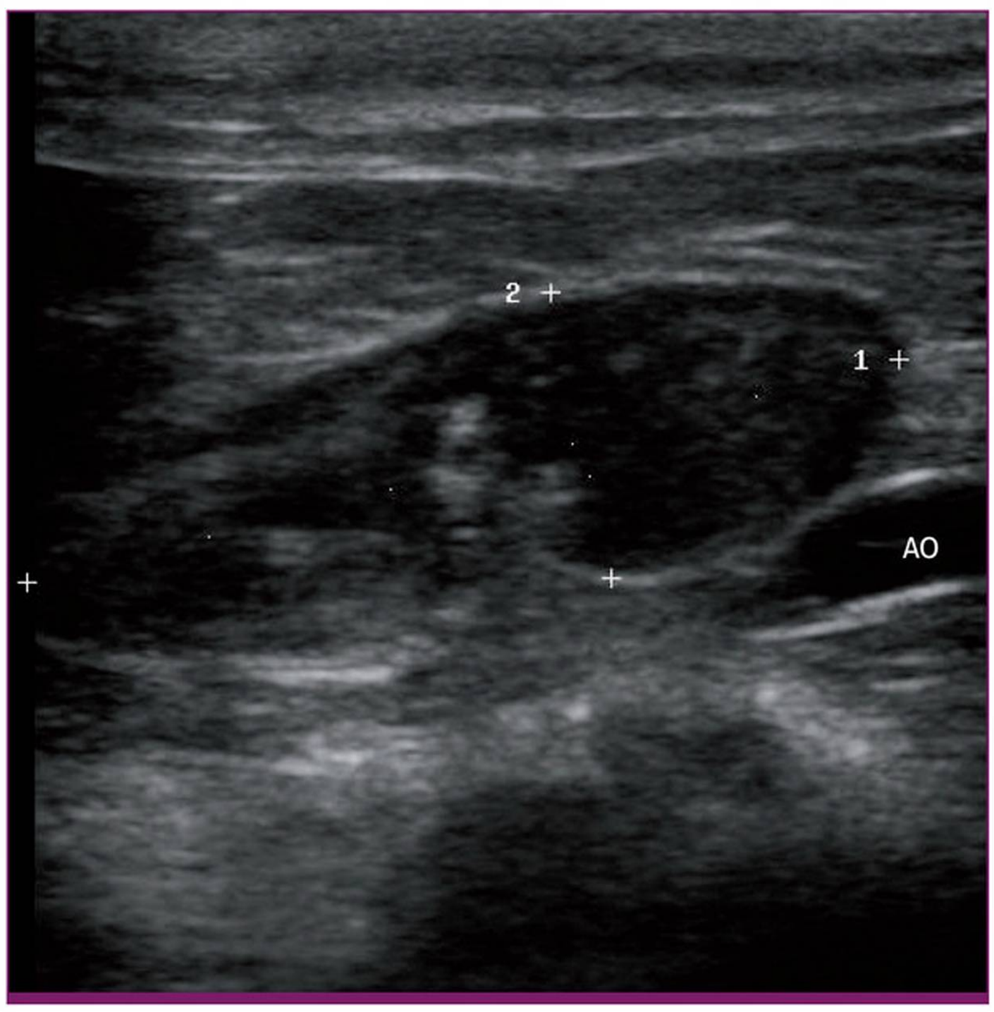


Figura 103. Linfadenopatía ilíaca medial en un carcinoma prostático. Obsérvese el engrosamiento del nódulo (4,5 x 1,6 cm) y su carácter hipoecógeno. AO: aorta.

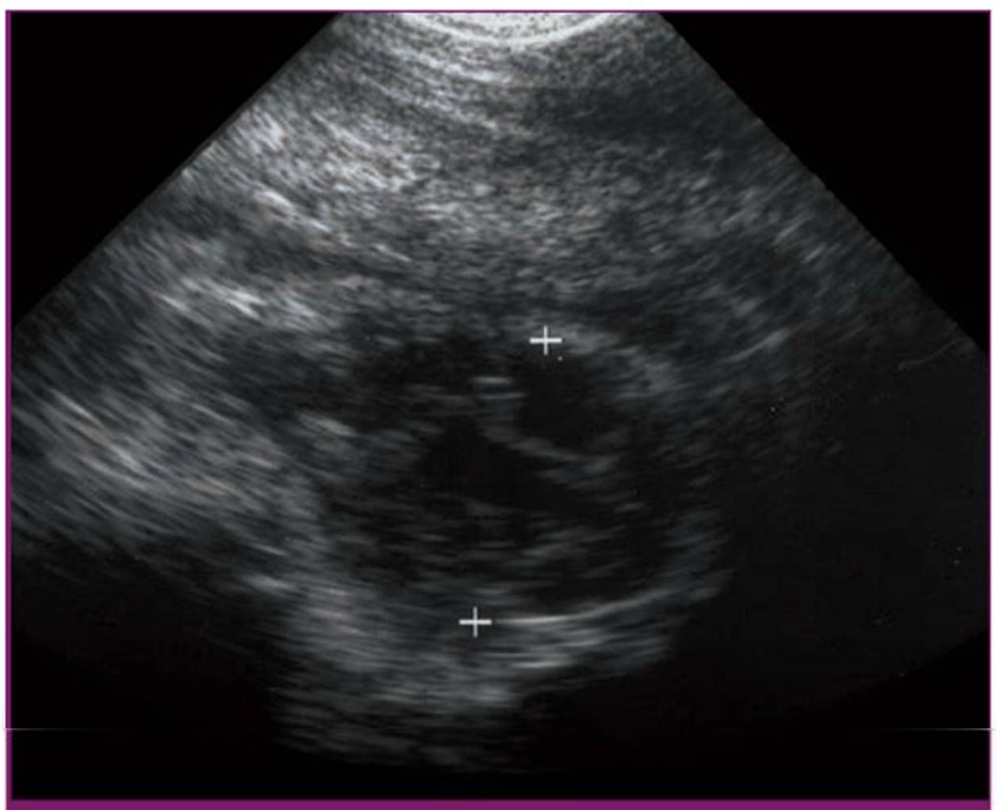
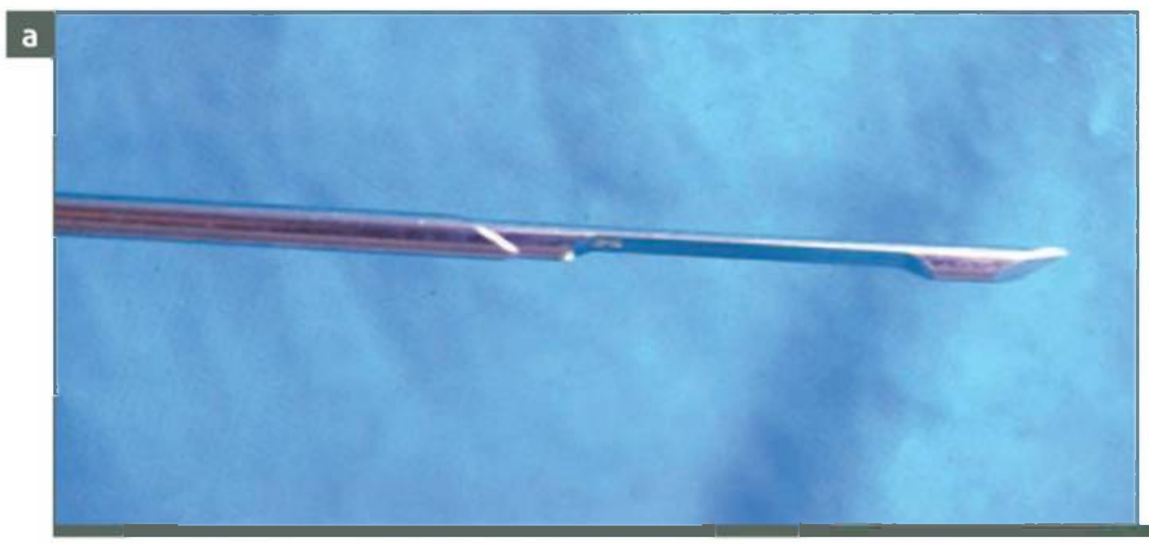


Figura 104. Imagen ecográfica de un nódulo linfático mesentérico en un linfosarcoma multicéntrico canino. El nódulo ha experimentado un aumento considerable de su grosor y presenta cavidades anecoicas en el interior de su parénquima.

Ecografía abdominal intervencionista

Aunque la obtención de muestras de aspirados o biopsias orgánicas guiada por ecografía puede realizarse en cualquier territorio orgánico, hemos querido hacer hincapié en el intervencionismo abdominal por ser relativamente más frecuente. Existen dos tipos básicos de pruebas para obtener muestras guiadas:

- **Aspirado con aguja fina.** Consiste en obtener una muestra de células o líquidos orgánicos y realizar una extensión en un portaobjetos para su examen microscópico o cultivo. La aspiración de orina mediante cistocentesis (fig. 79a) es quizá el procedimiento rutinario más utilizado en la clínica diaria. Otros líquidos como las efusiones abdominales o torácicas, la bilis o el vaciamiento de abscesos son también procedimientos factibles de ser guiados mediante ecografía. La aspiración con aguja fina puede realizarse con una sedación ligera del animal o incluso despierto.
- **Biopsia manual o automática tipo *trucut*.** Consiste en la obtención de una muestra de tejido mediante una aguja con una muesca sagital que entra y sale del órgano muy rápidamente y recoge la pieza tisular (fig. 105). La realización de biopsias requiere la monitorización anestésica del animal y la evaluación del perfil de coagulación previo al procedimiento para determinar el riesgo de hemorragia posterior. La biopsia puede realizarse manualmente, incidiendo con la aguja paralelamente al haz de ultrasonidos, o bien empleando una guía de biopsia si el equipamiento lo permite (fig. 106).



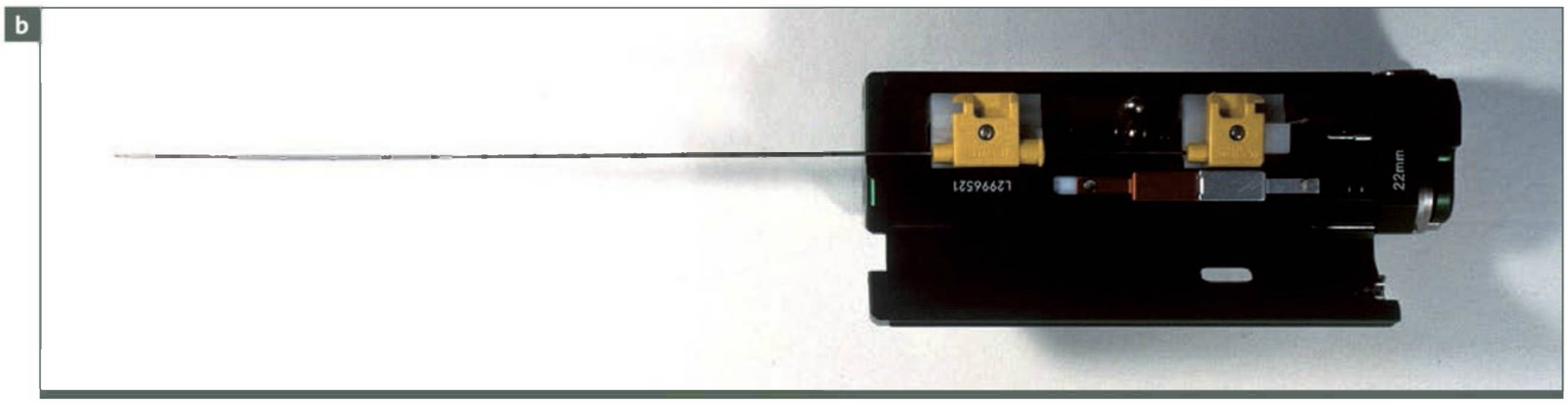


Figura 105. Detalle de una aguja tipo *trucut* diseñada para obtener muestras cilíndricas de tejido para su examen histológico (a). Estas agujas pueden manejarse manualmente o bien acoplarse a pistolas automáticas como la de la imagen (b).

Independientemente de estos dos procedimientos, que son los más habituales en la colección de muestras orgánicas, existen otros que también utilizan como guía la ecografía cuando los dos anteriores están contraindicados. Por ejemplo, en los casos de neoplasias intraparietales de la vejiga de la orina puede haber riesgo de rotura en la punción transabdominal si la pared está muy afectada, además de la posibilidad de sembrado peritoneal de la neoplasia. Por ello, en estos casos se recurre al vaciamiento de la vejiga por sondaje y posterior llenado a presión con suero salino fisiológico. Se utiliza la sonda para agitar la masa guiada por la ecografía y a continuación se aspira el fluido (potencialmente rico en células descamadas de la lesión) para su estudio.

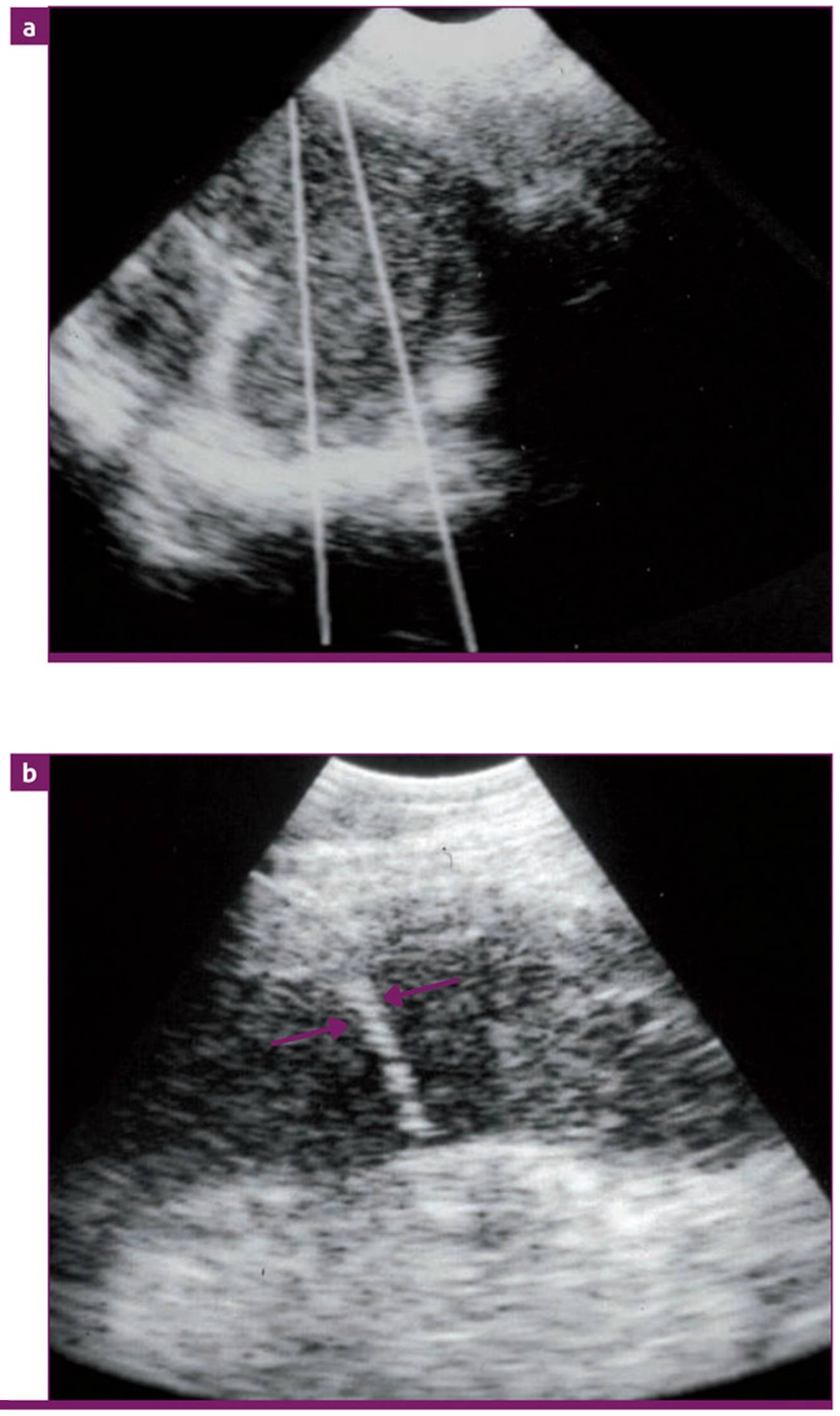


Figura 106. Imagen ecográfica del bazo de un perro a punto de ser biopsiado (a). Nótense las dos líneas superpuestas –guía de biopsia ecográfica- sobre el órgano, que muestran el lugar de entrada de la aguja previo a su introducción. Imagen ecográfica del bazo después de la toma de muestra (b). Obsérvese el trayecto ecogénico lineal (flechas) formado en su parénquima, correspondiente con la entrada de gas en el órgano inmediatamente después de la biopsia.

Bibliografía

ACKERMAN, N. Radiographic evaluation of the uterus: a review. *Vet Radiol*, 1981; 22:252.

ARNBJERG, J. Gastric emptying time in the dog and cat. *J Am Anim Hosp Assoc,* 1992; 28:77.

BARBER, D.L., MAHAFFEY, M.B. The peritoneal space. In Thrall DE, ed.: *Textbook of veterinary diagnostic radiology*, ed. 3. WB Saunders, Philadelphia, 1998; pp. 441-457.

BARR, F.J., HOLT, P.E., GIBBS, C. Ultrasound measurement of normal renal parameters. *J Small Anim Pract*, 1990; 31:180.

BARR, F. Ultrasonographic assessment of liver size in the dog. *J Small Anim Pract*, 1992; 33:359.

BARR, F.J. Liver ultrasound in the dog. *Vet Annual*, 1991; 31:120.

BIERY, D.N. Upper urinary tract. In O'Brien TR, ed.: *Radiographic diagnosis of abdominal disorders of the dog and cat*. Covell Park Vet Co, Davis, California, 1981.

BILLER, D.S., KANTROWITZ, B., PARTINGTON, B. *et al.* Diagnostic ultrasound of the urinary bladder. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1990; 26:397.

BILLER, D.S., KANTROWITZ, B., MIYABAYASHI, T. Ultrasonography of diffuse liver disease. *J Vet Intern Med,* 1992; 6:71.

BILLER, D.S., BRADLEY, G.A., PARTINGTON, B.P. Renal medullary rim sign: ultrasonographic evidence of renal disease. *Vet Radiol Ultrasound,* 1992; 33:286.

BLACKWOOD, L., SULLIVAN, M., LAWSON, H. Radiographic abnormalities in canine multicentric lymphoma: a review of 84 cases. *J Small Anim Pract*, 1997; 38:62.

CARLISLE, C.H., WU, J.X., HEATH, J.R. The ultrasonic anatomy of the hepatic and portal veins of the canine liver. *Vet Radiol*, 1991; 32:170.

DIEZ-BRU, N., GARCIA-REAL, I., LOLOREBS, M.P. *et al*. Ultrasonographic appearance of extrahepatic biliary obstruction in a dog: a description of 7 cases. *Eur J Comp Anim Pract*, 1995; 15:182.

DOUGLASS, J.P., BERRY, C.R., JAMES, S. Ultrasonographic adrenal gland measurements in dogs without evidence of adrenal disease. *Vet Radiol Ultrasound*, 1997; 38:124-130.

ENGLAND, G.C.W., ALLEN, W.E. Real-time ultrasonic imaging of the ovary and uterus of the dog. *J Reprod Fertil*, 1989; 39:91.

ENGLAND, G.C.W., ALLEN, W.E. Studies of canine pregnancy using B-mode ultrasound: diagnosis of early pregnancy and the number of conceptuses. *J Small Anim Pract*, 1990; 31:321. 828.

ENGLAND, G.C.W., ALLEN, W.E. Studies of canine pregnancy using B-mode ultrasound: development of the conceptus and determination of gestational age. *J Small Anim Pract*, 1990; 31:324.

ENGLAND, G.C.W., YEAGER, A.W. Ultrasonographic appearance of the ovary and uterus of the bitch during oestrus, ovulation and early pregnancy. *J Reprod Fertil Suppl*, 1993; 47:107.

FEENEY, D.A., THRALL, D.E., BARBER, D.L., *et al*. Normal canine excretory urogram: effects of dose, time, and individual dog variation. *Am J Vet Res*, 1979; 40:1596.

FEENEY, D.A., BARBER, D.L., JOHNSTON, G.R. *et al.* The excretory urogram. I. Techniques, normal radiographic appearance and misinterpretation of normal findings. *Comp Cont Educ Pract Vet*, 1982; 4:233-240.

FEENEY, D.A., JOHNSTON, G.R., HARDY, R.M. Two-dimensional ultrasonography for assessment of hepatic and splenic neoplasia in the dog and cat. *J Am Vet Med Assoc*, 1984; 184:68.

FEENEY, D.A., JOHNSTON, G.R., WALTER, P.A. Abdominal sonography-1989: general interpretation and abdominal masses. *Semin Vet Med Surg*, 1989; 4:77-94.

FEENEY, D.A., JOHNSTON, G.R. The kidneys and ureters. In Thrall DE, ed.: *Textbook of veterinary diagnostic radiology*, ed. 3. WB Saunders, Philadelphia, 1998; p. 466.

FERETTI, L.M., NEWELL, S.M., GRAHAM, J.P. *et al*.: Radiographic and ultra-sonographic evaluation of the normal feline postpartum uterus. *Vet Radiol Ultrasound*, 2000; 41:287.

FRANK, P., MAHAFFEY, M., EGGER, C., CORNELL, K.K. Helical computed tomographic portography in ten normal dogs and ten dogs with a portosystemic shunt. *Vet Radiol Ultrasound*, 2003 Jul-Aug; 44(4):392-400.

GRANDAGE, J. The radiological appearance of stomach gas in the dog. *Aust Vet J*, 1974; 50:529-532.

GROOTERS, A.M., BILLER, D.S., MIYABAYASHI, T. *et al.* Evaluation of routine abdominal ultrasonography as a technique for imaging the canine adrenal glands. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1994; 30:457.

HENLEY, R.K., HAGER, D.A., ACKERMAN, N. A comparison of two-dimensional ultrasonography and radiography for the detection of small amounts of free peritoneal fluid in the dog. *Vet Radiol*, 1989; 30:121.

HOLT, D.E., SCHELLING, C.G., SAUNDERS, H.M. *et al.* Correlation of ultrasonographic findings with surgical, portography and necropsy findings in dogs and cats with portosystemic shunts: 63 cases (1987-1993). *J Am Vet Med Assoc*, 1995; 207:1190.

JACOBS, T.M., O'BRIEN, R.T. What is your diagnosis? Hepatomegaly and cholelithiasis with mineralization of the biliary tract in a dog. *J Am Vet Med Assoc*, 1997; 211:291.

JOHNSTON, G.R., JESSEN, C.R., OSBORNE, C.A. Retrograde contrast urethrography. In Kirk RW, ed.: *Current veterinary therapy* VI. WB Saunders, Philadelphia, 1977.

KANTROWITZ, B.M., NYLAND, T.G., FELDMAN, E.C. Adrenal ultrasonography in the dog: detection of tumors and hyperplasia in hyperadrenocorticism. *Vet Radiol*, 1986; 27:91.

KIRPENSTEIJN, J., FINGLAND, R.B., ULRICH, T. *et al.* Cholelithiasis in dogs: 29 cases (1980-1990). *J Am Vet Med Assoc*, 1993; 202:1137.

KONDE, L.J., WRIGLEY, R.H., PARK, R.D. *et al.* Ultrasound anatomy of the normal canine kidney. *Vet Radiol*, 1984; 25:173.

LAMB, C.R. Dilation of the pancreatic duct: an ultrasonographic finding in acute pancreatitis. *J Small Anim Pract*, 1989; 30:410.

LAMB, C.R. Abdominal ultrasonography in small animals: examination of the liver, spleen and pancreas. *J Small Anim Pract*, 1990; 31:5.

LAMB, C.R., HARTZBAND, L.E., TIDWELL, A.S. *et al*. Ultrasonographic findings in hepatic and splenic lymphosarcoma in dogs and cats. *Vet Radiol*, 1991; 32:117.

LAMB, C.R., TROWER, N.D., GREGORY, S.P. Ultrasound-guided catheter biopsy of the lower urinary tract: technique and results in 12 dogs, *J Small Anim Pract*, 1996; 37:413.

LAMB, C.R. Ultrasonography of portosystemic shunts in dogs and cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1998; 28:725.

LATIMER, J.C. The prostate gland. In Thrall DE, ed.: *Textbook of veterinary diagnostic radiology*, ed. 2. WB Saunders, Philadelphia, 1994; p. 479.

LEE, R., LEOWIJUK, C. Normal parameters in abdominal radiology of the dog and cat. *J Small Anim Pract,* 1982; 23:251.

LEVEILLE, R., BILLER, D.S., PARTINGTON, B.P. *et al.* Sonographic investigation of transitional cell carcinoma of the urinary bladder in small animals. *Vet Radiol Ultrasound*, 1992; 33:103.

LOVE, N.E. The appearance of the canine pyloric region in right versus left lateral recumbent radiographs. *Vet Radiol Ultrasound*, 1993; 34:169.

LULICH, J.P., OSBORNE, C.A., WALTER, P.A. *et al.* Feline idiopathic polycystic kidney disease. *Comp Cont Educ Pract Vet*, 1988; 10:1030.

MIYABAYASHI, T., MORGAN, J.P. Gastric emptying in the normal dog: a contrast radiographic technique. *Vet Radiol*, 1984; 25:187.

MIYABAYASHI, T., MORGAN, J.P., ATILOLA, M.A.O. *et al.* Small intestinal emptying time in normal Beagle dogs. *Vet Radiol*, 1986; 27:164.

MORGAN, J.P. The upper gastrointestinal tract in the cat: a protocol for contrast radiography. *J Am Vet Radiol Soc*, 1977; 18:134.

MORGAN, J.P. The upper gastrointestinal examination in the cat: normal radiographic appearance using positive contrast medium. *Vet Radiol*, 1981; 22:159.

NEWELL, S.M., GRAHAM, J.P., ROBERTS, G.D. *et al.* Sonography of the normal feline gastrointestinal tract. *Vet Radiol Ultrasound*, 1999; 40:40.

NYLAND, T.G., HAGER, D.A. Sonography of the liver, gallbladder and spleen. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 1985; 15:1123.

O'BRIEN, T.R. *Radiographic diagnosis of abdominal disorders in the dog and cat*. Covell Park Vet Co, Davis, California, 1978.

OLSON, P.N., WRIGLEY, R.H., THRALL, A.M. *et al.* Disorders of the canine prostate gland: pathogenesis, diagnosis and medical therapy. *Comp Cont Educ Pract Vet*, 1987; 9:613.

PARK, R.D. Radiology of the urinary bladder and urethra. In O'Brien TR, ed.: *Radiographic diagnosis of abdominal disorders of the dog and cat.* Covell Park Vet Co, Davis, California, 1981.

PARK, R.D. The urinary bladder. In Thrall DE, ed.: *Textbook of veterinary diagnostic radiology*, ed. 3. WB Saunders, Philadelphia, 1998; p. 479.

PENNINCK, D.G., NYLAND, T.G., FISCHER, P.E. *et al.* Ultrasonography of the normal canine gastrointestinal tract. *Vet Radiol*, 1989; 30:272.

PENNINCK, D.G., NYLAND, T.G., KERR, L.Y. *et al.* Ultrasonographic evaluation of gastrointestinal diseases in small animals. *Vet Radiol*, 1990; 31:134.

PENNINCK, D.G., MOORE, A.S., TIDWELL, A.S. *et al.* Ultrasonography of alimentary lymphosarcoma in the cat. *Vet Radiol Ultrasound*, 1994; 35:299.

PHARR, J.W., POST, K. Ultrasonography and radiography of the canine postpartum uterus. *Vet Radiol Ultrasound*, 1992; 33:35.

PUGH, C.R., KONDE, L.J., PARK, R.D. Testicular ultrasound in the normal dog. *Vet Radiol*, 1990; 31:194.

PUGH, C.R. Ultrasonographic examination of abdominal lymph nodes in the dog. *Vet Radiol Ultrasound*, 1994; 35:110.

RIVERS, B.J., WALTER, P.A., LETOURNEAU, J.G. *et al.* Duplex Doppler estimation of resistive index in arcuate arteries of sedated, normal female dogs: implications for the use in the diagnosis of renal failure. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1997; 33:69.

ROOT, C.R. Contrast radiography of the urinary system. In Ticer JW, ed.: *Radiographic technique in veterinary practice*, ed. 2. WB Saunders, Philadelphia, 1984; 374.

ROOT, C.R. Abdominal masses. In Thrall DE, ed.: *Textbook of veterinary diagnostic radiology*, ed. 3. WB Saunders, Philadelphia, 1998; pp. 417-440.

ROUSH, J.K., BJOLING, D.E., LORD, P. Diseases of the retroperitoneal space in the dog and cat. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1990; 26:47.

RUEL, Y., BARTHEZ, P.Y., MAILLES, A., BEGON, D. Ultrasonographic evaluation of the prostate in healthy intact dogs. *Vet Radiol Ultrasound*,1998 May-Jun; 39(3):212-6.

SAUNDERS, H.M. Ultrasonography of the pancreas. *Prob Vet Med*, 1991; 3:583.

SPAULDING, K.A. Sonographic evaluation of peritoneal effusion in small animals. *Vet Radiol Ultrasound*, 1994; 34:427.

STOWATER, J.L., LAMB, C.R., SCHELLING, S.H. Ultrasonographic features of canine nodular hyperplasia. *Vet Radiol*, 1990; 31:268.

TIDWELL, A.S., PENNINCK, D.G. Ultrasonography of gastrointestinal foreign bodies. *Vet Radiol Ultrasound*, 1992; 33:160.

VOORHOUT, G. Diagnostic imaging in dogs: radiography, ultrasonography and computed tomography for examination of the abdomen. *Vet Q*, 1995; 17:30-31.

YEAGER, A.E., MOHAMMED, H. Accuracy of ultrasonography in the detection of severe hepatic lipidosis in cats. *Am J Vet Res*, 1992 Apr; 53(4):597-9.

YEAGER, A.E., MOHAMMED, H.O., MEYERS-WALLEN, V. *et al.* Ultrasonographic appearance of the uterus, placenta, fetus and fetal membranes throughout accurately timed pregnancy in Beagles. *Am J Vet Res*, 1992; 53:342.

VOROS, K., FELKAI, C., VREBELY, T. *et al.* Ultrasonographic examination of the canine and feline urinary tract. *Eur J Comp Vet Pract*, 1995; 5:55.

WALLACE, S.S., MAHAFFEY, M.B., MILLER, D.M. *et al.* Ultrasonographic appearance of the ovaries of dogs during the follicular and luteal phases of the estrous cycle. *Am J Vet Res*, 1992; 53:209.

WALTER, P.A., JOHNSTON, G.R., FEENEY, D.A. *et al.* Applications of ultrasonography in the diagnosis of parenchymal kidney disease in cats: 24 cases (1981-1986). *J Am Vet Med Assoc*, 1988; 192:92.

WEICHSELBAUM, R.C., FEENEY, D.A., HAYDEN, D.W. Comparison of upper gastrointestinal radiographic findings to histopathologic observations: a retrospective study of dogs and cats with suspected small bowel infiltrative disease (1985-1990). *Vet Radiol Ultrasound*, 1994; 35:418.

WRIGLEY, R.H., KONDE, L.J., PARK, R.D. *et al.* Ultrasonographic features of splenic lymphosarcoma in dogs: 12 cases (1980-1986). *J Am Vet Med Assoc*, 1988; 193:1565.

4

DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DE LA CABEZA

Isidro Mateo Pampliega
Fernando Liste Burillo

Anatomía radiográfica, tomografía computerizada y resonancia magnética de la cabeza 148

Encéfalo: lesiones intracraneales 159

Exploración del cráneo, senos, oído y ojos: patología representativa 179

Tejidos blandos del cuello: faringe, laringe e hioides 191

Bibliografía 195

Anatomía radiográfica, tomografía computerizada y resonancia magnética de la cabeza

Técnicas utilizadas para la exploración del encéfalo

Radiología convencional

Las técnicas radiológicas convencionales ofrecen poca sensibilidad en la detección de alteraciones del tejido blando, por lo que su utilización no está justificada en el diagnóstico de patologías intracraneales. Una excepción es su utilización en casos de traumatismo craneoencefálico, lesiones tumorales o inflamatorias osteolíticas que afectan al cráneo y lesiones en senos paranasales u oído medio que, por contigüidad, pueden afectar al parénquima nervioso. En estos casos se pueden utilizar como método de exploración preliminar pero, generalmente, deben acompañarse de procedimientos más sofisticados ya que, en el mejor de los casos, proporcionan únicamente signos indirectos de repercusión sobre el parénquima encefálico.

Ecografía

Esta técnica permite evaluar el parénquima cerebral colocando el transductor en áreas carentes de tejido óseo que puedan impedir la propagación de las ondas de ultrasonido. Estas ventanas acústicas son las fontanelas que, fisiológicas en cachorros, pueden persistir durante toda la vida en determinadas razas de perros. Asimismo, también puede realizarse un acceso ecográfico a la fosa caudal a través del foramen magno, aunque la limitada capacidad de visualización de las estructuras, raramente permite la obtención de imágenes diagnósticas. Con este propósito, en animales de pequeño tamaño como el perro y el gato, han de utilizarse transductores de alta frecuencia (7,5-10 MHz).

Tomografía computerizada

Esta técnica, que tiene como fundamento físico la producción de rayos X, es de gran utilidad para la visualización de estructuras intracraneales. Su gran disponibilidad, la rapidez en la obtención de imágenes y su menor coste con respecto a la resonancia magnética hacen práctica su utilización en ciertos casos. Es especialmente útil para la evaluación del tamaño ventricular, la detección de hemorragia intracraneal, calcificaciones, fracturas de cráneo y visualización de lesiones paranasales y de oído medio. La utilización de contraste facilita la detección de algunas lesiones tumorales o inflamatorias. Entre los inconvenientes, especialmente cuando se compara con la resonancia magnética, está la exposición a la radiación ionizante y el menor contraste tisular. Además, presenta una menor capacidad de visualización de estructuras infratentoriales debido al artefacto que produce el tejido óseo.

Parámetros recomendados para el examen tomográfico del encéfalo
☐ Posicionamiento del paciente en decúbito ventral con los miembros torácicos estirados caudalmente.
☐ Utilización de contraste (800 mg I_2/kg de contraste yodado (iohexol).
☐ Modo axial.
☐ Campo de visión (FOV) de aproximadamente 20 cm (dependerá del tamaño del paciente).
☐ Filtros para tejido blando.
☐ 120-140 kVp y 130-160 mA.
☐ Grosor e intervalo de corte de 3 mm (puede ser menor si se desean visualizar estructuras muy concretas como la hipófisis).

Resonancia magnética

La resonancia magnética está sustituyendo progresivamente al resto de los procedimientos de imagen como primera técnica en la demostración de la patología del sistema nervioso central. Sus bases físicas son distintas a las de la radiología, no emitiendo radicaciones ionizantes y basándose en la propiedad de captar y emitir energía por parte de los protones, especialmente los del agua tisular. La elevada capacidad de resolución de contraste de tejidos blandos que proporciona la RM permite descubrir patologías no detectables mediante el resto de técnicas de diagnóstico por imagen. Además, facilita la identificación no sólo de los cambios en la estructura del encéfalo, sino también de la composición del parénquima cerebral, lo que facilita una mejor caracterización de las lesiones vasculares, inflamatorias, neoplásicas y degenerativas. La inyección de contrastes intravenosos (paramagnéticos) aumenta la capacidad de detección de numerosas lesiones. La RM presenta posibilidades funcionales in vivo sin precedentes mediante las técnicas de difusión, espectroscopia y perfusión, que poco a poco se empiezan a utilizar también en medicina veterinaria.

El protocolo de examen en los estudios de encéfalo depende del tamaño del animal, la intensidad del campo magnético generado por el imán, la zona concreta que se desee visualizar y las preferencias del radiólogo.

Unas indicaciones básicas son las siguientes:

- Posicionamiento del paciente en decúbito dorsal (para permitir la salida del circuito anestésico) en la antena que mejor se ajuste a su cabeza, generalmente la de cráneo. En animales muy pequeños se pueden utilizar antenas de superficie empleadas en el estudio de articulaciones.

- Contraste paramagnético (gadolinio 0,1 mmol/kg por vía intravenosa).
- Realización de secuencias en los planos sagitales, dorsales y transversales. En nuestra experiencia preferimos la utilización de cortes dorsales y transversales, ya que permiten evaluar la simetría de las estructuras encefálicas y la visualización de los grandes tractos de sustancia blanca.
- Utilización de secuencias FLAIR (*fluid atenuation inversion recovery*), ya que son más sensibles en la detección de lesiones. Además, permiten la diferenciación de lesiones cuando están cerca de los ventrículos. En contraposición a este incremento en la sensibilidad, se pierde resolución en la imagen.
- Las secuencias FLAIR poscontraste presentan gran sensibilidad para la detección de lesiones inflamatorias meníngeas.
- Utilización de secuencias transversales STIR (*short-tau inversion recovery*) con saturación de grasa tras la administración del contraste. Están especialmente indicadas en la investigación de alteraciones hipofisarias.
- Estudios de alta resolución sobre la hipófisis, realizando cortes más finos y con menos separación (secuencias 3D).

Otras técnicas

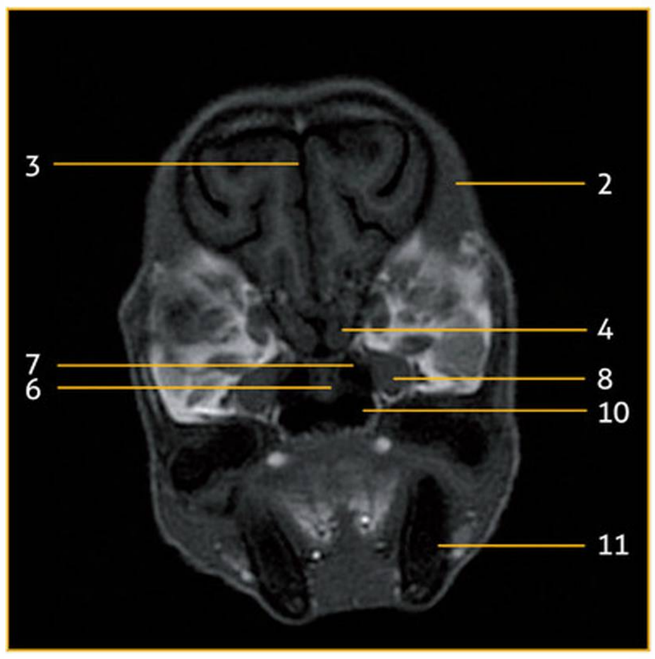
Cisternografía: consiste en la administración de un medio de contraste en el espacio subaracnoideo y sistema ventricular para la visualización de estas cavidades o las lesiones en continuidad o dependientes de las mismas. Este contraste puede ser yodado (cuando se utiliza esta técnica con radiología convencional o TC) o paramagnético (si realizamos RM). Se utiliza en casos en los que las técnicas convencionales no permiten detectar la contigüidad de una lesión con el sistema ventricular o espacio subaracnoideo, o cuando se quiere evidenciar la presencia de fístulas de líquido cefalorraquídeo (LCR).

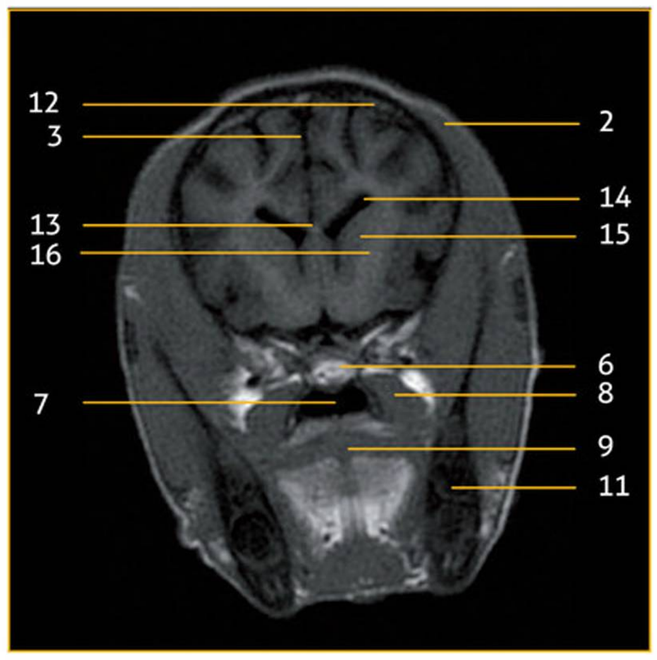
Consideraciones neuroanatómicas

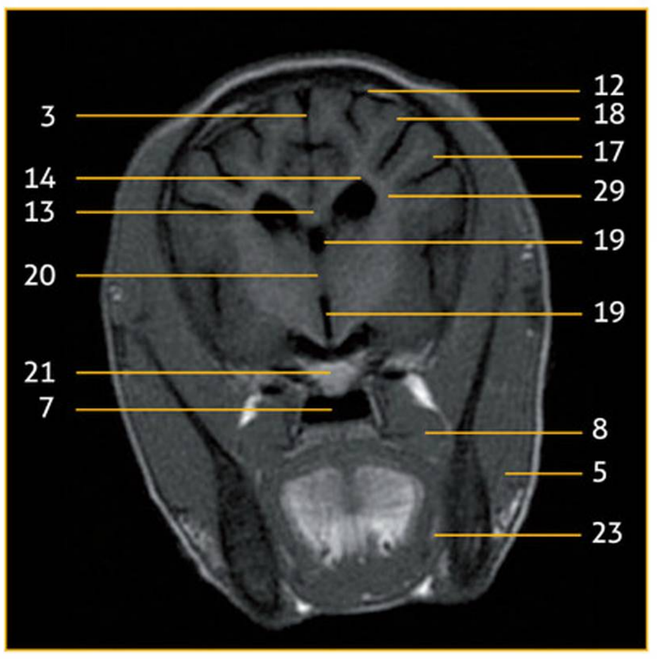
Las estructuras intracraneales que podemos evaluar en los estudios de diagnóstico por imagen son: el tejido cerebral propiamente dicho, el cráneo, las meninges y los ventrículos. Desde un punto de vista práctico, consideramos las estructuras intracraneales en función de su posición relativa al tentorio, repliegue de la duramadre que separa las fosas craneales rostral y media de la fosa craneal caudal. Así, tenemos estructuras supratentoriales (que incluyen ambos hemisferios cerebrales, diencéfalo y porción rostral del mesencéfalo) e infratentoriales (que incluyen la mayor parte del tronco del encéfalo, cerebelo y los pares craneales del V al XII).

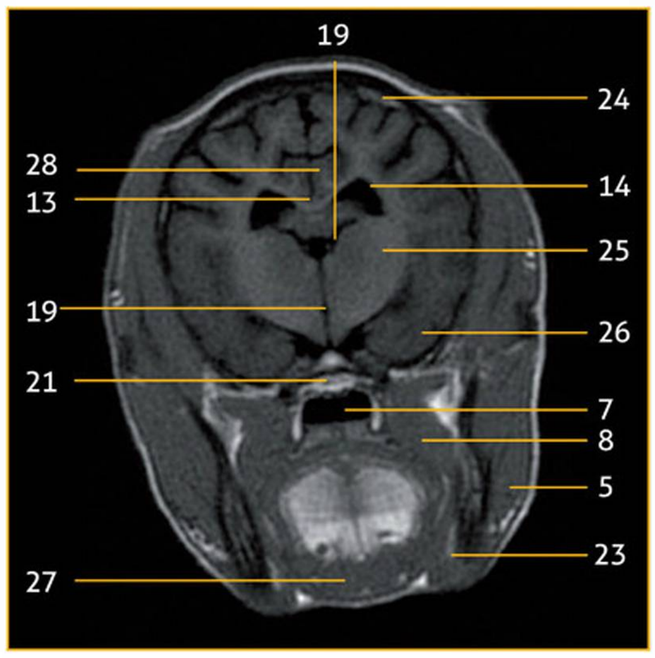
La anatomía normal del parénquima cerebral depende de la especie y la raza que se examine. Las figuras 1 a 10 representan cortes transversales, dorsales y sagitales del cráneo en secuencias ponderadas en T2, obtenidas mediante RM en un perro y un gato. No es nuestra intención realizar un atlas detallado de todas las estructuras intracraneales, sino mostrar los componentes más importantes que se pueden observar mediante RM.

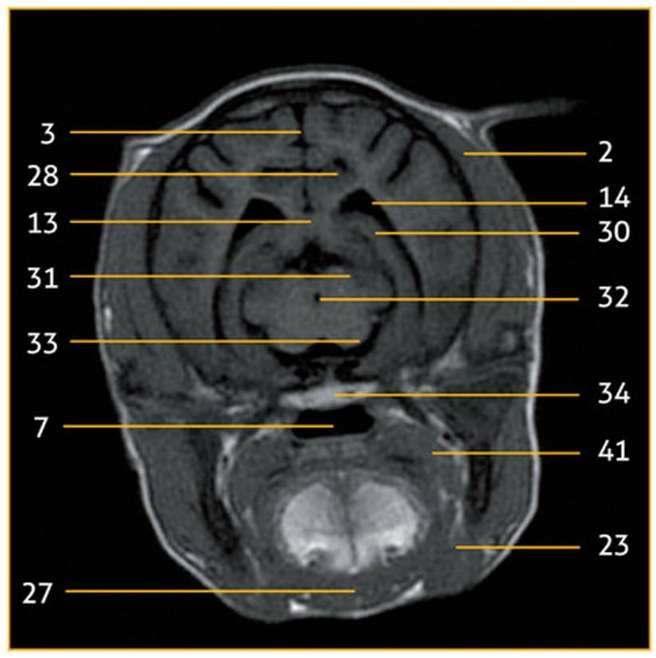
Figuras 1 a 7. Imágenes de resonancia magnética en sección transversal consecutivas de la cabeza de un perro ponderadas en T1, mostrando el encéfalo desde el bulbo olfatorio hasta el cerebelo. Imágenes cedidas por J. Mínguez.

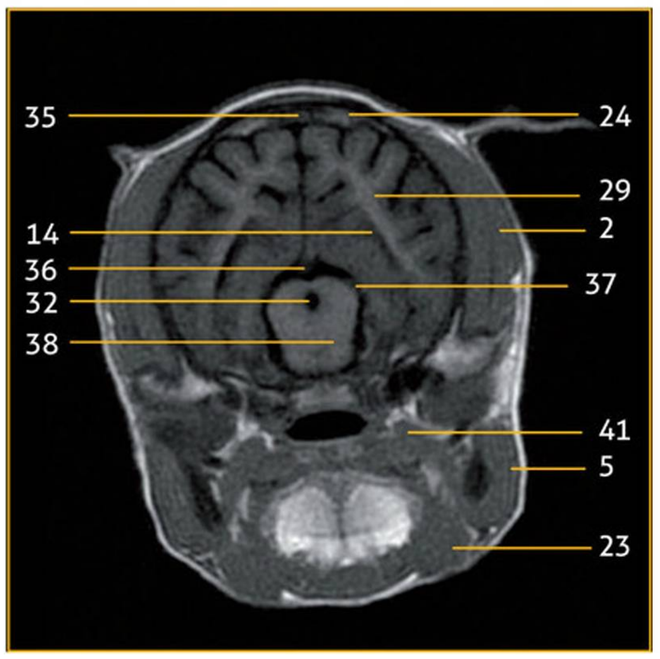


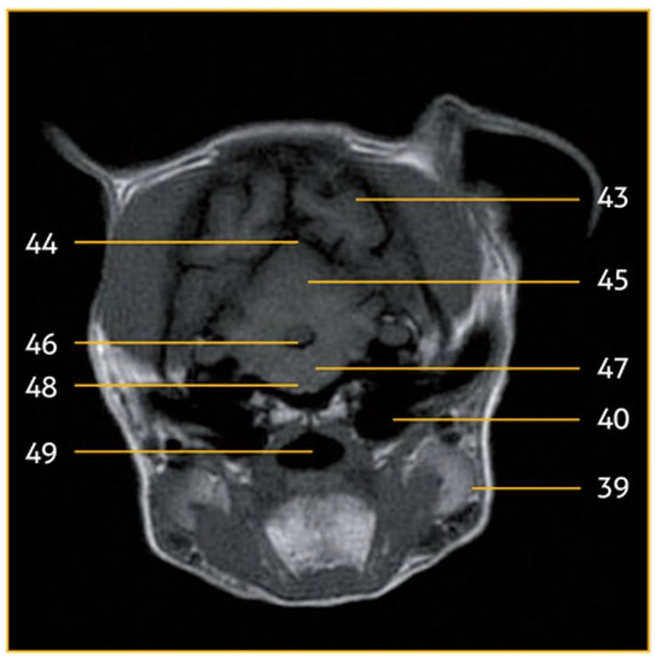












1. Seno frontal.
2. Músculo temporal.
3. Fisura longitudinal cerebral.
4. Bulbo olfatorio.
5. Músculo masetero.
6. Hueso preesfenoides.
7. Nasofaringe.
8. Músculo pterigoideo medial.
9. Paladar.
10. Cavidad orofaríngea.
11. Mandíbula.
12. Hueso frontal.
13. Cuerpo calloso.
14. Ventrículo lateral.
15. Núcleo caudado.
16. Cápsula interna.
17. Sustancia gris.
18. Sustancia blanca.
19. Tercer ventrículo.
20. Adhesión intertalámica.
21. Hueso basiesfenoides.
22. Hipófisis.
23. Músculo digástrico.
24. Hueso parietal.
25. Tálamo.
26. Lóbulo temporal.
27. Músculo genihioideo.
28. Cíngulo.
29. Corona radiada.
30. Hipocampo.
31. Colículo rostral.
32. Acueducto mesencefálico.
33. Cruz cerebral.
34. Hueso basioccipital.
35. Seno sagital.
36. Cisterna cuadrigémina.
37. Colículo caudal.
38. Mesencéfalo.
39. Glándula salival mandibular.
40. Bulla timpánica.
41. Músculo pterigoideo.
42. Cristalino.
43. Lóbulo occipital.
44. Tentorio.
45. Vermis cerebelar.
46. Cuarto ventrículo.
47. Formación reticular.
48. Pirámides.
49. Laringofaringe.

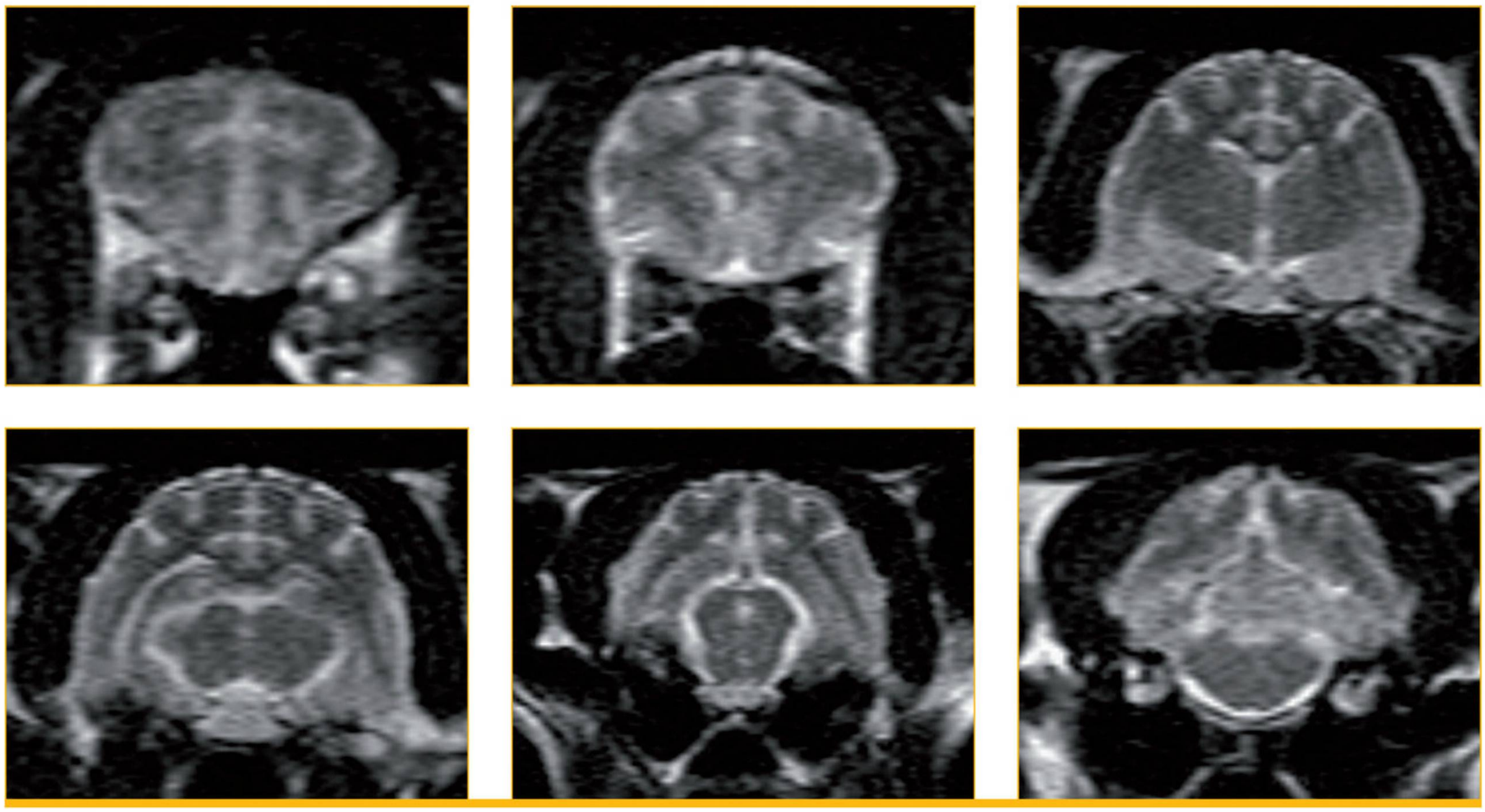


Figura 8. Imágenes de resonancia magnética en sección transversal consecutivas de la cabeza de un gato ponderadas en T2.

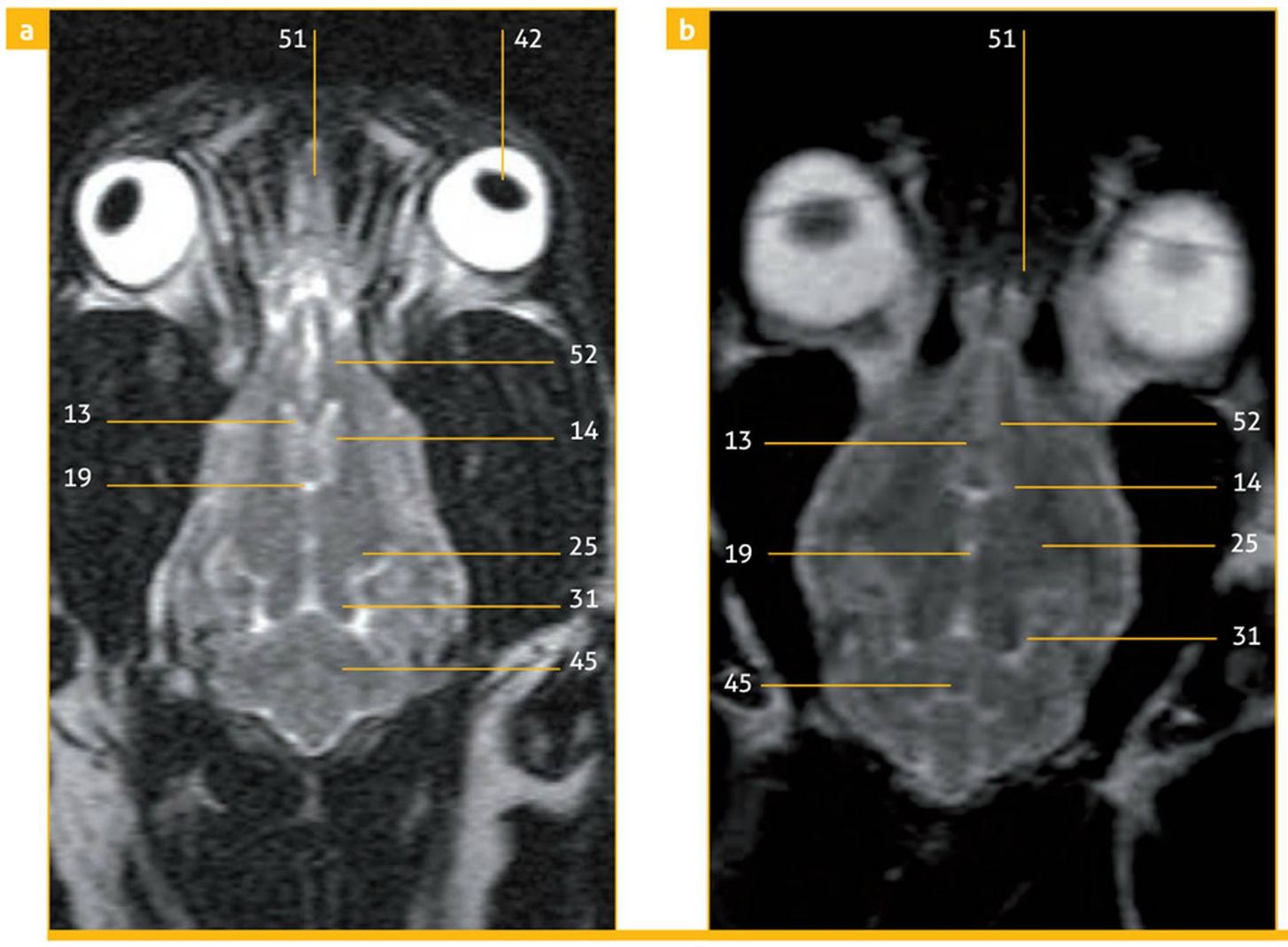


Figura 9. Imágenes de resonancia magnética en sección dorsal del encéfalo de un perro (a) y un gato (b) ponderadas en T2, tomadas a nivel de la porción media de la lámina cribiforme del etmoides.

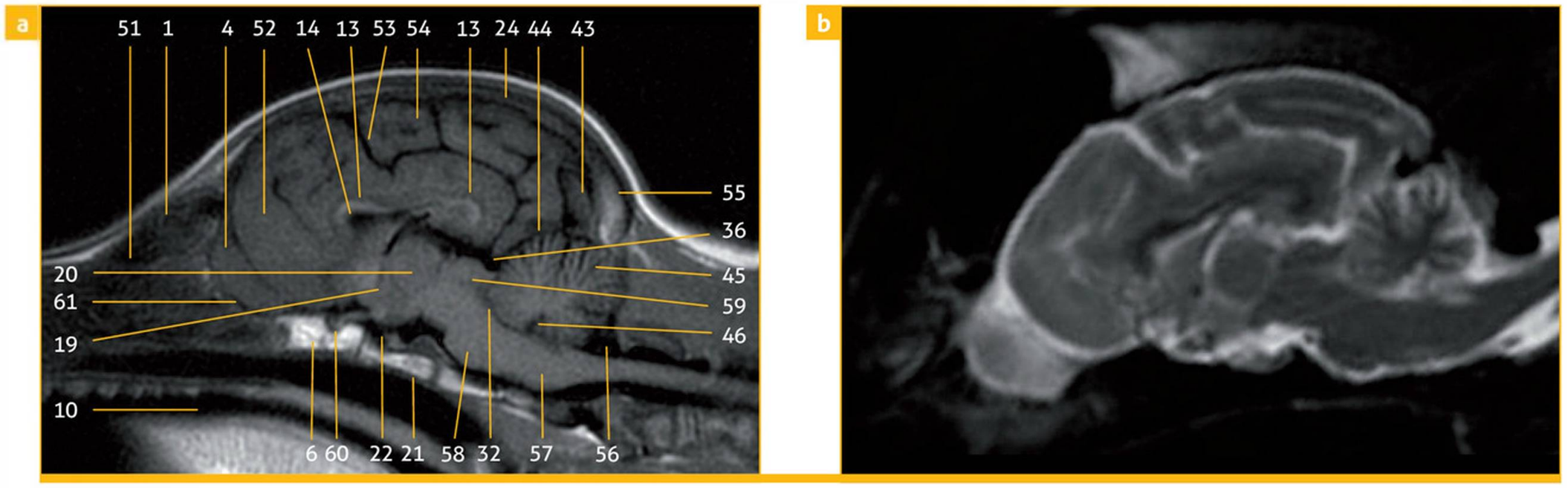


Figura 10. Imagen de resonancia en sección sagital a nivel del plano mediano en dos perros, ponderadas en T1 (a) y en T2 (b). Obsérvese la variabilidad en la morfología del cráneo y de los senos nasales en ambas secuencias. Imágenes cedidas por J. Mínguez.

1. Seno frontal.
2. Músculo temporal.
3. Fisura longitudinal cerebral.
4. Bulbo olfatorio.
5. Músculo masetero.
6. Hueso preesfenoides.
7. Nasofaringe.
8. Músculo pterigoideo medial.
9. Paladar.
10. Cavidad orofaríngea.
11. Mandíbula.
12. Hueso frontal.
13. Cuerpo calloso.
14. Ventrículo lateral.
15. Núcleo caudado.
16. Cápsula interna.
17. Sustancia gris.
18. Sustancia blanca.
19. Tercer ventrículo.
20. Adhesión intertalámica.
21. Hueso basiesfenoides.
22. Hipófisis.
23. Músculo digástrico.
24. Hueso parietal.
25. Tálamo.
26. Lóbulo temporal.
27. Músculo genihioideo.
28. Cíngulo.
29. Corona radiada.
30. Hipocampo.
31. Colículo rostral.
32. Acueducto mesencefálico.
33. Cruz cerebral.
34. Hueso basioccipital.
35. Seno sagital.
36. Cisterna cuadrigémina.
37. Colículo caudal.
38. Mesencéfalo.
39. Glándula salival mandibular.
40. Bulla timpánica.
41. Músculo pterigoideo.
42. Cristalino.
43. Lóbulo occipital.
44. Tentorio.
45. Vermis cerebelar.
46. Cuarto ventrículo.
47. Formación reticular.
48. Pirámides.
49. Laringofaringe.
50. Glándula salival mandibular.
51. Laberinto etmoidal.
52. Lóbulo frontal.
53. Surco cruzado.
54. Lóbulo parietal.
55. Hueso occipital.
56. Cisterna cerebelomedular.
57. Médula oblongada.
58. Puente.
59. Tectum.
60. Nervio óptico.
61. Lámina cribiforme del etmoides.

Técnicas utilizadas para la exploración del cráneo, senos y oído

Radiología

El estudio radiográfico del cráneo es complejo y en múltiples ocasiones requiere ser acompañado de otras pruebas diagnósticas más sensibles y con una mayor facilidad de interpretación, como la tomografía o la resonancia. No obstante, permite una primera aproximación, en ocasiones definitiva, a todas aquellas patologías que afectan a las estructuras óseas que rodean al ojo (fracturas orbitarias, tumores óseos, etc.), senos, cavidad oral y oído medio. Permite detectar cuerpos extraños radiodensos, pero sin determinar su localización exacta y grado de penetración. También es de ayuda en el diagnóstico de masas bulbares o retrobulbares, pero para determinar una localización exacta, así como su origen y grado de afectación de estructuras adyacentes, deben realizarse otras técnicas de diagnóstico por imagen.

Para poder examinar la simetría de las estructuras craneales se debe posicionar adecuadamente al paciente, requiriendo, en la mayoría de los casos, la anestesia o sedación del mismo.

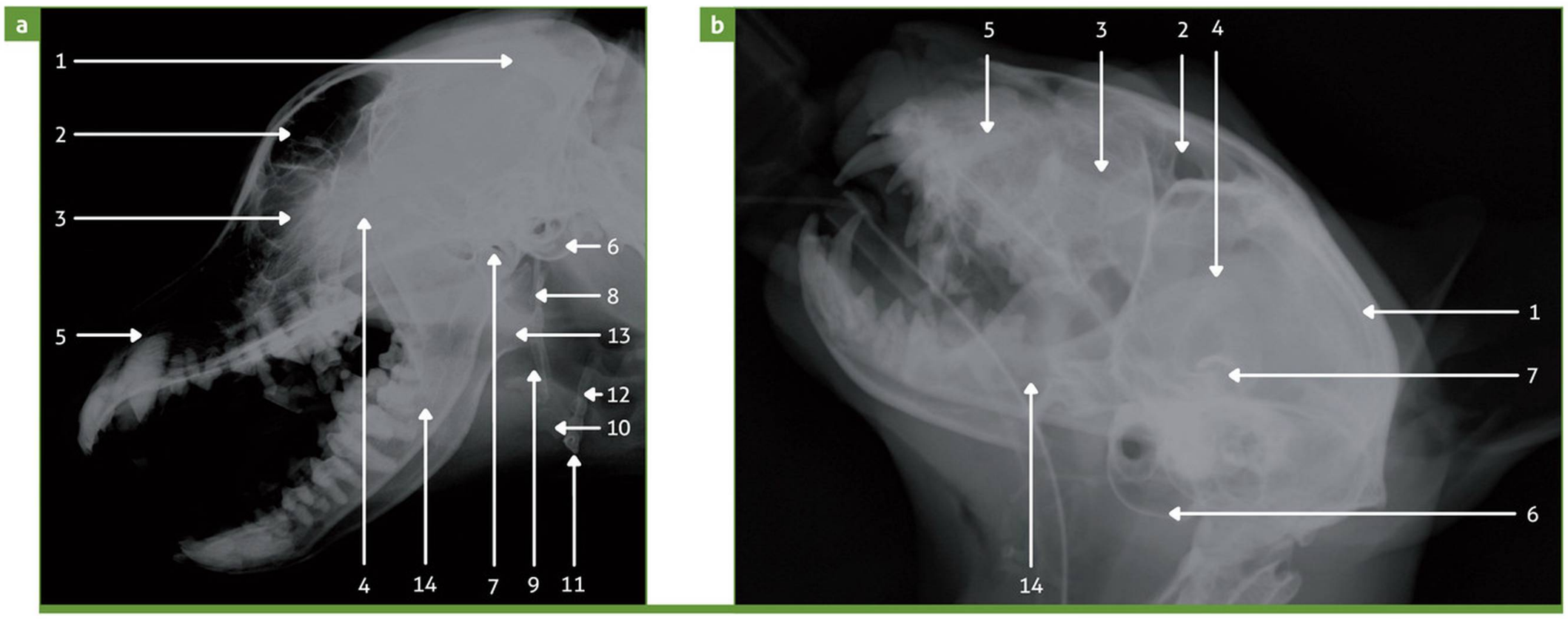


Figura 11. Imágenes radiográficas en proyección lateral con boca abierta de los cráneos de un perro mesocéfalo (a) y un gato (b).

Figura 12. Imágenes radiográficas en proyección ventrodorsal de los cráneos de un perro mesocéfalo (a) y un gato (b).

1. Bóveda craneal.
2. Seno frontal.
3. Cornetes etmoidales.
4. Proceso coronoideo.
5. Raíces de los caninos superiores.
6. Bulla timpánica.
7. Apófisis condilar.
8. Estilohioides.
9. Epihioides.
10. Queratohioides.
11. Basihioides.
12. Tirohioides.
13. Apófisis angular de la mandíbula.
14. Cuerpo de la mandíbula.
15. Septo nasal.
16. Proceso temporal del cigomático.
17. Sínfisis mandibular.
18. Cornetes nasales.
19. Vómer.
20. Foramen magno.
21. Rama mandibular.

Las proyecciones básicas son:

- **Lateral y lateral con la boca abierta:** se coloca al animal en decúbito lateral con una elevación ligera de la nariz, de tal manera que las ramas mandibulares y las bullas timpánicas queden completamente superpuestas (fig. 11). Esta proyección es útil para la evaluación del área nasal y del calvario. Si se rota la cabeza se consigue que las zonas más cercanas a la placa radiográfica aparezcan en una posición ventral, consiguiendo que no se superpongan las bullas timpánicas ni las articulaciones temporomandibulares, lo que permite su evaluación. Esta proyección se denomina lateral oblicua y también puede realizarse con la boca abierta para examinar el maxilar superior. Para conseguir mantener la boca abierta se puede utilizar un capuchón de una aguja colocado entre ambos caninos.
- **Ventrodorsal y dorsoventral**: se debe posicionar al animal en decúbito dorsal o ventral para que el paladar duro quede paralelo a la placa radiográfica. Estas proyecciones son útiles para la evaluación de la mandíbula, los arcos cigomáticos y la articulación temporomandibular (fig. 12). La cavidad nasal es sólo parcialmente visible en estas posiciones, siendo de elección las proyecciones intraorales junto a la tomografía o la resonancia para su correcta evaluación.
- **Intraorales**: en estos casos, con el paciente en decúbito dorsal se coloca la película dentro de la cavidad oral para que el haz de rayos penetre perpendicularmente al mismo. Esta proyección permite obtener imágenes precisas de la sínfisis mandibular y de los incisivos y caninos. De manera similar, colocando al paciente en decúbito ventral se pueden obtener imágenes del maxilar, vómer y turbinados de la cavidad nasal, así como de las piezas y alveolos dentarios superiores (fig. 13).
- **Frontal o rostrocaudal**: se debe colocar al paciente en decúbito dorsal con la cabeza perpendicular a la columna, de tal manera que el haz de rayos incida perpendicularmente a los senos frontales. De esta manera se obtienen imágenes de los senos frontales y del foramen magno (fig. 14). Asimismo, si en esta posición se abre la boca del paciente y se hace que el haz de rayo penetre dividiendo el ángulo que forman el maxilar y la mandíbula, se obtienen imágenes que permiten evaluar las bullas timpánicas y el diente del axis.

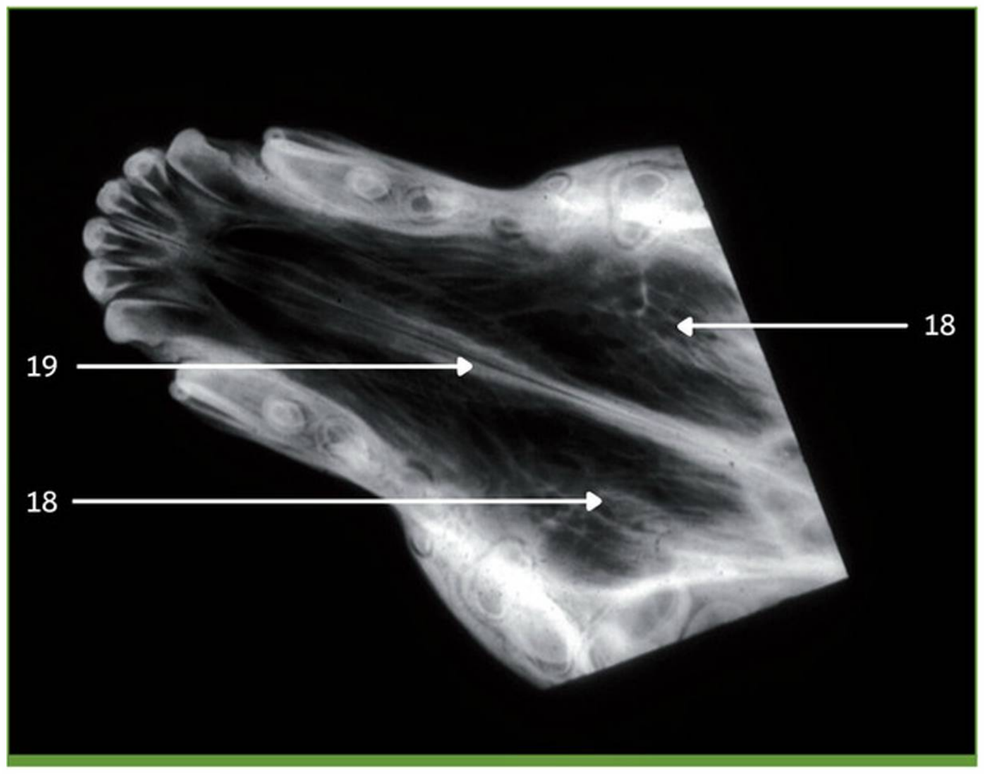


Figura 13. Imagen radiográfica intraoral en proyección dorsoventral mostrando los cornetes nasales en un perro.

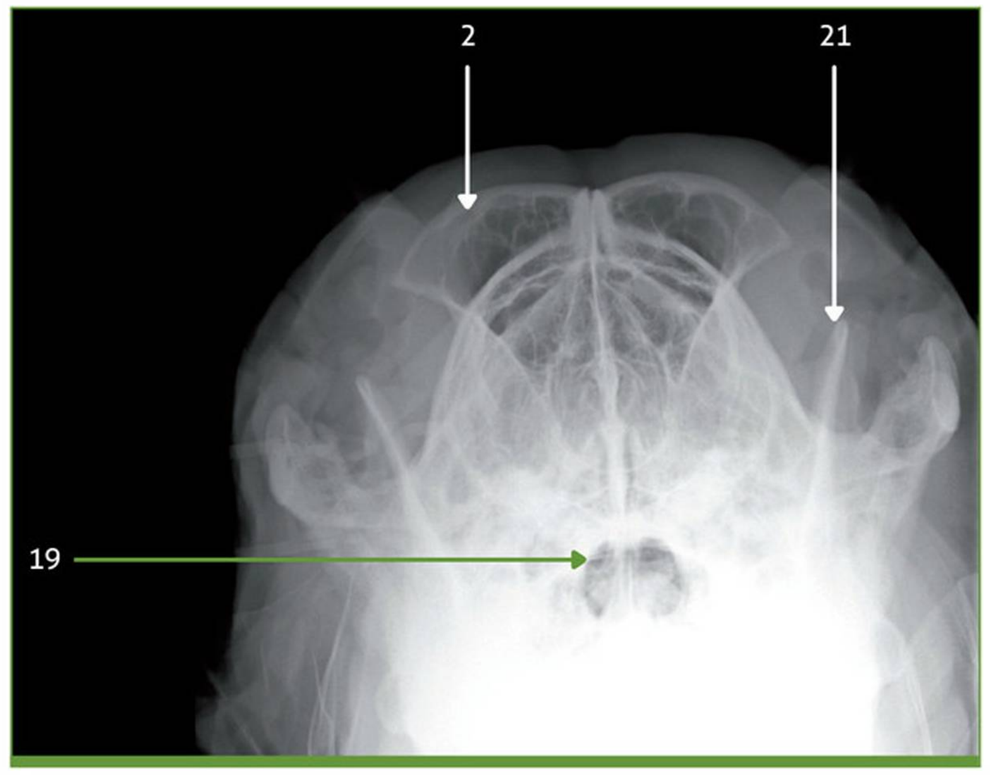


Figura 14. Imagen radiográfica en proyección rostrocaudal mostrando los senos del hueso frontal en un perro mesocéfalo.

Ecografía

El carácter óseo de las estructuras del cráneo no facilita la transmisión de los ultrasonidos ni por tanto su estudio ecográfico en el animal adulto. Únicamente en los cachorros la cavidad craneal es accesible a la exploración ecográfica ya que las suturas craneales todavía se encuentran abiertas y es posible realizar una aproximación a su interior a través de la fontanela frontonasal (fig. 45). Por ello, en términos generales, esta técnica queda restringida a la exploración ocular, donde sí tiene una aplicación práctica esencial.

La ecografía permite la evaluación de la estructura interna ocular y retrobulbar cuando existen patologías que producen la opacidad del ojo. Esta técnica se puede realizar sin anestesia ni sedación y ofrece mucha información acerca del estado de la cámara anterior, cristalino, cámara posterior y tejido retrobulbar.

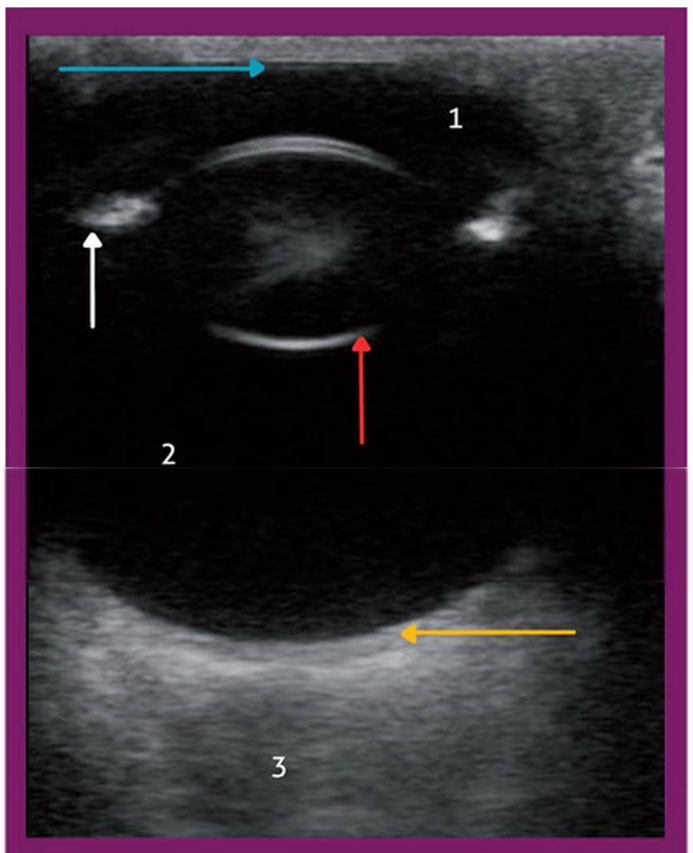


Figura 15. Imagen ecográfica en sección dorsal de un globo ocular normal de perro obtenida mediante un abordaje transcorneal. 1: cámara anterior, 2: cuerpo vítreo, 3: área retrobulbar.
Las flechas señalan la córnea (azul), cuerpo ciliar (blanca), cápsula posterior del cristalino (amarilla) y la línea del fondo del ojo que resulta de la unión de la esclerótica, coroides y retina (verde).

Hay dos técnicas de exploración: el modo B o bidimensional y el modo A.

- En el **modo B** se obtienen imágenes del ojo en dos dimensiones donde se diferencia bien la anatomía ocular, utilizándose transductores de alta frecuencia (25-50 MHz) para estructuras cercanas o de baja frecuencia (7,5-13 MHz) para la zona retrobulbar (fig. 15). El transductor se coloca directamente sobre la córnea (es necesario el uso de colirio anestésico y gel estéril). Para visualizar la zona retrobulbar la aproximación es transcorneal, aunque el transductor en ocasiones también puede situarse dorsalmente al arco cigomático y caudalmente al ojo. En esta zona, la utilización de una señal Doppler pulsado y/o color permite la evaluación del flujo de la arteria oftálmica externa, así como la investigación de la naturaleza vascular de cualquier masa localizada en el espacio retrobulbar.
- El **modo A** es una técnica que se basa en la utilización de un haz de ultrasonidos que después de emitirse regresan tras contactar con las distintas estructuras, y se representan en una gráfica en forma de picos en función de la fuerza del eco. Se utilizan sondas de frecuencia variable (8-20 MHz), y permite examinar estructuras muy pequeñas, difíciles de detectar en el modo B.

La exploración ecográfica se realiza mediante diferentes planos de corte del globo ocular: **sagital**, desplazando el transductor del ángulo medial del ojo al lateral; **dorsal** realizando un barrido dorsoventral del globo y **transversal**, colocando la sonda dorsalmente al iris y dirigiéndola en sentido rostrocaudal. Con la ayuda del ecógrafo se pueden realizar aspiraciones guiadas con aguja fina de lesiones en la zona periorbitaria y retrobulbar.

Tomografía computerizada

Esta técnica permite obtener información detallada de las estructuras óseas que componen el cráneo, así como de las vías nasales y del oído medio interno (figs. 16 a 20). La TC es particularmente útil para la evaluación de la lámina cribiforme, especialmente en planos dorsales y, además, permite la estadificación de las lesiones tumorales y el establecimiento de sus límites, imprescindible a la hora de un planteamiento quirúrgico resectivo. No permite el examen de las estructuras del ojo pero sí de toda la zona periorbitaria y retrobulbar, ayudando en la diferenciación de los tipos tumorales individuales sobre la base de los distintos patrones de invasión, y en la evaluación de la extensión a tejidos adyacentes (por ejemplo, intracraneales). Destaca por su eficacia a la hora de examinar la integridad ósea en traumatismos.

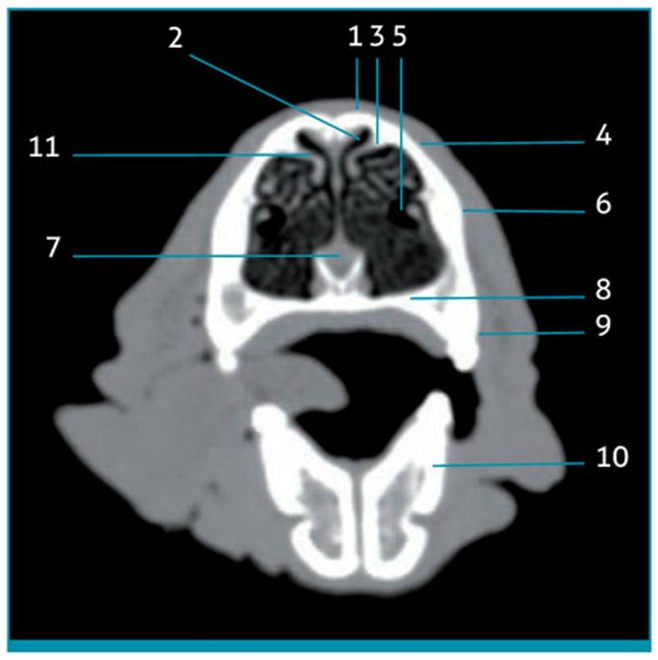


Figura 16. Imagen tomográfica transversal de la cavidad nasal mostrando los cornetes nasales en un perro.

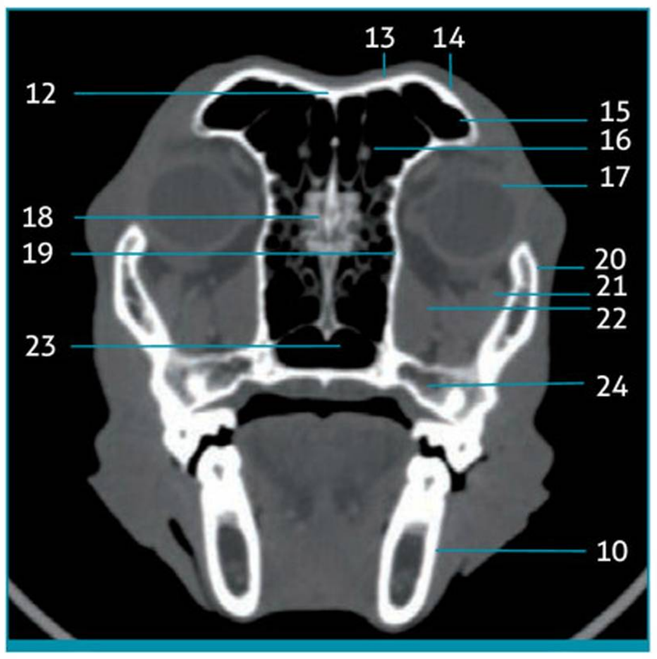


Figura 17. Imagen tomográfica transversal de las coanas en un perro.

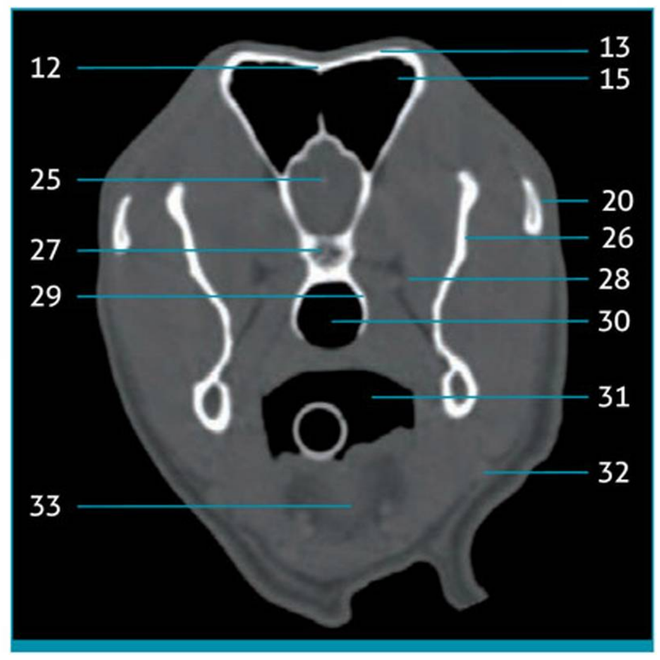


Figura 18. Imagen tomográfica transversal de los senos frontales en un perro.

1. Hueso nasal.
2. Meato nasal dorsal.
3. Cresta etmoidal.
4. Hueso incisivo.
5. Lamela espiral de la concha nasal ventral.
6. Maxilar superior.
7. Vómer.
8. Proceso palatino del hueso maxilar.
9. Diente.
10. Cuerpo de la mandíbula.
11. Concha nasal dorsal.
12. Cresta frontal entre los huesos frontales.
13. Hueso frontal.
14. Proceso cigomático del hueso frontal.
15. Seno frontal, compartimento lateral.
16. Seno frontal, compartimento medial.
17. Globo ocular.
18. Cornetes óseos del laberinto etmoidal.
19. Lámina cribiforme del etmoides.
20. Arco cigomático.
21. Glándula cigomática.
22. Músculo pterigoideo medial.
23. Meato nasofaríngeo.
24. Maxilar.
25. Bulbo olfatorio.
26. Proceso coronoideo.
27. Preesfenoides.
28. Plexo oftálmico.
29. Pterigoides.
30. Nasofaringe.
31. Orofaringe.
32. Arteria facial.
33. Lengua.

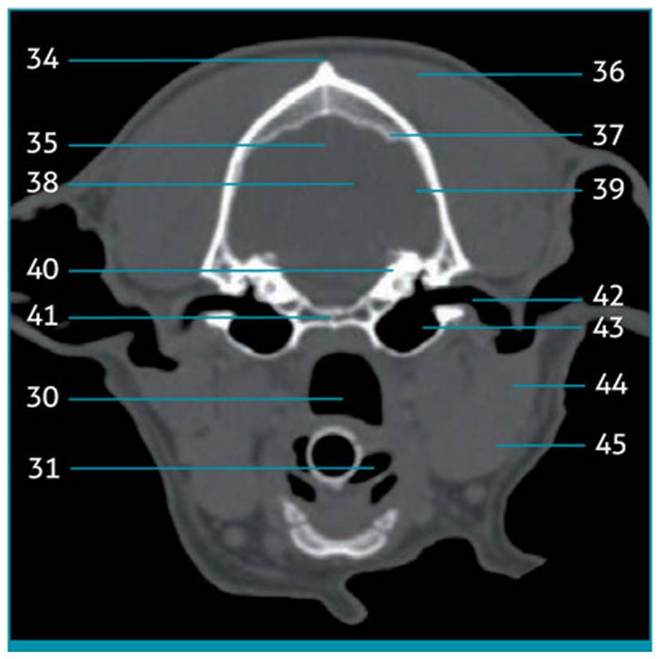


Figura 19. Imagen tomográfica transversal del cráneo de un perro a nivel de las bullas timpánicas del oído medio.

Figura 20. Imagen tomográfica transversal del cráneo de un perro a nivel de las glándulas salivales submandibular y parótida.

34. Cresta sagital externa.
35. Hoz interhemisférica.
36. Músculo temporal.
37. Hueso temporal.
38. Ventrículo lateral.
39. Hemisferio cerebral.
40. Porción petrosa del temporal.
41. Hueso basiesfenoides.
42. Conducto auditivo externo.
43. Bulla timpánica.
44. Músculo masetero.
45. Músculo digástrico.
46. Protuberancia occipital externa.
47. Lóbulo occipital.
48. Seno transverso.
49. Cerebelo.
50. Seno basilar.
51. Cavidad articular atlantoccipital.
52. Músculo largo de la cabeza.
53. Glándula parótida.
54. Glándula salival mandibular.
55. Músculo genihioideo.

El protocolo de estudio tomográfico difiere en función de la región del cráneo que se desee examinar.

Parámetros recomendados para el examen tomográfico de la cavidad nasal y los senos paranasales
☐ Estudios pre y poscontraste.
☐ Modo axial.
☐ Filtro de hueso.
☐ 120 kVp y 160 mAs.
☐ Cortes de 2 mm de grosor y 2 mm de intervalo.

Parámetros recomendados para el examen tomográfico del oído medio
☐ Estudios pre y poscontraste.
☐ Preferiblemente, realizar el estudio en modo axial.
☐ Filtro de hueso.
☐ 120 kVp y 200 mAs.
☐ Cortes contiguos de 1-3 mm.
☐ Evaluación mediante ventanas de hueso y tejido blando para detectar lesiones óseas o acumulaciones de fluido o masa de partes blandas.

En ambos casos el posicionamiento óptimo se realiza con el animal en decúbito ventral y la cabeza introducida en el escáner.

Resonancia magnética

La capacidad de obtención de imágenes del cráneo que muestran diferentes secciones espaciales de la anatomía, así como su gran contraste en tejidos blandos permite la evaluación de alteraciones que afectan a la cavidad nasal y al oído medio-interno. En contraposición con la TC, que es más sensible en la detección de cambios óseos, la RM tiene una mayor sensibilidad para la detección de patologías que afectan a los tejidos blandos y en la detección de extensiones intracraneales que se producen en ciertos tipos de lesiones.

El protocolo de estudio dependerá de la región concreta que deba evaluarse. Por ejemplo, en el caso del oído medio-interno se recomienda hacer:

- Cortes transversos ponderados en T2 y T1 antes y después de la administración de contraste paramagnético.
- Cortes transversos con secuencias de saturación de grasa.
- Estudios de alta resolución en el área del oído interno.

Encéfalo: lesiones intracraneales

Parámetros a tener en cuenta

Los puntos que debemos considerar a la hora de evaluar una lesión intracraneal son los siguientes: origen anatómico de la lesión, presencia de lesiones únicas o múltiples, localización, forma, márgenes, patrón de crecimiento, intensidad de la señal o densidad radiológica y realce o captación de contraste. A continuación se realiza una descripción pormenorizada de cada uno de estos parámetros.

Origen anatómico de la lesión

Es de especial importancia para establecer el diagnóstico diferencial.

- Las **lesiones extra-axiales** son aquéllas que se originan fuera del parénquima encéfalo-espinal, afectando, por tanto, al cráneo, meninges, ventrículos, plexos coroideos y otros tejidos que no forman parte del encéfalo. Un signo radiológico que indica que una lesión es extra-axial es la presencia de LCR, meninges o vasos sanguíneos entre el parénquima y la lesión. Otros signos adicionales que orientan hacia la localización extra-axial de la lesión son la localización periférica de la misma, la captación intensa y homogénea de contraste y/o el realce meníngeo, la separación entre el parénquima encefálico y el cráneo y la presencia de cambios óseos asociados a la lesión.
- Las **lesiones intra-axiales** son aquéllas que se localizan o dependen del propio parénquima cerebral (fig. 21). En la tabla 1 pueden observarse las características específicas de las lesiones intra y extra-axiales.

Tabla 1. Características diferenciales entre lesiones intra y extra-axiales.

	Intra-axial	Extra-axial
Continuidad con el hueso o meninges	Ausente	Amplia base de implantación
Espacio subaracnoideo	Colapsado	Dilatado
Cambios óseos	Infrecuentes	Frecuentes
Desplazamiento corticomedular	Ausente	Presente
Aporte vascular	Interno	Externo
Realce/captación de contraste	Heterogéneo o en anillo	Homogéneo

Figura 21. Lesión de tipo extra-axial (a). Imagen de resonancia magnética del cerebro de un perro obtenida en sección dorsal y ponderada en T1 en la que se observa una masa con hipointensidad de señal que desplaza el parénquima del hemisferio cerebral izquierdo. Presenta bordes bien definidos y no invade el parénquima. Obsérvese, además, el desplazamiento severo de ventrículos laterales. Lesión de tipo intra-axial (b). Imagen dorsal ponderada en T1 en la que se observa la presencia de una masa en el lóbulo frontal con hipointensidad de señal y bilobulada.

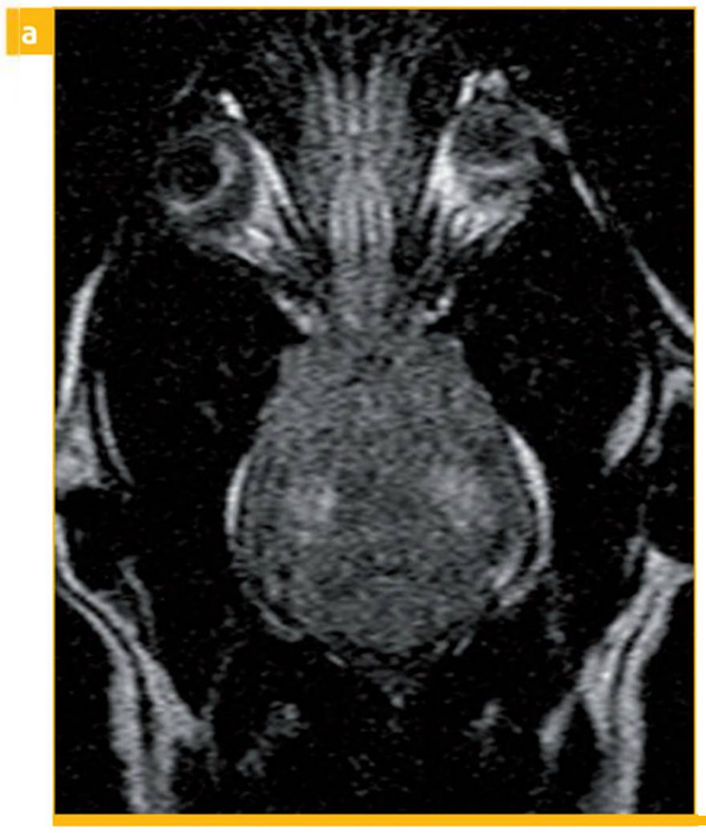


Figura 22. Lesiones cerebrales múltiples. Imágenes de resonancia magnética del cerebro de un perro obtenidas en sección dorsal en secuencia FLAIR en la que se observan lesiones simétricas (a) y asimétricas (b).

Presencia de lesiones únicas o múltiples

Las lesiones únicas son, habitualmente, procesos que afectan de manera primaria al encéfalo, como los accidentes cerebrovasculares (infartos o hemorragias), las neoplasias y los abscesos. La presencia de lesiones múltiples es indicativa de un proceso sistémico que afecta de manera secundaria al encéfalo. Por ejemplo, patologías vasculares (multi-infarto), lesiones inflamatorias (es la causa más frecuente), alteraciones metabólicas o degenerativas y metástasis. Cuando las lesiones múltiples se manifiestan de manera simétrica es muy probable que se trate de procesos tóxicos o metabólicos (fig. 22).

Localización

Debemos considerar si la lesión es supra o infratentorial, si está localizada en un territorio vascular específico, si afecta a estructuras de la línea media como la hipófisis, etc.

Forma

Hay que definir su base de implantación y crecimiento (en placa, lobular, etc.).

Márgenes

Los márgenes de la lesión pueden estar bien o mal definidos, y estos límites pueden ser regulares o irregulares. Los márgenes bien definidos son característicos de las lesiones de origen extra-axial y de infartos cerebrales.

Patrón de crecimiento

Es necesario distinguir entre patrones de tipo compresivo o infiltrativo.

Intensidad de la señal o densidad radiológica

La lesión debe caracterizarse en función de la intensidad de señal que presente en las distintas secuencias (en el caso de la RM) o del patrón de atenuación (en el caso de la TC).

Realce o captación de contraste

Se debe definir la intensidad de captación de contraste (leve, moderado o intenso) y la forma de captación (heterogénea, homogénea, en anillo, etc). Las captaciones heterógéneas son propias de procesos infiltrativos. La captación en anillo bien definida es característica de procesos inflamatorios encapsulados (abscesos), pero hay patrones muy inespecíficos y que se superponen.

La semiología neurorradiológica de los procesos siguientes está referida fundamentalmente a sus características en RM, por ser la referencia de imagen en las enfermedades que afectan al sistema nervioso central.

Lesiones extra-axiales

Lesiones dependientes del cráneo

El cráneo es una estructura ósea compleja que rodea al cerebro y cuya afección (infecciosa, traumática o tumoral) puede originar un daño cerebral. Las alteraciones específicas de esta estructura se discuten en otros capítulos.

Lesiones dependientes de las meninges

Las meninges son tres membranas de tejido conjuntivo que rodean al parénquima cerebral. La más externa de ellas es la duramadre, que se adhiere firmemente al periostio del cráneo, haciendo que el espacio epidural en el cráneo sea un espacio virtual en condiciones normales. Debajo de la duramadre y fijada a la misma se encuentra la aracnoides. El espacio subdural está comprendido entre ambas meninges y, de nuevo, no existe en condiciones normales, creándose cuando hay una lesión (por ejemplo, una hemorragia) que rompe las uniones entre la duramadre y la aracnoides. La más profunda de las meninges es la piamadre, que está íntimamente ligada al parénquima nervioso. Entre la aracnoides y la piamadre se establece el espacio subaracnoideo, lugar por donde circula el LCR. A la piamadre y la aracnoides se las denomina, de manera conjunta, meninges blandas o leptomeninges, mientras que a la duramadre se la conoce como paquimeninge. Existen unos repliegues de la duramadre en la línea media (hoz cerebral) que separa ambos hemisferios cerebrales, y también entre la fosa media y la caudal (tentorio).

El mejor método para la detección de alteraciones meníngeas es la RM, que permite la diferenciación de dos patrones básicos de realce meníngeo: el realce dural-aracnoideo y el realce pio-subaracnoideo. El primero se caracteriza por presentarse a lo largo de la cavidad y base endocraneal acompañando a la duramadre (fig. 23), mientras que el realce pio-subaracnoideo (leptomeníngeo) se acompaña del contorno del encéfalo con una invaginación a través de los surcos cerebrales (fig. 24). Cuando el realce subaracnoideo no es lineal o difuso, sino que presenta engrosamientos nodulares de las meninges, debe considerarse que la causa es un proceso inflamatorio de origen fúngico o una diseminación tumoral. El reconocimiento de las características de estos patrones proporciona una ayuda inestimable para el diagnóstico definitivo. El realce dural es característico de neoplasias meníngeas primarias, mientras que el subaracnoideo es típico de enfermedades inflamatorias y diseminación tumoral subaracnoidea.

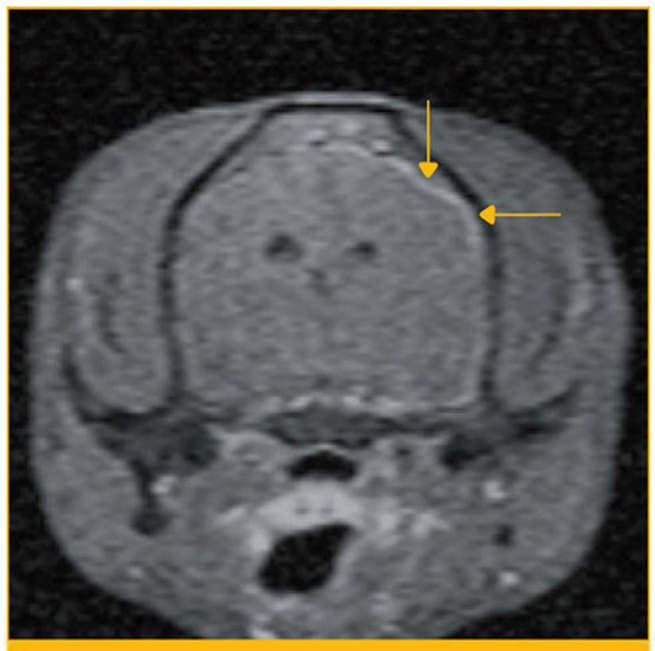


Figura 23. Realce dural. Imagen de resonancia magnética del cerebro de un perro obtenida en sección transversal y ponderada en T1 tras la administración de contraste y supresión de la grasa. Obsérvese la presencia de un marcado realce de la meninge dural periférica, adyacente al endostio craneal (flechas).

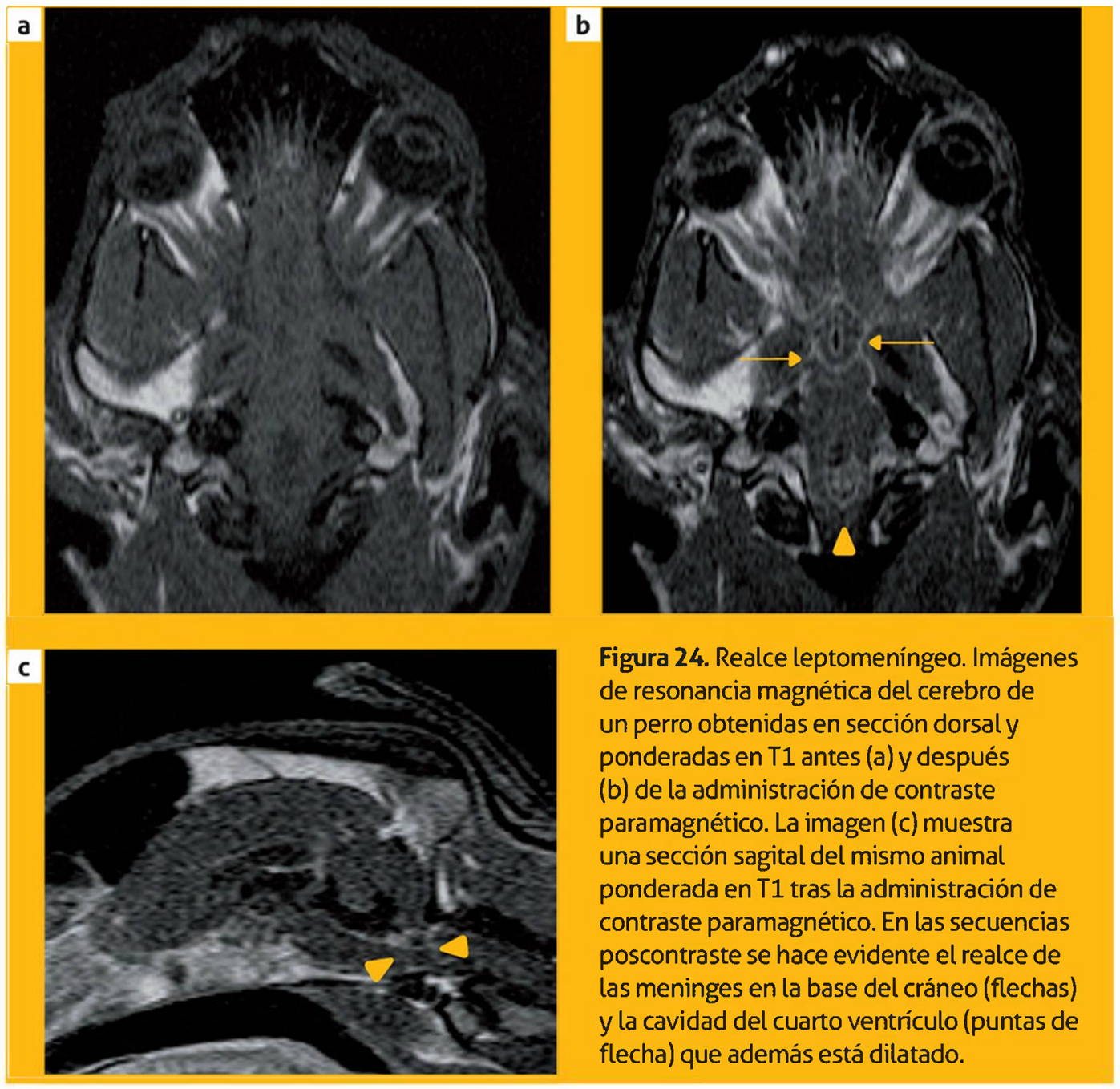


Figura 24. Realce leptomeníngeo. Imágenes de resonancia magnética del cerebro de un perro obtenidas en sección dorsal y ponderadas en T1 antes (a) y después (b) de la administración de contraste paramagnético. La imagen (c) muestra una sección sagital del mismo animal ponderada en T1 tras la administración de contraste paramagnético. En las secuencias poscontraste se hace evidente el realce de las meninges en la base del cráneo (flechas) y la cavidad del cuarto ventrículo (puntas de flecha) que además está dilatado.

Las **neoplasias meníngeas** son los tumores primarios del sistema nervioso más frecuentes en perros y gatos. Sus características radiológicas típicas en RM son: masas ovoideas o en placa que se originan en alguna de las meninges y presentan un patrón de crecimiento expansivo. Son hipointensas en secuencias ponderadas en T1 y de intensidad variable en las secuencias ponderadas en T2 y FLAIR. La captación de contraste es homogénea y, con frecuencia, exhiben el signo de cola dural (engrosamiento y realce de la meninge adyacente a la masa) (fig. 25). No es infrecuente que encontremos varios meningiomas de diferente tamaño en un mismo animal.

También se realzan de manera homogénea en los estudios poscontraste realizados con TC (fig. 26).

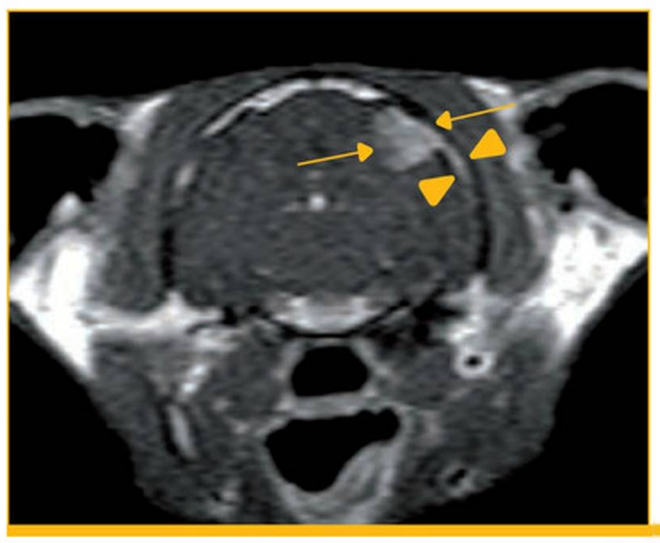


Figura 25. Meningioma con cola dural. Imagen de resonancia magnética del cerebro de un perro obtenida en sección transversal y ponderada en T1 después de la administración de contraste paramagnético y supresión de la grasa. Obsérvese la presencia de una masa extradural parietal izquierda con una captación homogénea de contraste (flechas) y realce dural asociado –cola dural- (puntas de flecha). Las características de la masa corresponden típicamente a las de un meningioma, aunque hay otras posibilidades menos frecuentes.

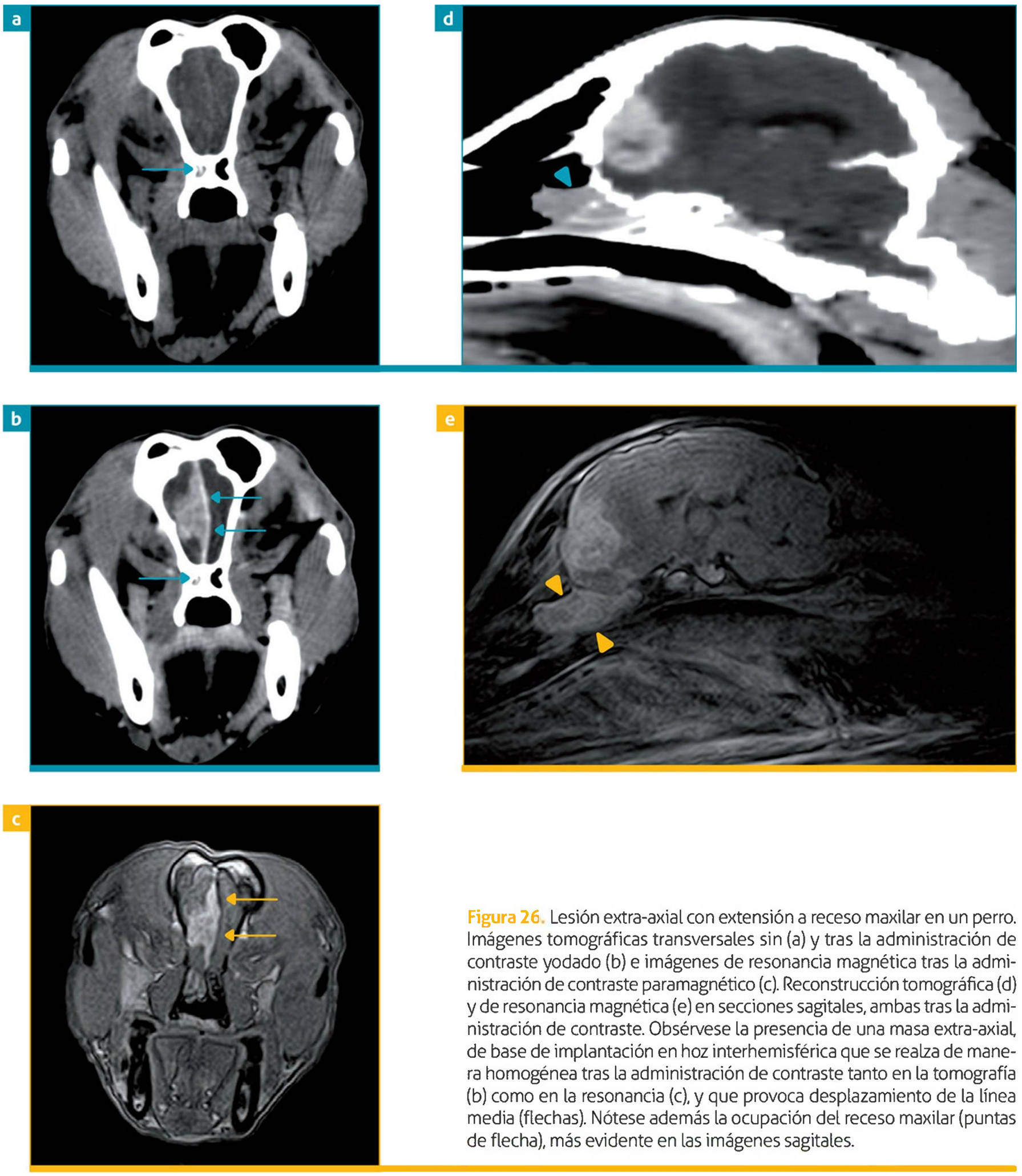


Figura 26. Lesión extra-axial con extensión a receso maxilar en un perro. Imágenes tomográficas transversales sin (a) y tras la administración de contraste yodado (b) e imágenes de resonancia magnética tras la administración de contraste paramagnético (c). Reconstrucción tomográfica (d) y de resonancia magnética (e) en secciones sagitales, ambas tras la administración de contraste. Obsérvese la presencia de una masa extra-axial, de base de implantación en hoz interhemisférica que se realza de manera homogénea tras la administración de contraste tanto en la tomografía (b) como en la resonancia (c), y que provoca desplazamiento de la línea media (flechas). Nótese además la ocupación del receso maxilar (puntas de flecha), más evidente en las imágenes sagitales.

Lesiones dependientes de los nervios periféricos

A pesar de que los forámenes de salida de los nervios craneales se visualizan mejor mediante TC, los nervios per se y su patología se caracterizan mejor con la RM. Las lesiones que afectan a los pares craneales son de dos tipos: inflamatorias (neuritis) y neoplásicas (tumores de vaina nerviosa o diseminaciones tumorales neurotropas). Ambos tipos de lesiones se caracterizan por presentar isointensidad con el parénquima cerebral en las secuencias T1 y T2 y realzarse tras la administración de contraste. En las lesiones inflamatorias el aumento de tamaño del nervio es difuso y de carácter generalmente leve (fig. 27), mientras que en las neoplasias de raíz nerviosa pueden tener un tamaño considerable y desplazar el parénquima cerebral adyacente. La visualización de estas lesiones se facilita con la aplicación de secuencias STIR.

Lesiones dependientes de los plexos coroideos

Las neoplasias de los plexos coroideos representan, aproximadamente, el 10% de las neoplasias primarias en los perros, y por sus características histológicas pueden ser clasificadas como carcinomas y papilomas de plexos coroideos, siendo los primeros más agresivos y con peor pronóstico. Pueden originarse en cualquiera de los ventrículos y suelen ir acompañados de hidrocefalia ya que, además de producir LCR, pueden obstruir los puntos de drenaje. Estas neoplasias tienen características radiológicas muy heterogéneas pero, en general, podemos considerar que son iso o hiperintensas en secuencias T1 y T2, con un realce intenso y homogéneo tras la administración de contraste (fig. 28). Algunos carcinomas de plexos coroideos pueden dar lugar a metástasis intraventriculares o subaracnoideas, lo que los diferencia de los papilomas de plexo coroideo.

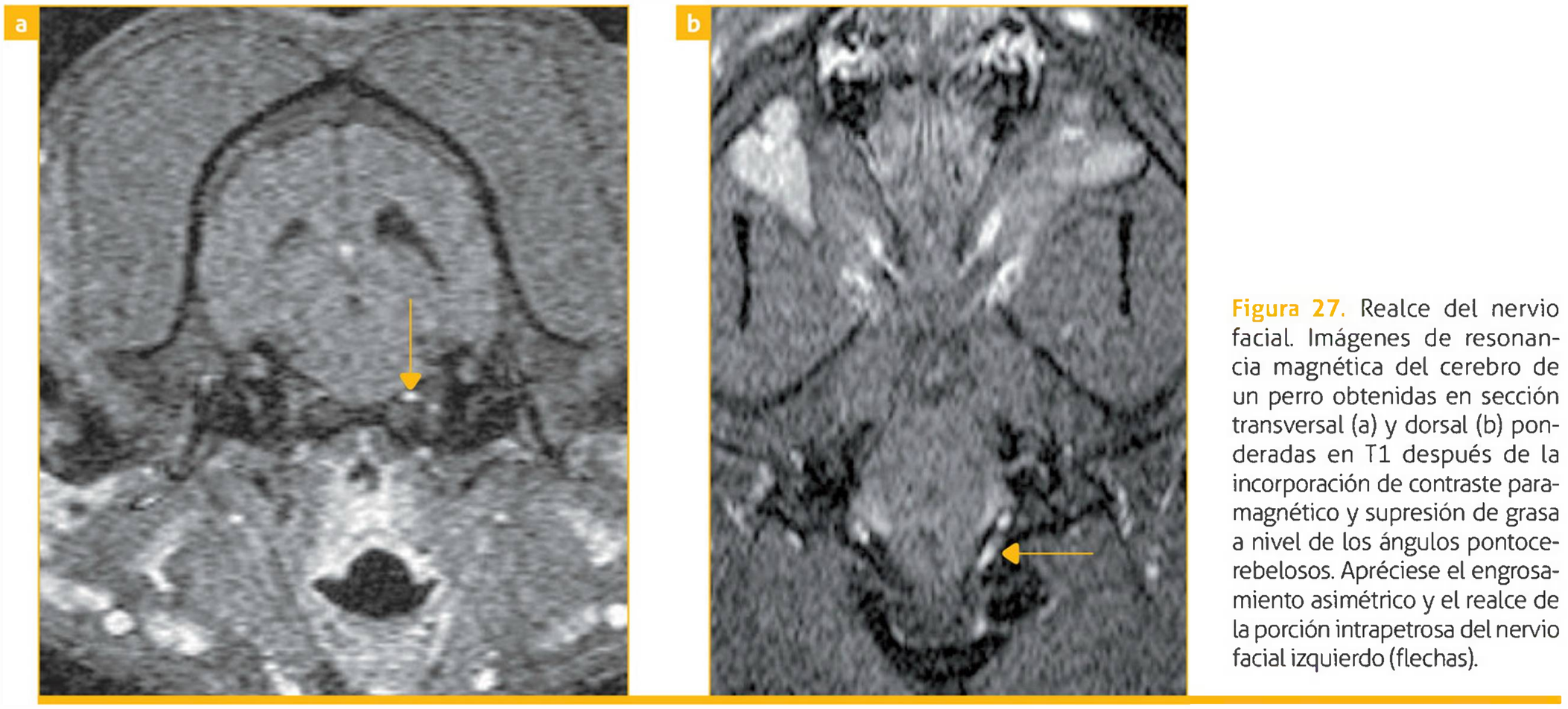


Figura 27. Realce del nervio facial. Imágenes de resonancia magnética del cerebro de un perro obtenidas en sección transversal (a) y dorsal (b) ponderadas en T1 después de la incorporación de contraste paramagnético y supresión de grasa a nivel de los ángulos pontocerebelosos. Apréciese el engrosamiento asimétrico y el realce de la porción intrapetrosa del nervio facial izquierdo (flechas).

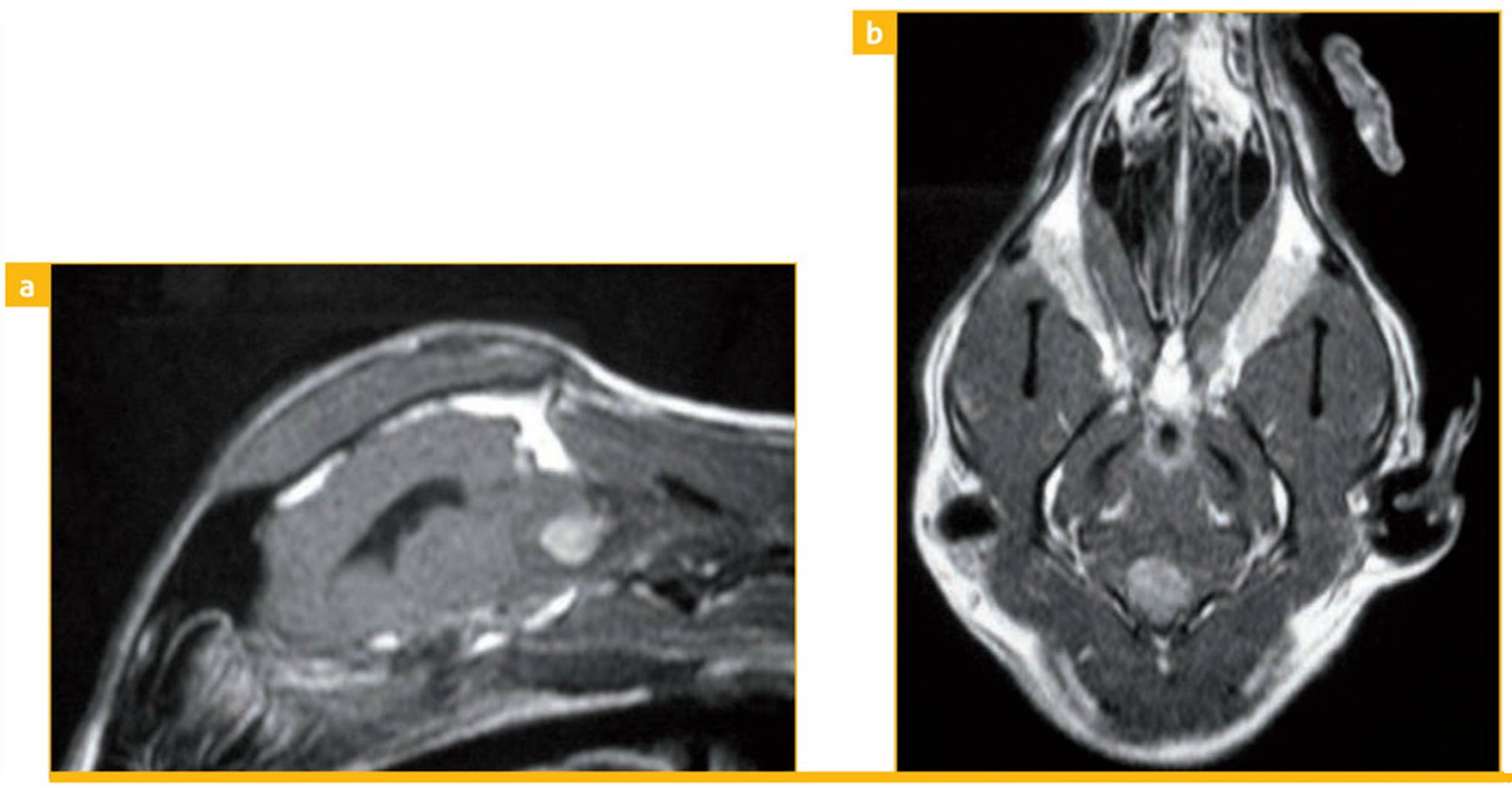


Figura 28. Papiloma de plexo coroideo del cuarto ventrículo. Imágenes de resonancia magnética del cráneo de un perro obtenidas en secciones sagital (a) y dorsal (b) ponderadas en T1 tras la administración de contraste paramagnético. Obsérvese la presencia de una masa infratentorial que rellena el cuarto ventrículo y se realza de manera homogénea.

Lesiones intra-axiales

Enfermedad cerebrovascular

Este término hace referencia a aquellas enfermedades en las que hay un área del encéfalo afectada por isquemia (falta de flujo sanguíneo tras la formación de un trombo) o sangrado (rotura de vasos sanguíneos). También están incluidos aquellos procesos patológicos que afectan a uno o varios vasos del encéfalo.

Lesiones isquémicas (infarto cerebral)

Pueden ser clasificadas en función del territorio vascular afectado, el tamaño del vaso implicado o la causa que lo ha producido. Los hallazgos de la resonancia magnética en los infartos (fig. 29) son los siguientes:

Hallazgos de la resonancia magnética en los infartos
☐ Lesión localizada en un territorio vascular conocido: - de una arteria principal cerebral (arterias cerebrales rostral, media y caudal y arterias cerebelares rostral y caudal) que dan lugar a infartos territoriales, - o de una arteria perforante (que da lugar a infartos lacunares).
☐ Señal hiperintensa en secuencias ponderadas en T2 y FLAIR. No suele haber realce en las secuencias poscontraste.
☐ Sin efecto masa excepto si son de gran tamaño.
☐ Bordes bien definidos y con apariencia homogénea afectando normalmente a la sustancia blanca y a la gris, aunque hay infartos exclusivos corticales o de ganglios de la base.

Los territorios más frecuentemente afectados son los irrigados por las arterias cerebral media y cerebelar rostral.

En ocasiones, estas lesiones también pueden ser observadas mediante TC, presentando disminución de la atenuación y ausencia de captación de contraste. En ocasiones se puede apreciar un efecto masa con desviación de la línea media y colapso ventricular (fig. 30).

Lesiones hemorrágicas

La presencia de sangre en el parénquima cerebral se detecta fácilmente con TC y RM. La apariencia en RM de las lesiones hemorrágicas es muy variable, ya que los componentes del hematoma presentan diferentes propiedades paramagnéticas en función del tiempo de evolución. En la tabla 2 se reseñan las características más destacables. Debido a la presencia de hierro en el hematoma (que crea el fenómeno de susceptibilidad magnética), esta sangre se puede detectar fácilmente con la utilización de secuencias T2* o de eco de gradiente, que harán que la zona afectada aparezca sin señal (negra).

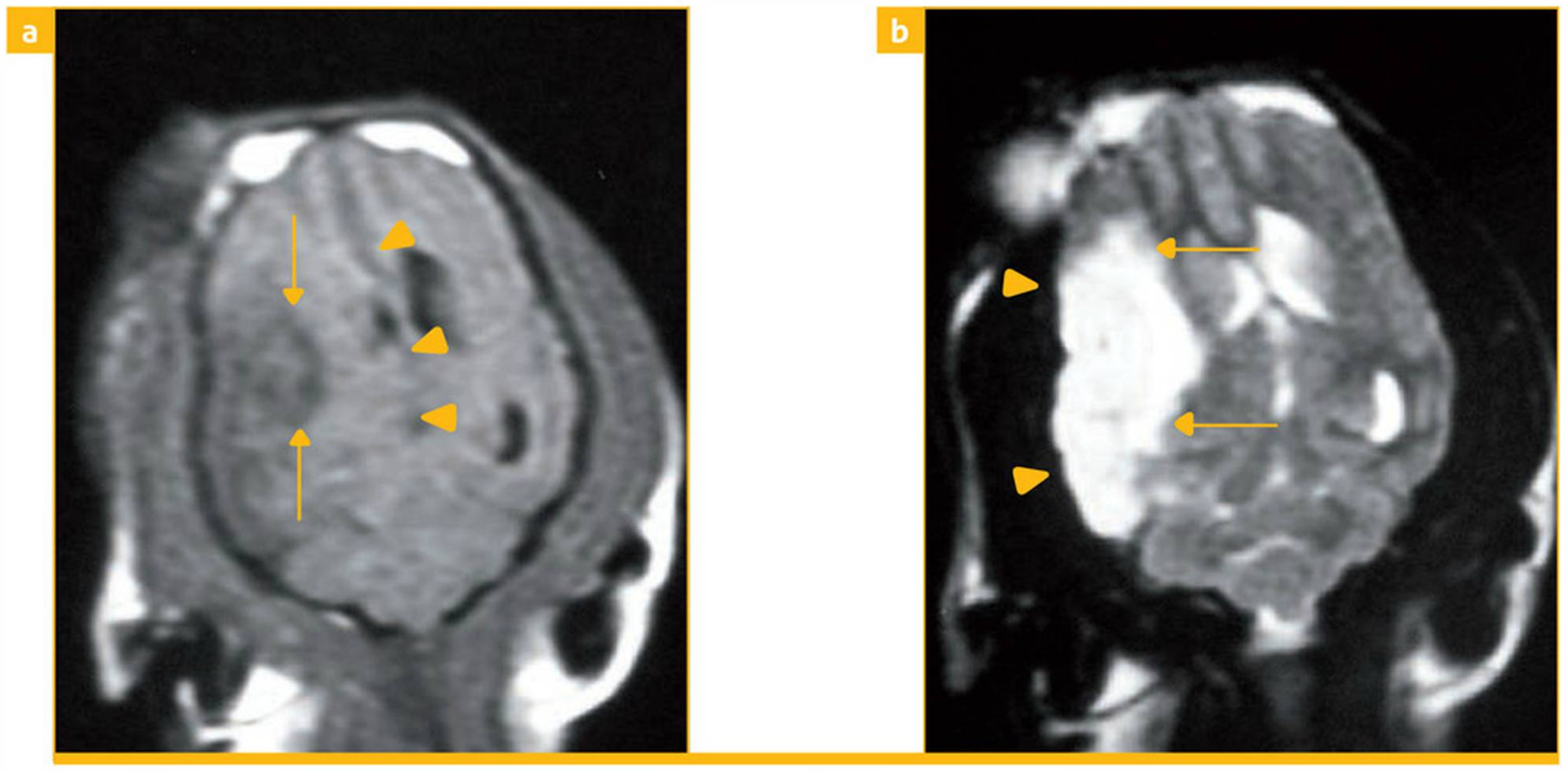


Figura 29. Infarto cerebral canino en resonancia magnética. Imagen obtenida en sección dorsal ponderada en T1 (a) y T2 (b) a través de los hemisferios cerebrales. Obsérvese la existencia de una alteración de la señal con prolongación de los tiempos de relajación (hipointensidad en T1 e hiperintesidad en T2) que afecta al territorio de irrigación de la arteria cerebral media (flechas) incluyendo corteza y sustancia blanca correspondiente. Nótese además que hay desviación de la línea media y colapso ventricular (puntas de flecha) por el efecto de masa.

Figura 30. Imagen tomográfica de un infarto cerebral canino. Sección transversal sin contraste obtenida a nivel de ambos tálamos. Nótese una zona en cuña con disminución de la atenuación que afecta a la corteza y zona subcortical frontoparietal izquierda (flechas).

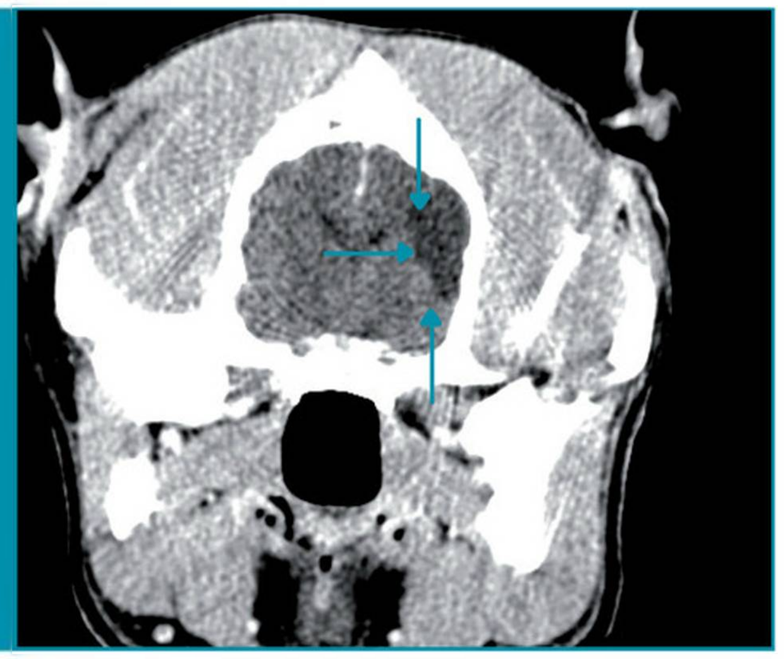


Tabla 2. Cambios en la intensidad de señal de resonancia magnética en hemorragias intracraneales.

Estado	Tiempo	Componente	Señal T1	Señal T2
Hiperagudo	< 24 horas	Oxihemoglobina intracelular	Hipointensa	Hiperintensa
Agudo	1-3 días	Deoxihemoglobina intracelular	Iso/hiperintensa	Hipointensa
Subagudo	3-7 días	Metahemoglobina intracelular	Hiperintensa	Hipointensa
Subagudo tardío	7-14 días	Metahemoglobina extracelular	Hiperintensa	Hiperintensa
Crónico	> 14 días	Ferritina/hemosiderina intracelular	Hipointensa	Hipointensa

Enfermedades inflamatorias

Los procesos inflamatorios que afectan al encéfalo dan lugar típicamente a la presencia de múltiples lesiones (aunque en algunas ocasiones son lesiones focales), que presentan hiperintensidad en las secuencias ponderadas en T2 e hipointensidad en las secuencias T1. El empleo de secuencias FLAIR es de gran utilidad en la detección de este tipo de lesiones, así como la administración de contraste paramagnético.

De origen infeccioso

La vía de entrada del agente infeccioso puede ser hematógena o por contigüidad (a través de lesiones en oído medio, lámina cribiforme, zona retrobulbar, etc.) que, en muchas ocasiones, se puede determinar por los hallazgos radiológicos. Los cambios observados en el parénquima encefálico dependen del mecanismo patogénico del organismo que esté produciendo la inflamación. En infecciones bacterianas puede observarse realce meníngeo con un patrón de realce pio-aracnoideo (con o sin formación de colecciones inflamatorias o empiema) (fig. 31) y la formación de colecciones encapsuladas (abscesos). Estos abscesos se caracterizan por presentar hipointensidad en las secuencias ponderadas en T1 e hiperintensidad en las secuencias T2, con un intenso realce periférico, y normalmente están asociados a edema cerebral (fig. 32).

La TC también es de utilidad, especialmente cuando se realizan estudios tras la administración de contraste (fig. 33).

Otras enfermedades como el moquillo canino producen alteraciones radiológicas compatibles con desmielinización (lesiones hiperintensas en secuencias ponderadas en T2). El virus de la peritonitis infecciosa felina produce un realce muy llamativo del epitelio ventricular, plexos coroideos y meninges. Otros agentes infecciosos que, de manera menos frecuente, afectan al parénquima cerebral son los hongos y los parásitos con migraciones aberrantes.

Figura 31. Empiema subdural. Imágenes de resonancia magnética del cráneo de un perro obtenidas en sección dorsal y ponderadas en T2 (c) y en T1 antes (a) y después (b) de la administración de contraste paramagnético. Obsérvese la presencia de contenido quístico, con prolongación de los tiempos de relajación, y realce meníngeo intenso (flechas), además del marcado efecto masa con desplazamiento de la línea media (puntas de flecha) con compresión del ventrículo lateral derecho.

Figura 32. Imágenes de resonancia magnética de un absceso cerebral en un perro. Secciones transversales del cráneo ponderadas en T2 (a). Obsérvese la hiperintensidad marcada de la lesión adyacente al ventrículo lateral izquierdo. Sección transversa ponderada en T1 tras la administración de contraste paramagnético (b). Obsérvese la captación de contraste en anillo y la hipointensidad de señal del centro de la lesión y periférico (edema). Sección dorsal ponderada en T1 previa a la administración de contraste (c). Obsérvese la hipointensidad de la lesión.

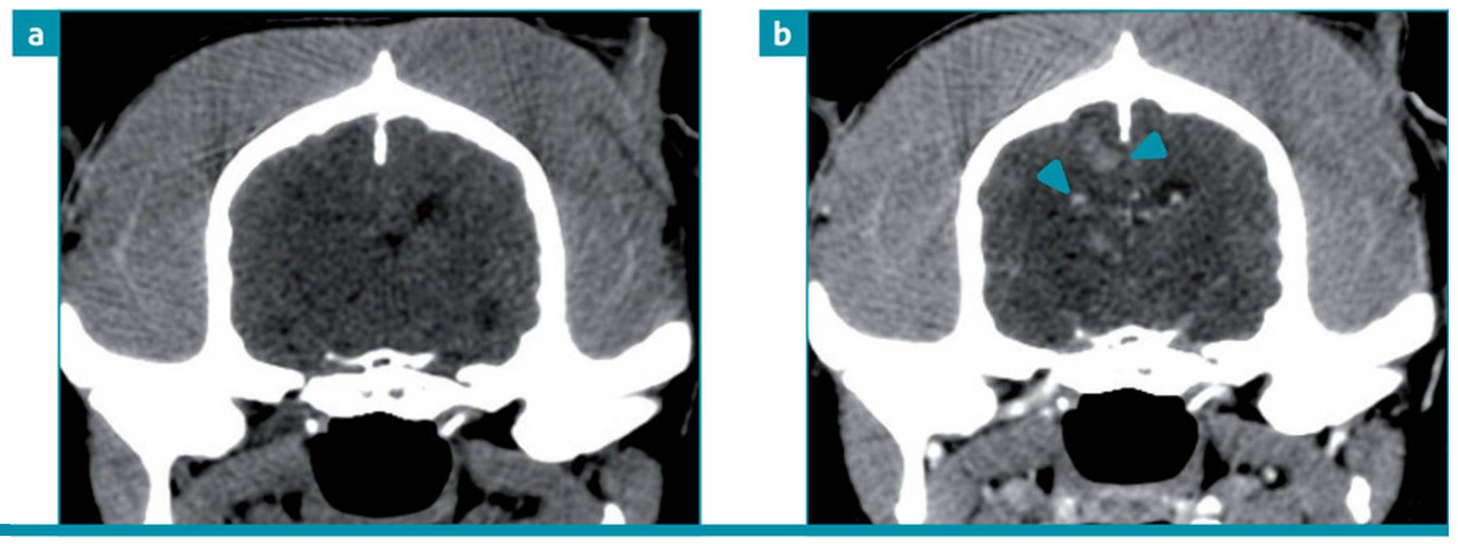


Figura 33. Imágenes tomográficas del cráneo de un perro obtenidas en secciones transversales a nivel del área talámica mostrando lesiones múltiples de naturaleza inflamatoria antes (a) y después de la administración de contraste yodado por vía intravenosa (b). Obsérvese la presencia de múltiples lesiones intra-axiales que se realzan de manera uniforme (flechas).

No infecciosas

Existen varias enfermedades inflamatorias del sistema nervioso central de las que se desconoce el agente causal. Se caracterizan por afectar a razas determinadas y dar lugar a un patrón lesional característico de cada una de ellas.

En la meningitis granulomatosa, especialmente frecuente en razas miniatura y terriers, se producen lesiones hiperintensas en las secuencias ponderadas en T2 y FLAIR, con un realce variable pero generalmente escaso. Las lesiones afectan a la sustancia blanca cerebral, especialmente en el tronco del encéfalo (fig. 34).

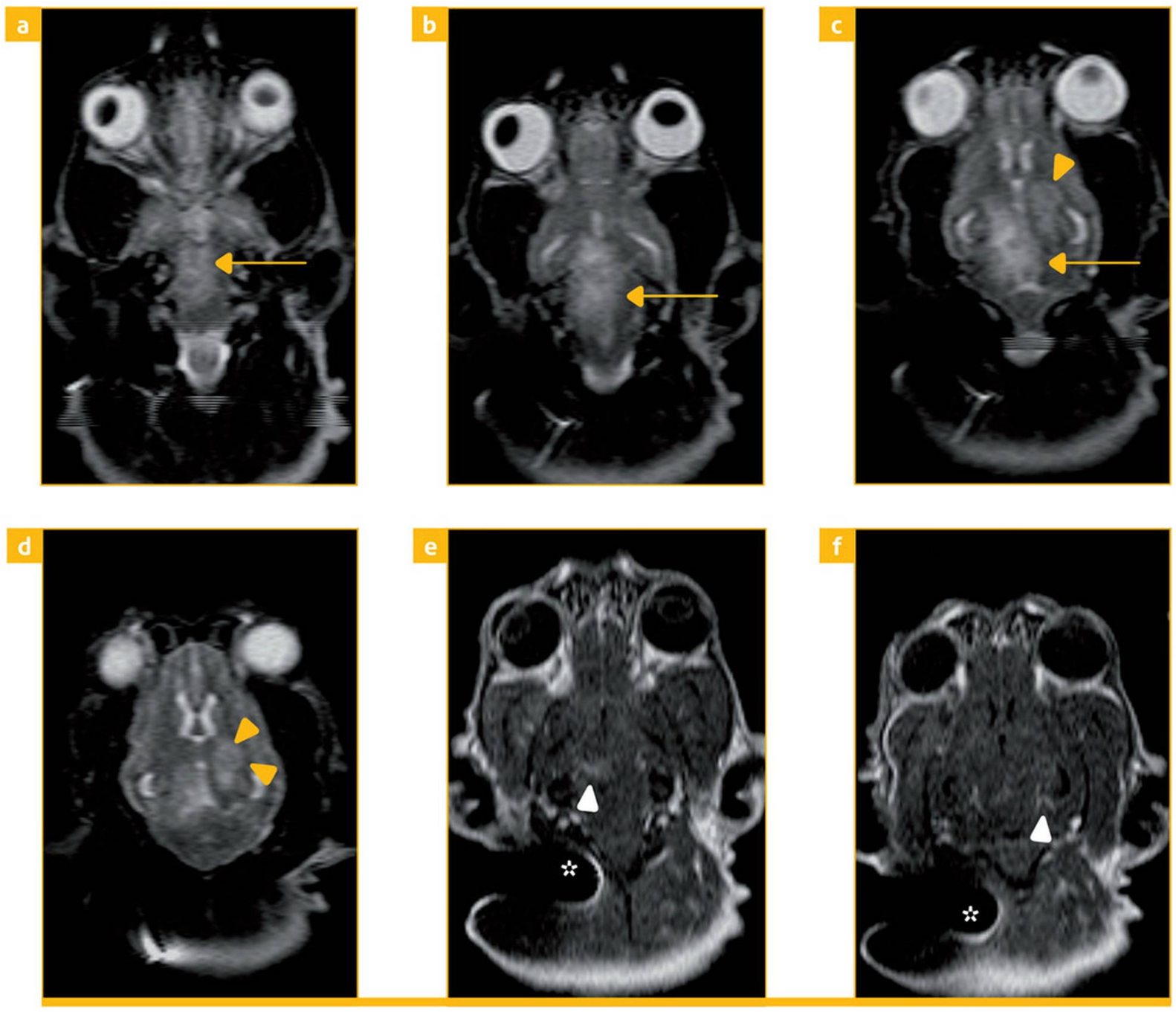


Figura 34. Imágenes de resonancia magnética en un caso de meningoencefalitis granulomatosa en un perro. Se han obtenido secciones dorsales consecutivas ponderadas en T2 (a-d) y T1 tras la administración de contraste paramagnético (e-f). Nótese la presencia de lesiones múltiples hiperintensas en T2 localizadas en la zona del tronco encefálico con lateralización derecha (flechas) y tálamo izquierdo (puntas de flecha naranjas). Realce meníngeo (puntas de flecha blancas). Artefacto creado por el microchip (*).

La meningitis necrotizante (inicialmente conocida como encefalitis del Carlino por su gran incidencia en esta raza) se caracteriza por producir cavitaciones en el parénquima cerebral. Las lesiones afectan tanto a la sustancia blanca como a la gris, con prolongación de los tiempos de relajación en las secuencias principales y un realce variable tras la administración de contraste (fig. 35).

Enfermedades degenerativas

Uno de los signos mas característicos de las enfermedades neurodegenerativas es la pérdida de parénquima cerebral, reflejado por la presencia de hidrocefalia *ex vacuo* (dilatación ventricular normotensiva) y la prominencia de surcos cerebrales y cerebelares por aumento del espacio subaracnoideo (figs. 36 y 37).

Además de estos cambios inespecíficos podemos ver alteraciones más específicas de la sustancia blanca o de la gris. Por ejemplo, en la leucodistrofia de células globoides se producen alteraciones radiológicas compatibles con desmielinización (hiperintesidad en secuencias ponderadas en T2 e hipointensas en secuencias T1) en la sustancia blanca cerebral.

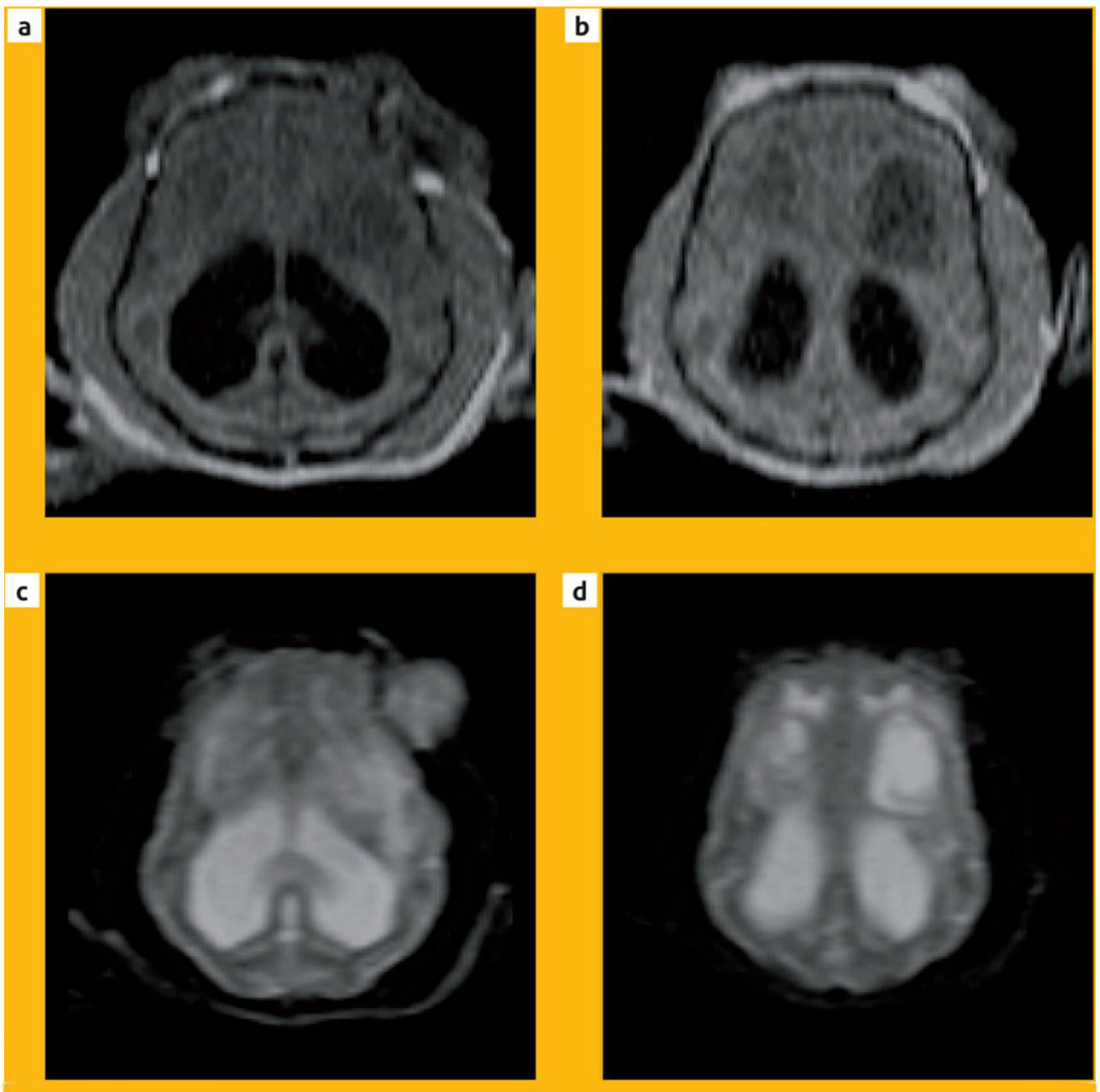


Figura 35. Imágenes de resonancia magnética en un caso de meningoencefalitis necrotizante en un perro, obtenidas en secciones dorsales ponderadas en T1 (a y b) y T2 (c y d). Nótese la presencia de lesiones intra-axiales y cavitarias en ambos lóbulos frontales hipointensas en T1 e hiperintensas en T2. Dichas lesiones afectan tanto a sustancia blanca como gris y producen un discreto efecto de masa.

Figura 36. Imágenes de resonancia magnética en un caso de atrofia cerebral en un perro, obtenidas en secciones dorsales ponderadas en T2 (a) y en T1 (b). Obsérvese como esta enfermedad neurodegenerativa provoca un mayor tamaño de los surcos cerebrales y dilatación ventricular.

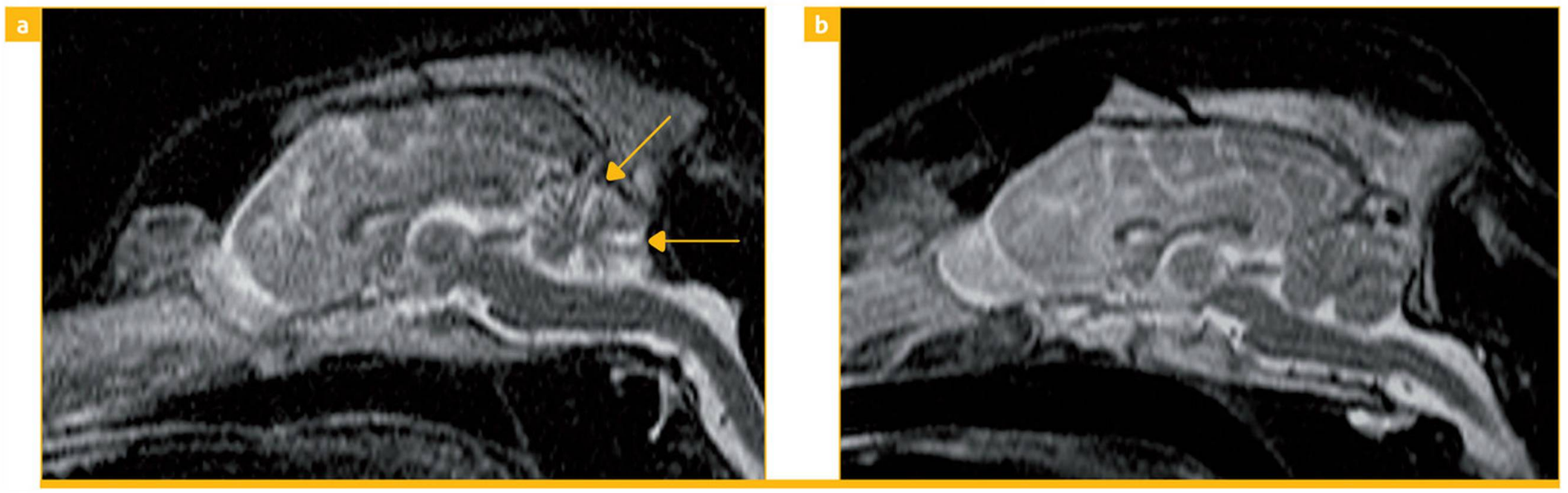


Figura 37. Imágenes de resonancia magnética en un caso de atrofia cerebelar en un perro, obtenidas en secciones sagitales ponderadas en T2 (a). Obsérvese como esta enfermedad neurodegenerativa provoca el aumento del espacio subaracnoideo alrededor de las folias cerebelares (flechas) en comparación con el presente en un animal normal (b).

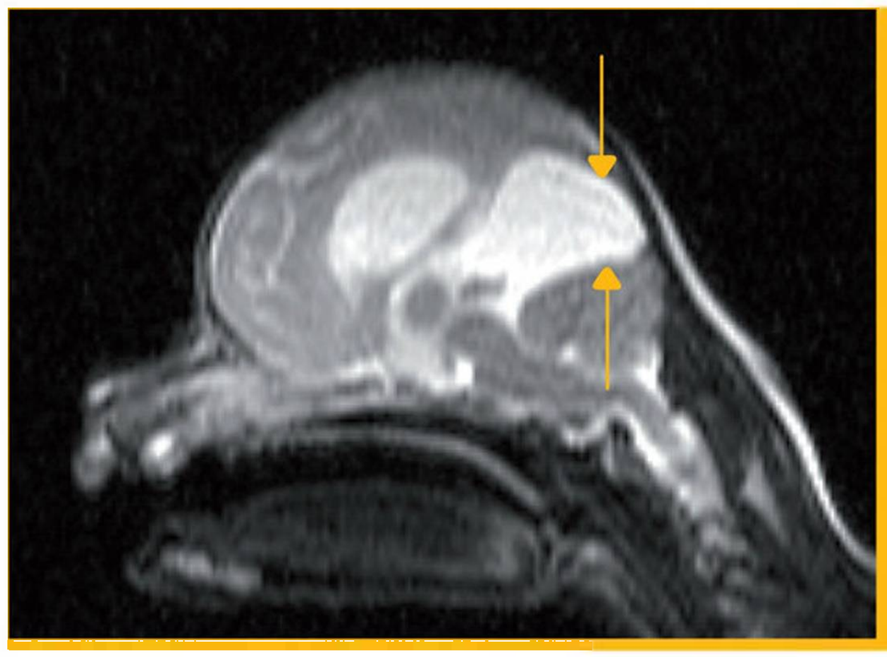


Figura 38. Imagen de resonancia magnética obtenida en sección sagital ponderada en T2 mostrando un quiste retrotectal causante de hidrocefalia en un perro. Obsérvese la dilatación quística de la cisterna cuadrigémina (flechas). Es evidente además la dilatación de los ventrículos.

Anomalías congénitas

Son aquellos defectos morfológicos o funcionales que afectan a todo el parénquima cerebral o a alguna de sus partes, y que están presentes en el momento del nacimiento. Las más frecuentes son las alteraciones en el patrón circunvolutivo (polimicrogiria, lisencefalia), las ventriculares (hidrocefalias por estenosis del acueducto, síndrome de Dandy-Walker), las alteraciones en el desarrollo de estructuras hemisféricas (holoprosencefalia, agenesia del cuerpo calloso) y la formación de quistes del desarrollo, especialmente los aracnoideos (fig. 38).

Encefalopatías metabólicas/nutricionales

Se caracterizan por ser lesiones intraparenquimatosas múltiples y simétricas que afectan, fundamentalmente, a la sustancia gris. Presentan, normalmente, hiperintensidad en secuencias potenciadas en T2 e hipointensidad en secuencias potenciadas en T1. No se suelen realzar en las secuencias poscontraste.

Neoplasias

Gliomas

Estas neoplasias intra-axiales originadas de las células de la glía (oligodendrocitos y astrocitos) son, generalmente, únicas y presentan características radiológicas muy variables. Como normal general, al producir zonas de necrosis y edema, son hipointensas en las secuencias ponderadas en T1 e hiperintensas en las secuencias ponderadas en T2. En la mayoría de los casos, la captación de contraste es débil, aunque a veces se presenta en forma de anillo irregular (figs. 39 y 40).

Neoplasias de la hipófisis

Debido a su localización pueden comprimir el diencéfalo produciendo, además de las alteraciones endocrinas, disfunciones neurológicas. Las más frecuentes son los micro/macro adenomas, aunque también se pueden encontrar craneofaringiomas, hamartomas, etc. (fig. 41).

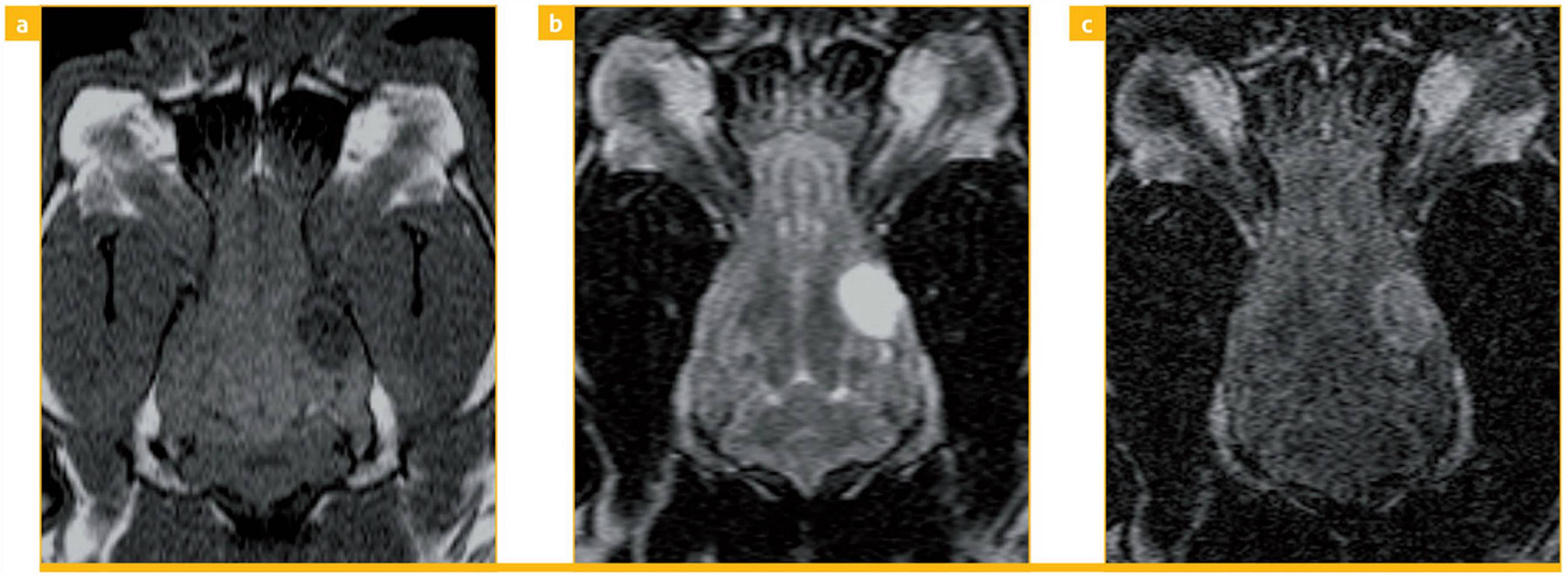


Figura 39. Imágenes de resonancia magnética obtenidas en secciones dorsales ponderadas en T1 (a), T2 (b) y FLAIR (c) en un caso de quiste complejo en el cerebro de un perro. Nótese la presencia de una masa intra-axial que no sigue exactamente la señal de LCR, específicamente en la secuencia FLAIR (c). Esto indica la presencia de un quiste complicado o una neoplasia pseudoquística.

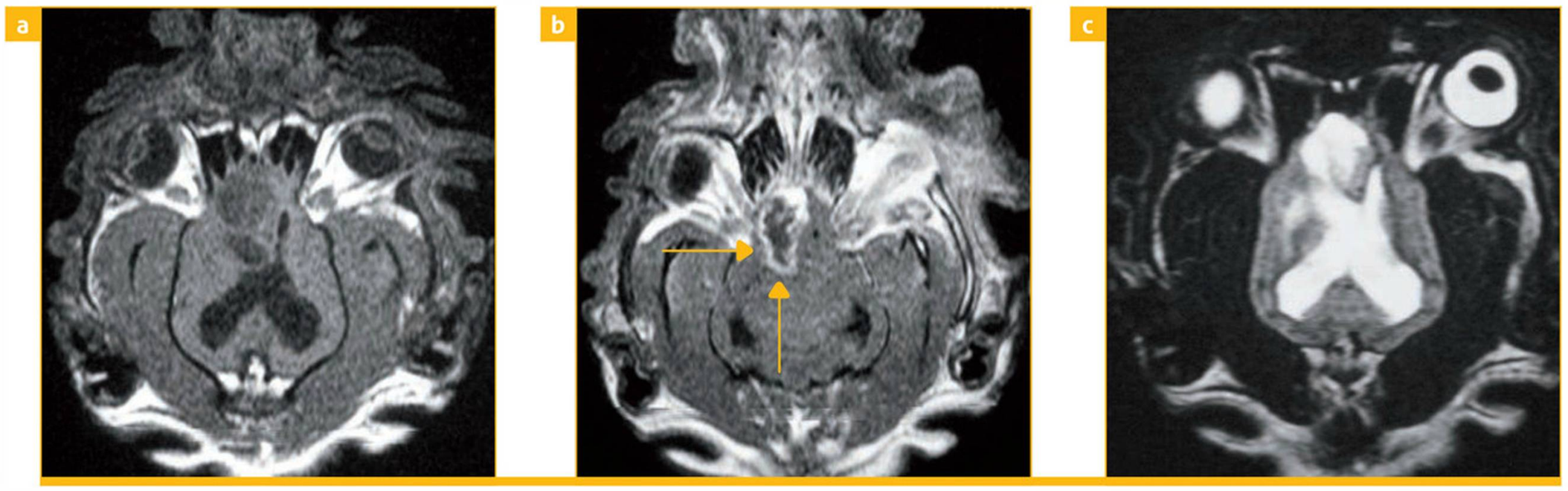


Figura 40. Imágenes de resonancia magnética obtenidas en secciones dorsales ponderadas en T1 antes (a) y después (b) de la administración de contraste paramagnético y en T2 (c) en un caso de una neoplasia intra-axial en el cerebro de un perro. Nótese la localización de la masa en el lóbulo frontal derecho, así como la prolongación de los tiempos de relajación en las secuencias principales (a) y (c) y el realce en anillo irregular (flechas) con mamelón de captación en el polo anterior.

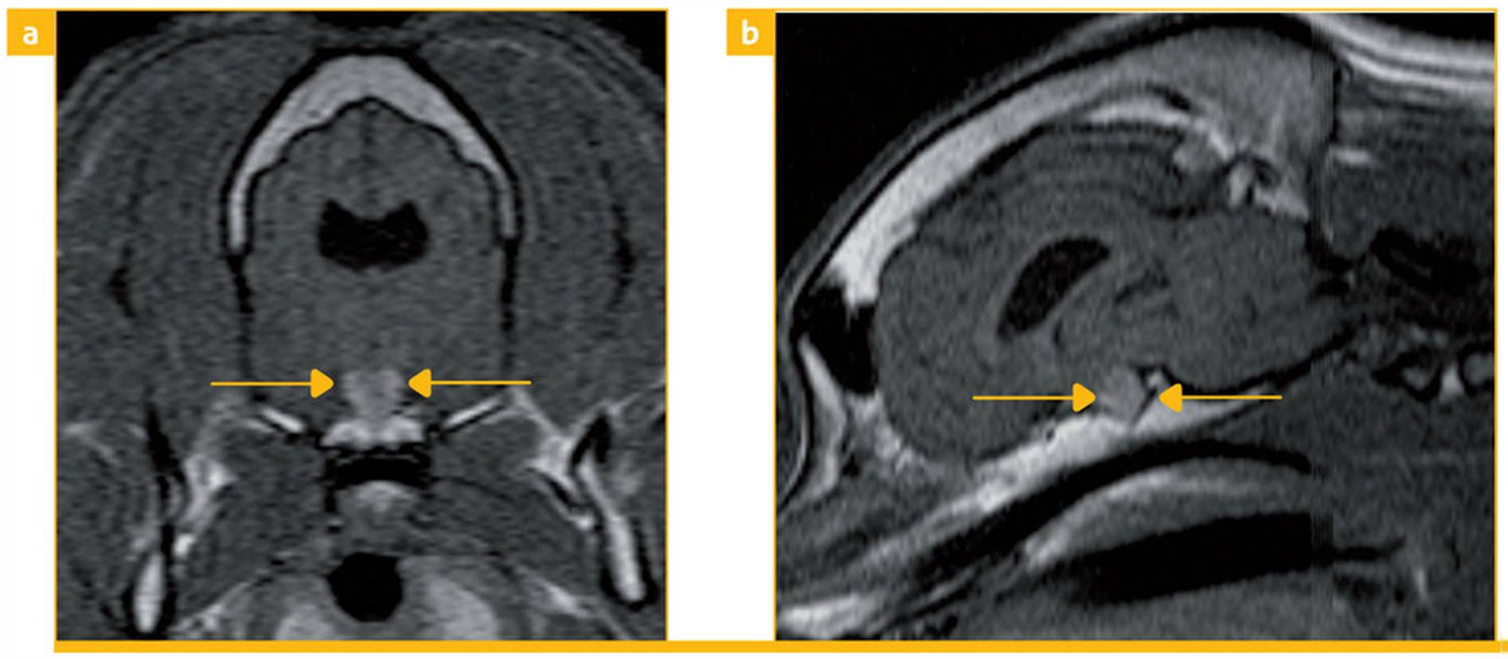


Figura 41. Imágenes de resonancia magnética de un cráneo en un perro con neoplasia hipofisaria. Se muestra una sección transversal (a) y sagital (b), ambas ponderadas en T1 con secuencia de saturación de grasa. Obsérvese la presencia de una masa en la línea media (*dorsum sellae*) con captación de contraste (flechas), compatible con un macroadenoma hipofisario.

Lesiones metastásicas

Pueden aparecer en cualquier zona del encéfalo, aunque con mayor frecuencia, debido a su diseminación hematógena, se localizan en las uniones entre sustancia blanca y gris. Generalmente presentan hipointensidad en las secuencias ponderadas en T1 e hiperintensidad en las secuencias ponderadas en T2 y FLAIR. El realce suele ser intenso (figs. 42 y 43).

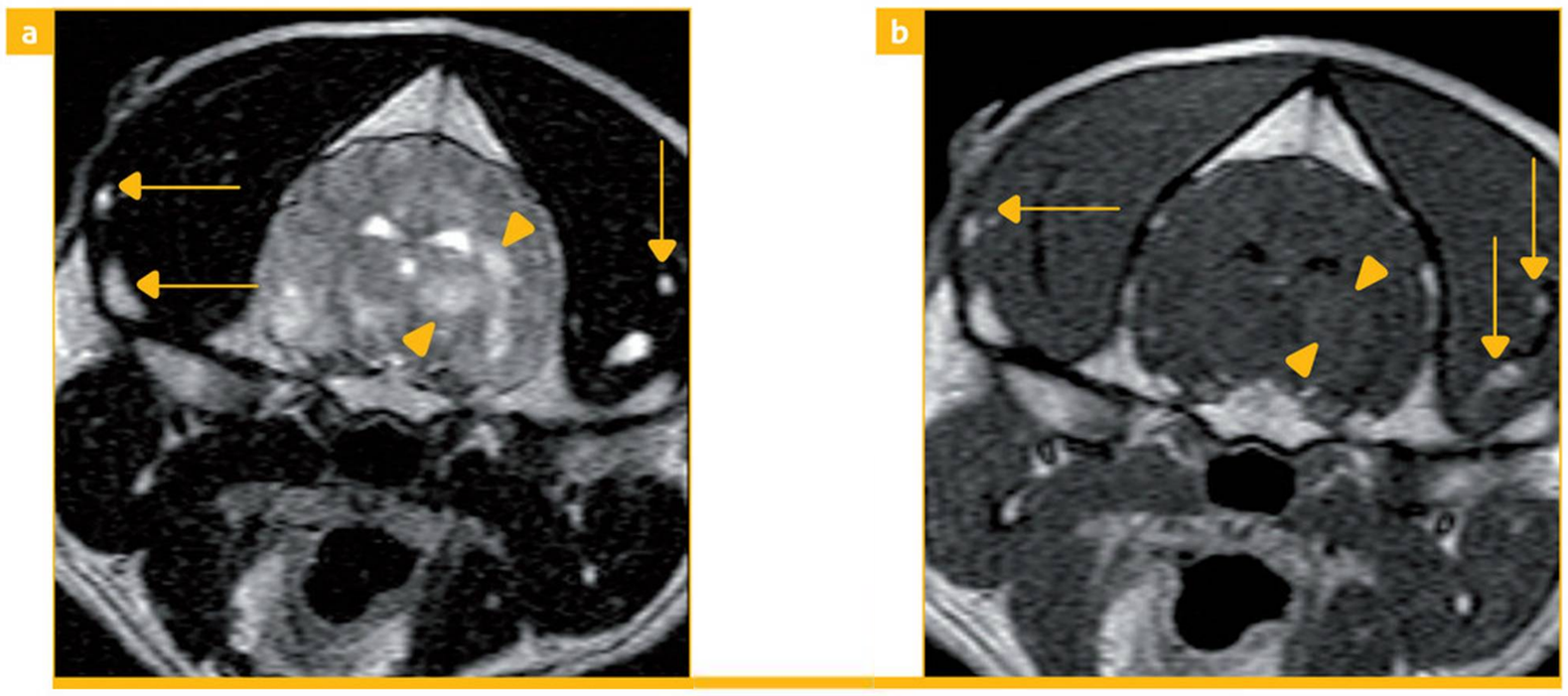


Figura 42. Imágenes de resonancia magnética del cráneo de un perro con múltiples metástasis encefálicas y extracraneales, mostradas en secciones transversales ponderadas en T2 (a) y en T1 tras la administración de contraste (b). Obsérvese la presencia de múltiples lesiones intra-axiales en encéfalo (puntas de flecha en a) con una captación en anillo leve (puntas de flecha en b). Además, son evidentes las lesiones localizadas en la musculatura paracraneal (flechas). El estudio histopatológico concluyó con un diagnóstico de hemangiosarcoma metastásico.

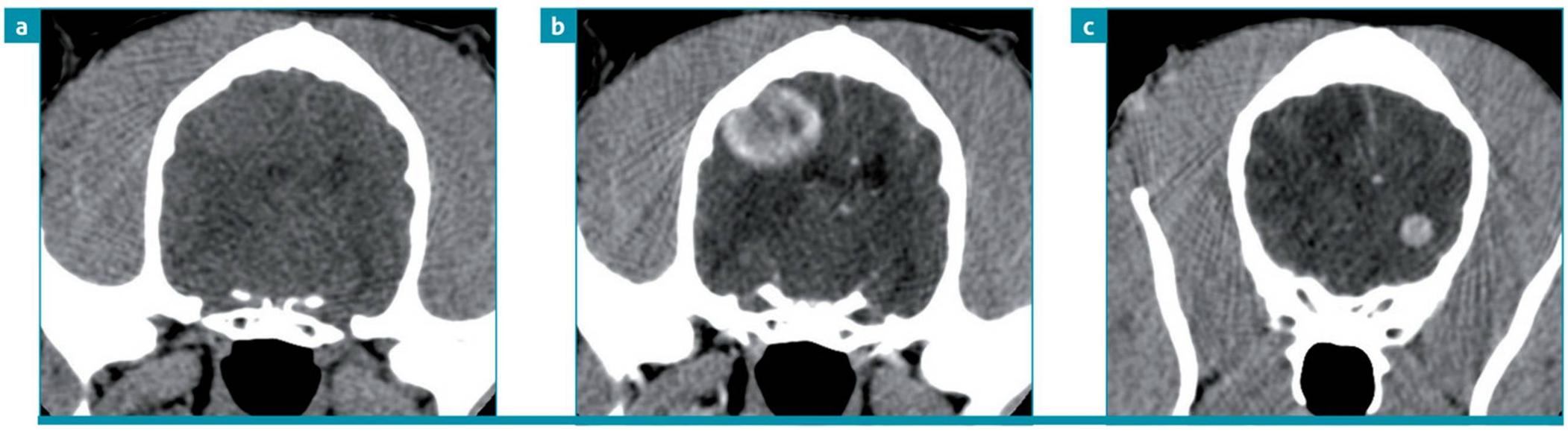


Figura 43. Imágenes tomográficas en sección transversal del cráneo de un perro mostrando múltiples metástasis encefálicas. En la imagen previa al contraste (a) se observan zonas de disminución de la atenuación en hemisferio derecho, mientras que tras la administración de contraste yodado por vía intravenosa (b y c) se evidencian múltiples lesiones intra-axiales captadoras de contraste.

Cambios asociados a lesiones intracraneales

Hidrocefalia

El sistema ventricular consta de dos ventrículos laterales, un tercer ventrículo en la línea media diencefálica y un cuarto ventrículo en la fosa posterior. Ambos ventrículos laterales se comunican con el tercero a través de los forámenes interventriculares (de Monro), quedando separadas sus astas anteriores por el *septum pellucidum*. El tercer ventrículo tiene una disposición en anillo y se comunica con el cuarto a través del acueducto mesencefálico (de Silvio). El cuarto ventrículo desemboca en el espacio subaracnoideo a través de las aperturas laterales. Mientras que en el humano el 4º ventrículo desemboca en el sistema cisternal mediante tres forámenes (dos laterales o de Luscka y uno medial o de Magendie), en los animales domésticos sólo se ha demostrado la existencia de los forámenes laterales. En el sistema ventricular se localizan estructuras epiteliales especializadas encargadas de producir el LCR, los plexos coroideos. Este LCR debe circular libremente a través de este sistema y su obstrucción dará lugar a una acumulación del LCR y, por tanto, dilatación ventricular o hidrocefalia (fig. 44).

El tamaño ventricular es variable entre las distintas razas de gatos y perros e incluso entre miembros de una misma raza. La presencia de pequeñas asimetrías ventriculares es relativamente frecuente, pero su significación clínica es, en muchos casos, incierta. La presencia de lesiones ocupantes de espacio puede modificar la morfología de los ventrículos (fig. 21), así como obstruir los puntos de drenaje del LCR, dando lugar a una dilatación ventricular rostral al punto de obstrucción.

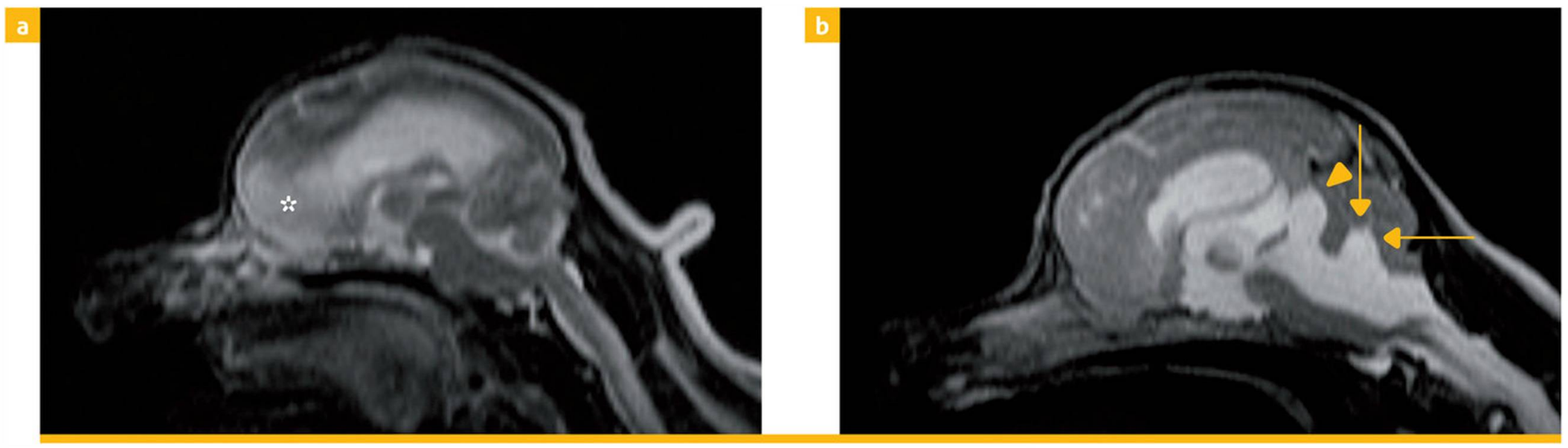


Figura 44. Imágenes de resonancia magnética en una hidrocefalia de tipo obstructivo mostrando secciones sagitales ponderadas en T2 en un cráneo de perro. Se observa una dilatación ventricular grave (a), especialmente prominente en las astas frontales de los ventrículos laterales (*). El cuarto ventrículo es de apariencia normal. Se aprecia una grave dilatación de todo el sistema ventricular (b) incluyendo el cuarto ventrículo (flechas). Nótese la presencia de una dilatación quística de la cisterna cuadrigémina (punta de flecha).

La evaluación del tamaño ventricular se realiza fácilmente con ecografía en animales que presentan fontanelas abiertas (fig. 45). Esta técnica es un método sencillo para diagnosticar hidrocefalia, aunque la caracterización definitiva de la misma requerirá la utilización de procedimientos más específicos. La TC y la RM también permiten la evaluación del sistema ventricular (fig. 46).

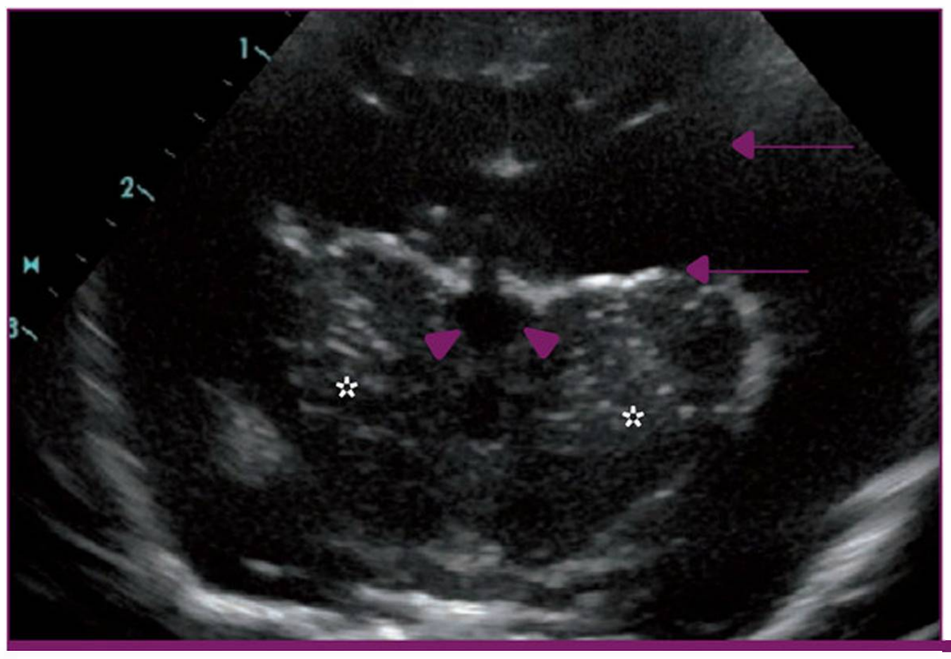


Figura 45. Imagen ecográfica del encéfalo en sección transversal a nivel del tálamo, obtenida mediante una aproximación transfontanelar que muestra hidrocefalia. Obsérvese la marcada dilatación ventricular de contenido anecoico (flechas) compatible con la presencia de fluido -LCR-. Asimismo, es visible el tercer ventrículo (puntas de flecha), la adhesión intertalámica y ambos tálamos (*). Imagen cedida por B. Verdugo.

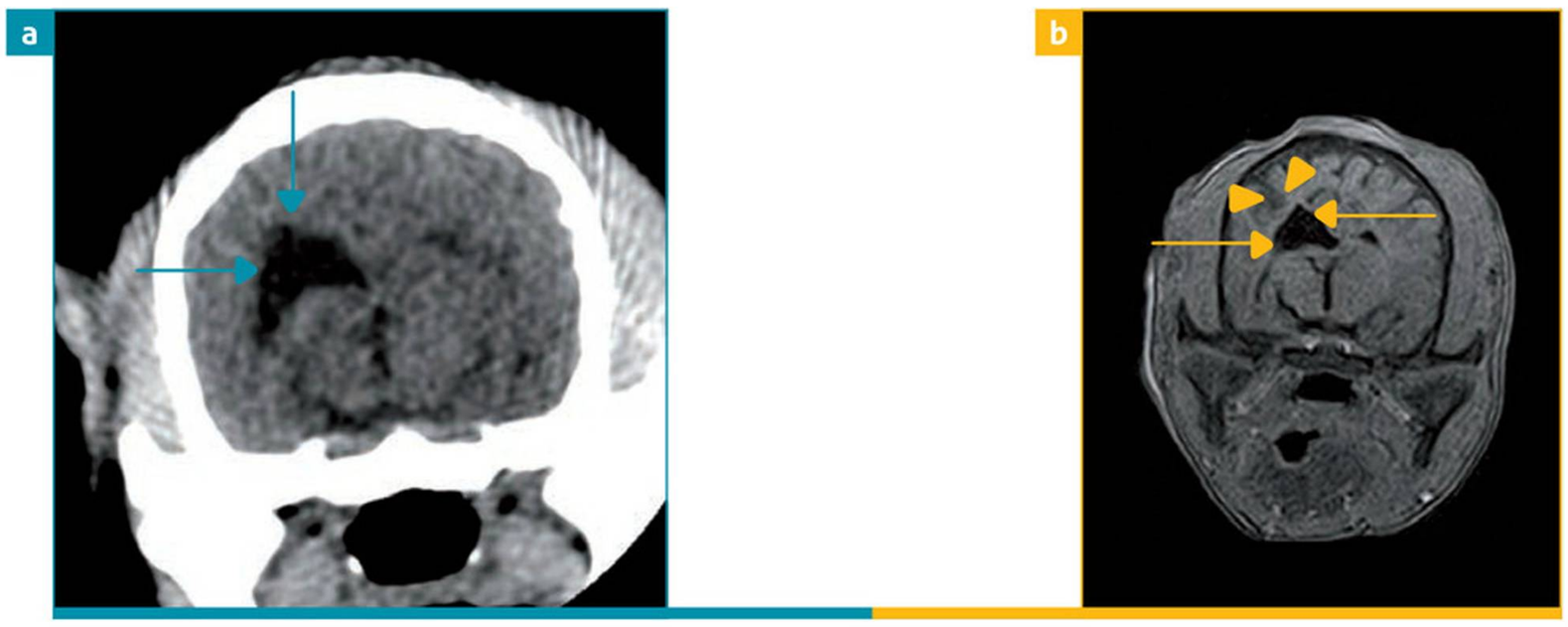


Figura 46. Asimetría ventricular. Secciones transversales del encéfalo obtenidas mediante tomografía (a) y resonancia magnética ponderada en T1 (b). Obsérvese la dilatación del ventrículo derecho (flechas). Asimismo, la imagen de resonancia permite identificar otras lesiones hipointensas subcorticales (b).

Edema

- El **edema vasogénico** está presente en gran cantidad de patologías intracraneales originado por alteraciones en la pared de los vasos sanguíneos que causan una salida de plasma y proteínas de los vasos al espacio intersticial. Afecta fundamentalmente a la sustancia blanca, distribuyéndose a través de las fibras nerviosas y produciendo efecto masa. Debido a este mayor contenido en líquido, el edema aparecerá como hipointenso en las secuencias en T1 e hiperintenso en aquéllas ponderadas en T2. A veces, este edema es difícil de diferenciar de la lesión que lo ha originado ya que presenta características de imagen similares; para diferenciarlos hay que administrar contraste (el edema se mantiene hipointenso en las secuencias T1 poscontraste) u otras secuencias como la FLAIR (fig. 47).

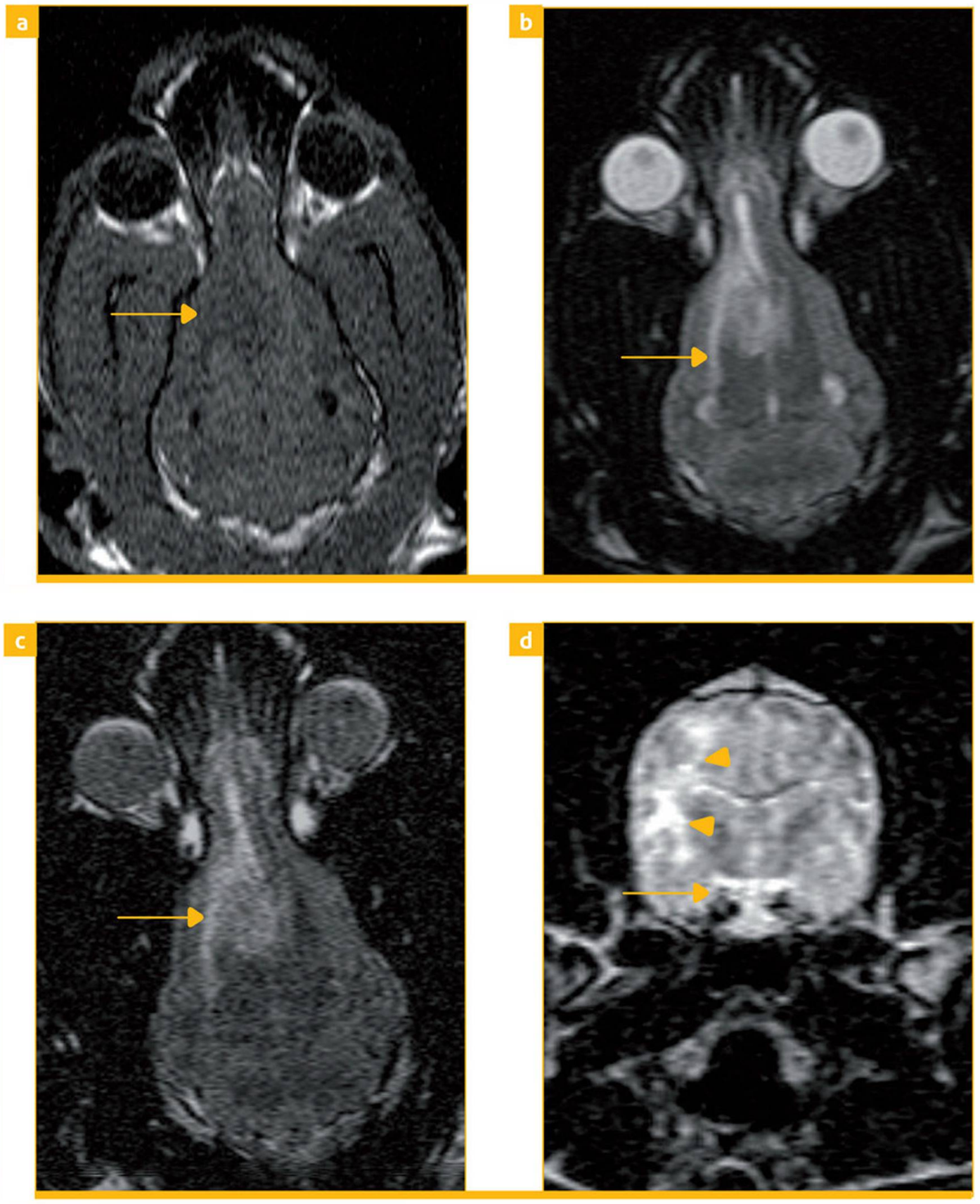


Figura 47. Imágenes de resonancia magnética correspondientes a edema vasogénico en un perro mostrando secciones dorsales ponderadas en T1 (a), T2 (b) y FLAIR (c) y transversa ponderada en T2 (d).

Obsérvese la prolongación de los tiempos de relajación en las secuencias principales y como la lesión se extiende a lo largo de la sustancia blanca (flechas). La secuencia FLAIR permite diferenciar la señal hiperintensa correspondiente del tejido afectado de la señal del LCR de los ventrículos (c). La lesión hiperintensa se extiende a lo largo de la corona radiada y grandes haces axonales (d, puntas de flecha).

- El **edema citotóxico** afecta, fundamentalmente, a la sustancia gris y se debe a una pérdida en la capacidad de osmorregulación de las células, lo que da lugar a que éstas acumulen líquido (en este caso el líquido es intracelular). Estos cambios se producen por daños celulares (por isquemia, alteraciones tóxicas/nutricionales e hipoxia).

Tras una convulsión pueden aparecer zonas de hipointensidad T1 e hiperintensidad T2 en los lóbulos piriforme y temporal, pudiendo ser uni o bilaterales. El mecanismo por el que se producen estos cambios no se conoce completamente pero se cree que pueden representar zonas de edema focal, cambios vasculares, acumulación de neurotransmisores u otras sustancias químicas.

Hernia cerebral

Puesto que el encéfalo se encuentra localizado en una estructura ósea donde el volumen interno siempre es constante, los aumentos de volumen debidos a hemorragias, edema o neoplasias pueden hacer que el parénquima cerebral se desplace de un compartimiento cerebral a otro.

La cavidad craneal se encuentra dividida en compartimentos infra y supratentoriales, separados por el tentorio del cerebelo. Además, en la fosa rostral se localiza la hoz cerebral que separa ambos hemisferios cerebrales.

Cuando hay un aumento de la presión intracraneal se pueden observar signos radiológicos, evidenciados como:

- **Hernia rostrotentorial**: hay un paso de parénquima cerebral (generalmente los colículos caudales) desde el compartimento supratentorial al infratentorial por debajo del tentorio del cerebelo (fig. 48).
- **Hernia a través del foramen magno**: implica la salida del parénquima cerebelar, especialmente la úvula cerebelar, hacia el canal vertebral a través del foramen magno (fig. 38).
- **Hernia subfalcial**: paso del parénquima cerebral (cíngulo) de un lado de la línea media hacia el otro por debajo de la hoz cerebral (fig. 49).

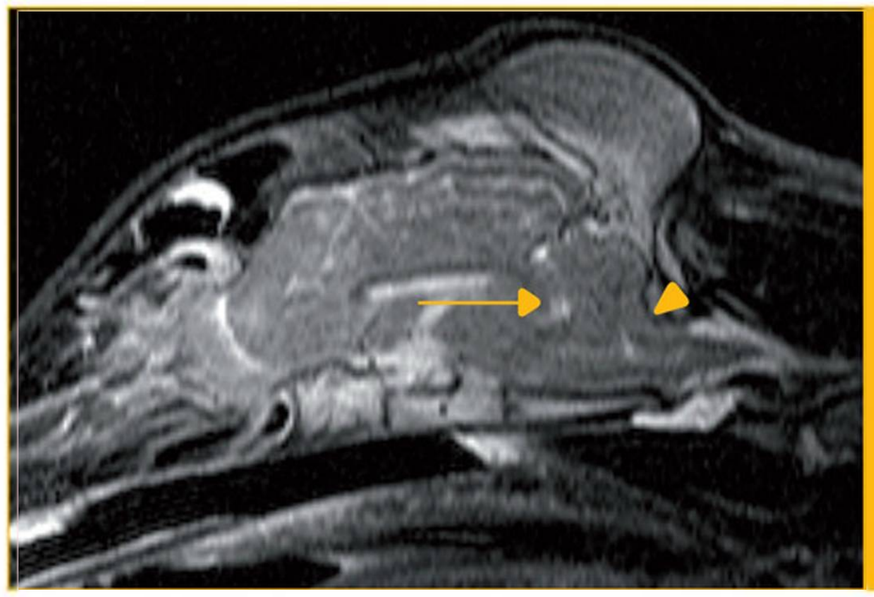


Figura 48. Imagen de resonancia magnética correspondiente a una hernia rostrotentorial y suboccipital. Sección sagital ponderada en T2 en un animal con una lesión supratentorial (no se muestra) con aumento de presión intracraneal que producía una hernia rostrotentorial (flecha) y del foramen magno (punta de flecha).

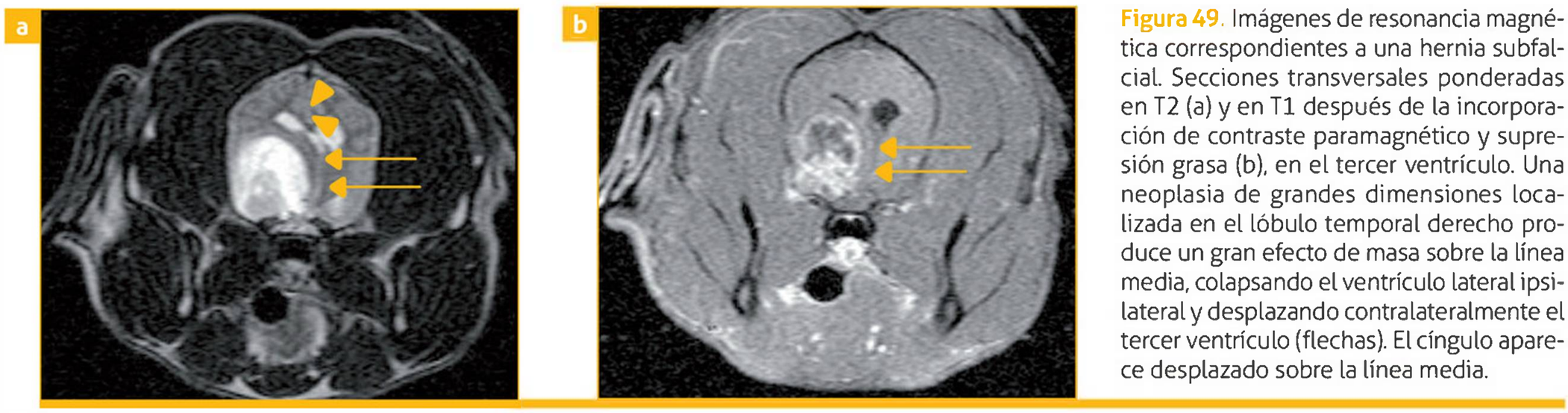


Figura 49. Imágenes de resonancia magnética correspondientes a una hernia subfalcial. Secciones transversales ponderadas en T2 (a) y en T1 después de la incorporación de contraste paramagnético y supresión grasa (b), en el tercer ventrículo. Una neoplasia de grandes dimensiones localizada en el lóbulo temporal derecho produce un gran efecto de masa sobre la línea media, colapsando el ventrículo lateral ipsilateral y desplazando contralateralmente el tercer ventrículo (flechas). El cíngulo aparece desplazado sobre la línea media.

Exploración del cráneo, senos, oído y ojos: patología representativa

Bóveda craneal y base del cráneo

El cráneo está conformado por los huesos frontal, temporal, parietal y occipital, a los que hay que añadir aquéllos que forman la base del cráneo (basiesfenoides, preesfenoides y porción basilar del occipital). Su morfología es muy diferente en función de las razas, en algunas de las cuales las suturas óseas tienden a quedar abiertas.

Patología inflamatoria: osteomielitis

Afecta fundamentalmente a animales jóvenes y es consecuencia de traumatismos o heridas por mordedura. Los cambios radiológicos se observan claramente mediante el empleo de la TC e incluyen: lisis del hueso (que puede ser focal o multifocal), mala definición de los límites corticales, esclerosis, reacción perióstica, engrosamiento del tejido blando cercano al hueso afectado y formación de secuestros. Se pueden producir meningitis sépticas por extensión del foco de infección ósea.

Traumatismos

Los signos radiológicos más característicos son la presencia de un defecto lineal en el hueso con mínimo desplazamiento de los fragmentos óseos implicados, aunque a veces puedan comprimir el parénquima cerebral produciendo signos neurológicos. La caracterización de estas fracturas mediante radiología convencional es difícil, por lo que se prefiere la realización de un estudio tomográfico que caracterizará de manera precisa la fractura y permitirá evaluar posibles lesiones cerebrales asociadas (fig. 50).

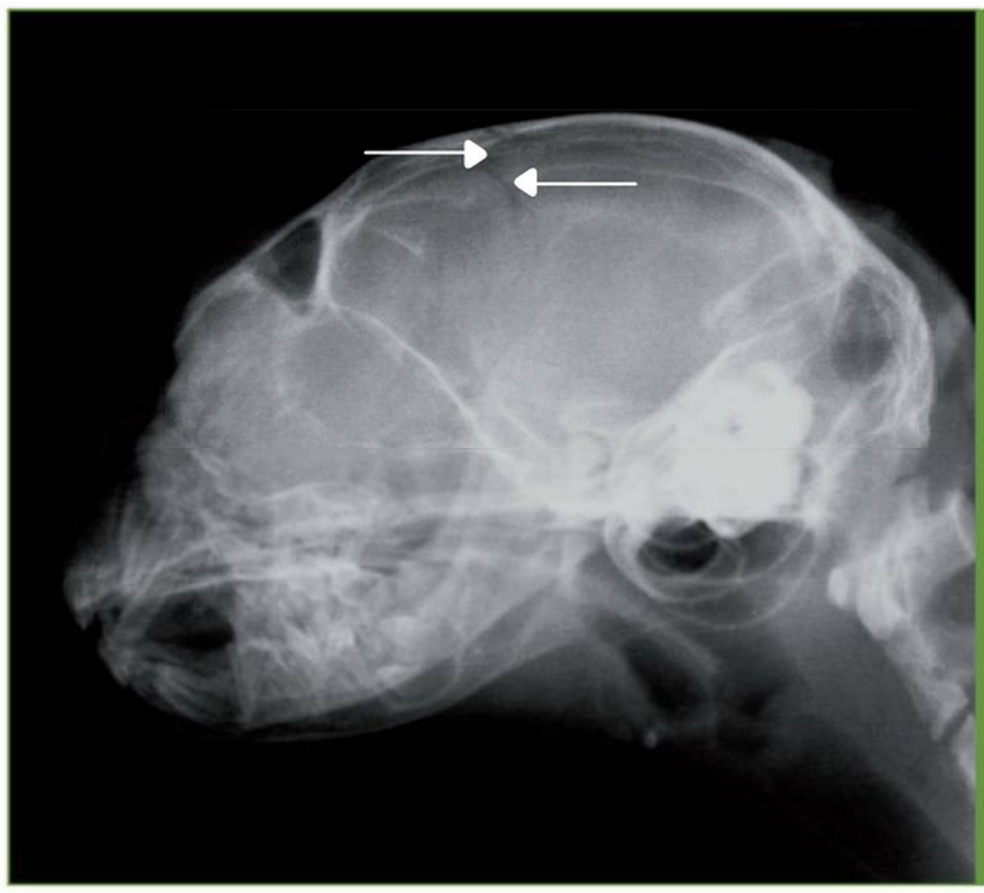


Figura 50. Radiografía lateral del cráneo de un gato mostrando una solución de continuidad en el hueso temporal compatible con una fractura (flechas).

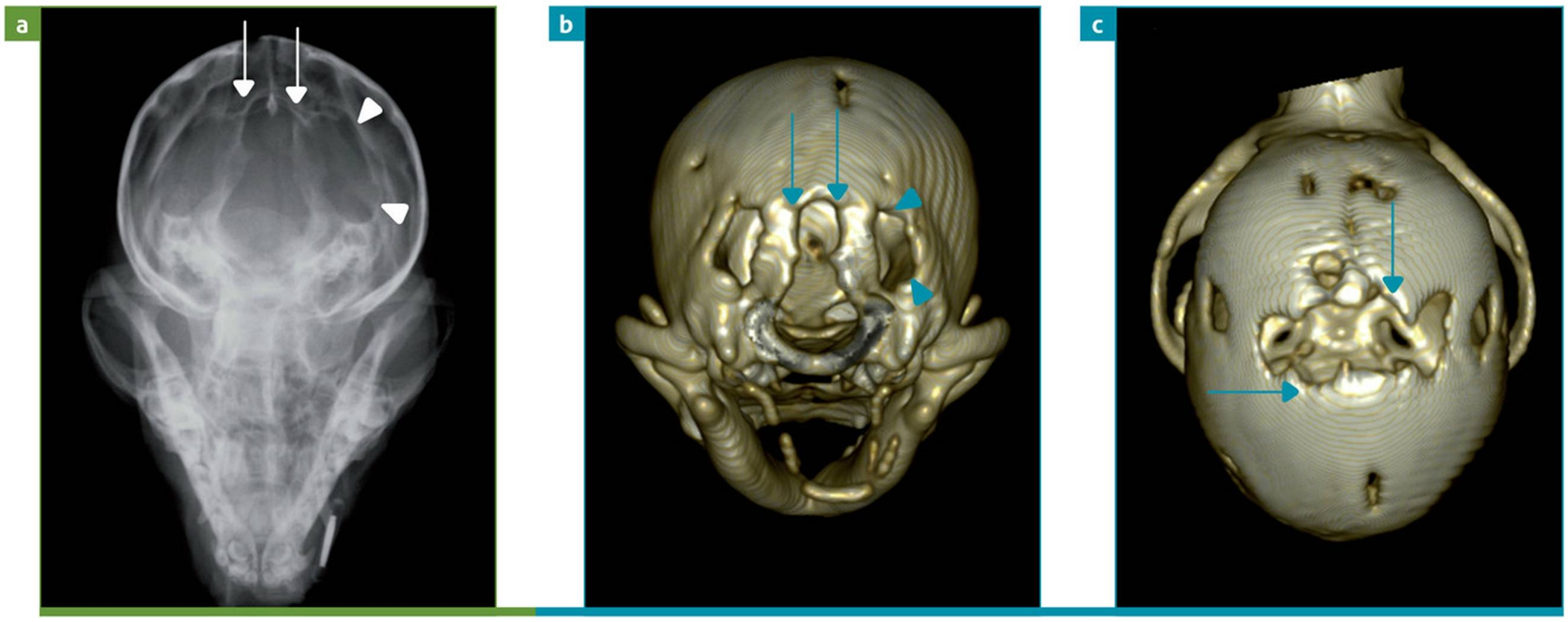


Figura 51. Diagnóstico por imagen de displasia occipital en un perro. Se muestra una proyección radiográfica rostrocaudal con el haz de radiación principal dirigido hacia el foramen magno (a). En (b) se muestra una reconstrucción tomográfica tridimensional en proyección caudorrostral en la que se observa la típica forma en "ojo de cerradura" del foramen magno característica de la displasia del occipital (flechas). Obsérvese la presencia de un foramen magno más alargado en su porción dorsal en esta imagen (flechas), así como los forámenes parietales persistentes (puntas de flecha). La imagen (c) muestra una reconstrucción tomográfica tridimensional en proyección dorsoventral en la que se observa la presencia de la fontanela abierta.

Anomalías congénitas

Hidrocefalia

El abombamiento de la bóveda craneal es el signo radiológico más evidente en los animales con hidrocefalia (figs. 38 y 44). Los signos específicos de estos animales son discutidos en el tema de exploración del encéfalo.

Displasia occipital

Consiste en la extensión dorsal del foramen magno, muy frecuente en ciertas razas miniatura. Su examen se realiza mediante proyección occipital, colocando al animal en decúbito dorsal, flexionando la nariz del paciente 10º y angulando el haz de rayos unos 30º caudalmente para que incida directamente sobre los senos frontales (fig. 51).

Neoplasias

De los tumores que afectan al cráneo el más frecuente es el osteocondrosarcoma multilobular (*condroma rodens*), que se caracteriza por presentar unos límites bien definidos con escasa lisis ósea a pesar de que pueden llegar a tener un gran tamaño. En ocasiones, destruye el hueso de tal manera que genera una imagen multilobular (fig. 52a). Afecta fundamentalmente a los huesos temporal y occipital, aunque pueden localizarse en cualquier hueso del cráneo.

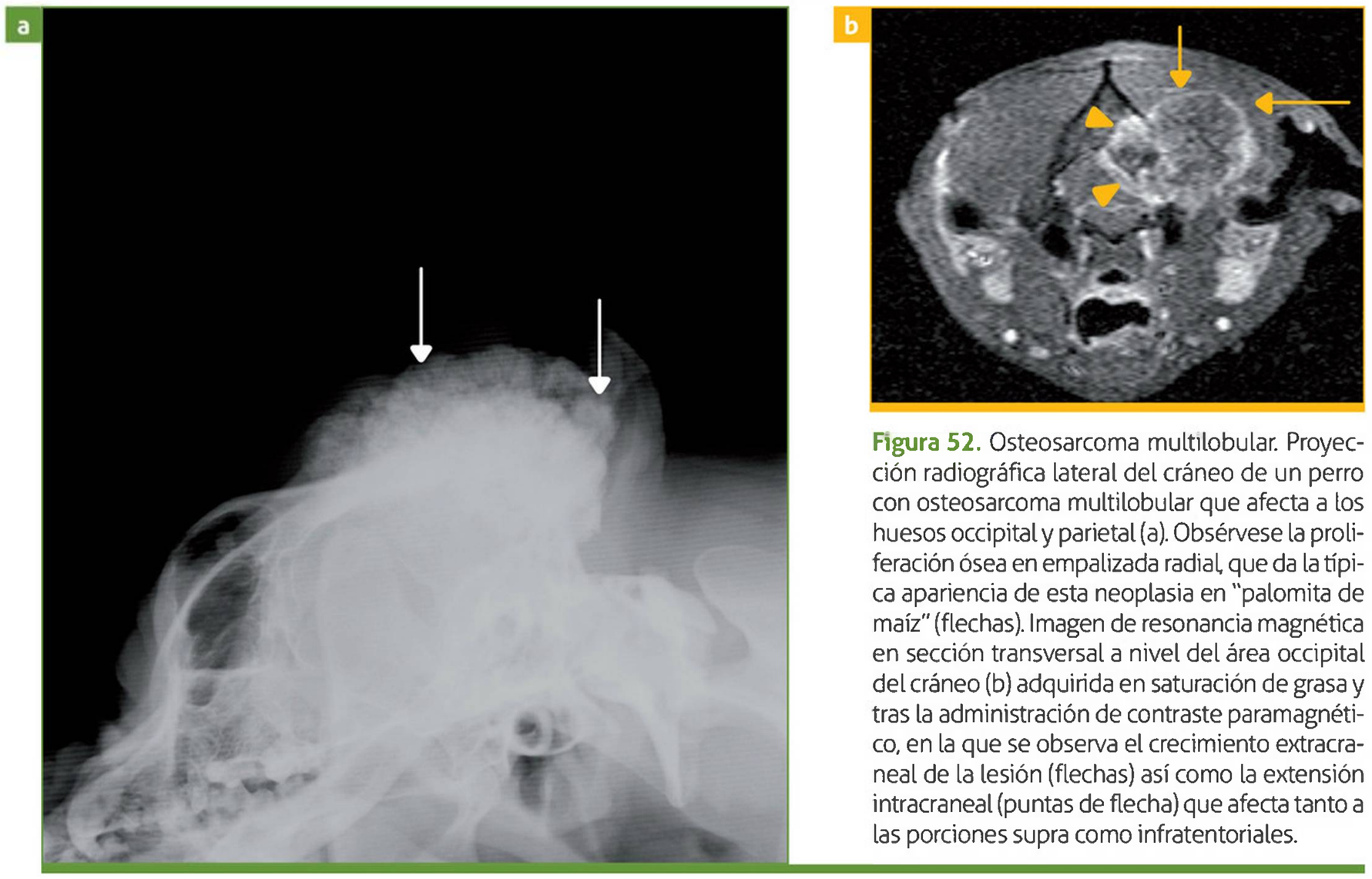


Figura 52. Osteosarcoma multilobular. Proyección radiográfica lateral del cráneo de un perro con osteosarcoma multilobular que afecta a los huesos occipital y parietal (a). Obsérvese la proliferación ósea en empalizada radial, que da la típica apariencia de esta neoplasia en "palomita de maíz" (flechas). Imagen de resonancia magnética en sección transversal a nivel del área occipital del cráneo (b) adquirida en saturación de grasa y tras la administración de contraste paramagnético, en la que se observa el crecimiento extracraneal de la lesión (flechas) así como la extensión intracraneal (puntas de flecha) que afecta tanto a las porciones supra como infratentoriales.

La tomografía permite caracterizar estas lesiones con gran precisión: son neoplasias de bordes redondeados y bien delimitados que presentan una opacidad ósea heterogénea y granular.

Con la resonancia podemos evaluar, además de la extensión del tumor, los cambios producidos en el parénquima cerebral adyacente. Suelen presentar heterogeneidad de señal en secuencias ponderadas en T1 y T2, con áreas de captación en las secuencias obtenidas tras la administración de contrate (fig. 52b).

Estos tumores presentan recidivas en multitud de ocasiones, y frecuentemente desarrollan metástasis, a pesar de lo cual la esperanza de vida media tras la escisión quirúrgica del tumor es de más de 18 meses, y es aún mayor si se consideran aquellos tumores que afectan a la mandíbula.

Otros tumores que afectan al cráneo son los osteosarcomas, osteocondromas, osteomas, fibrosarcomas, melanomas y los carcinomas de células escamosas. La mayoría de estos tumores (excepto el osteoma) son osteolíticos y osteoblásticos, con bordes bien definidos y con áreas granuladas de calcificación.

Cavidad nasal y senos

La cavidad nasal está dividida en dos por el tabique nasal (vómer) que está osificado en su parte más caudal. Se extiende desde las fosas nasales externas hasta la placa cribiforme y la nasofaringe. Su tamaño es variable en función de la configuración de la cabeza característica de cada raza y está comunicada con los espacios aéreos (senos paranasales) que forman ciertos huesos que limitan la cavidad. Los límites que constituyen la cavidad nasal son: ventralmente la nasofaringe, dorsalmente los senos frontales y caudalmente los huesos frontales de la bóveda craneal (lámina cribosa). En su interior se encuentran los cornetes nasales, que son láminas de hueso enrolladas y cubiertas de mucosa. Los senos paranasales se comunican con la cavidad nasal pero no forman parte de ella. En el perro los senos frontales están divididos en tres compartimentos, de los que el lateral es el de mayor tamaño; el seno maxilar, debido a su amplia comunicación con la vía aérea, se denomina receso maxilar. En el gato existen los senos frontales, esfenoidales y axilares. Ninguno de los senos tiene comunicación con el homólogo contralateral en condiciones normales.

Los cambios radiológicos más aparentes en lesiones que afectan a la cavidad nasal son: presencia de fluido o tejido blando en el interior de la cavidad nasal, lisis o desviación del vómer, pérdida de los cornetes nasales y lisis de los límites óseos que conforman la cavidad nasal (fig. 53).

Patología inflamatoria

La causa más frecuente son las infecciones fúngicas (por ejemplo, provocadas por hongos del género *Aspergillus*), infecciones bacterianas originadas por la penetración de cuerpos extraños o por contigüidad de una infección que afecta a las raíces dentales de dientes maxilares (en estos casos se observarán cambios radiológicos compatibles con la presencia de un absceso periapical, como la disminución de densidad ósea alrededor de la raíz dental).

La tomografía permite un diagnóstico precoz y más preciso que la radiología convencional de las enfermedades crónicas que afectan a la cavidad nasal, permitiendo además diferenciar lesiones inflamatorias de neoplásicas en la mayoría de las ocasiones e identificar las áreas de mayor compromiso.

Neoplasias

Los tumores más frecuentes son carcinomas (adenocarcinomas, carcinomas de células escamosas, carcinomas indiferenciados) y sarcomas (fibrosacroma, osteosarcoma, sarcoma indiferenciado y condrosarcoma). Tienen una apariencia radiográfica agresiva, con pérdida del detalle en los cornetes e invasión ósea. Suelen ser unilaterales e incrementan la opacidad de los tejidos blandos con ocupación del seno frontal correspondiente y destrucción de los cornetes, aunque su apariencia varía en función del tipo y grado histológico del tumor. En estos casos, la tomografía permite la detección de pequeñas lesiones óseas no evidenciables mediante radiología convencional y la afección de la lámina cribosa del etmoides (fig. 54). La resonancia permite determinar la extensión de la lesión a estructuras adyacentes al mismo, como la cavidad craneal (fig. 55).

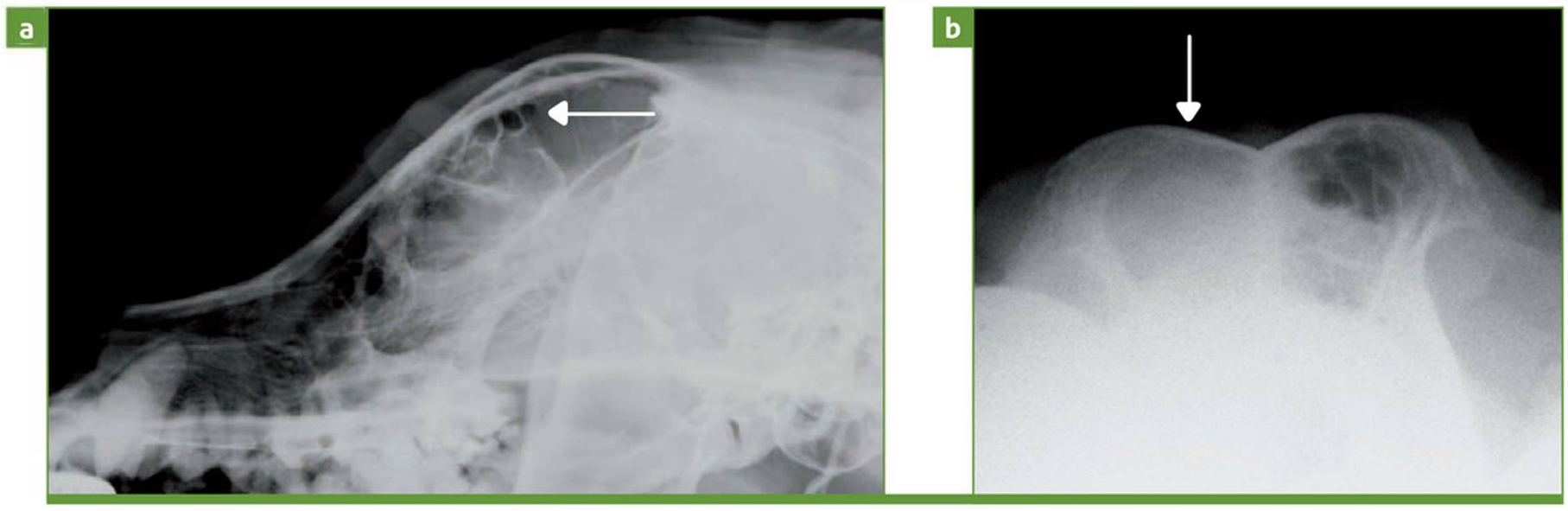


Figura 53. Imagen radiográfica en proyección lateral del cráneo de un perro (a) en la que se observa un incremento de la radiopacidad en el área de proyección de los senos frontales (flecha). Proyección radiográfica rostrocaudal del cráneo en la que se visualizan los senos del frontal en el mismo perro (b). Obsérvese la ocupación del seno frontal derecho por un área de densidad tipo tejido blando (flecha). Compárese esta imagen con la anatomía normal mostrada en la figura 14.

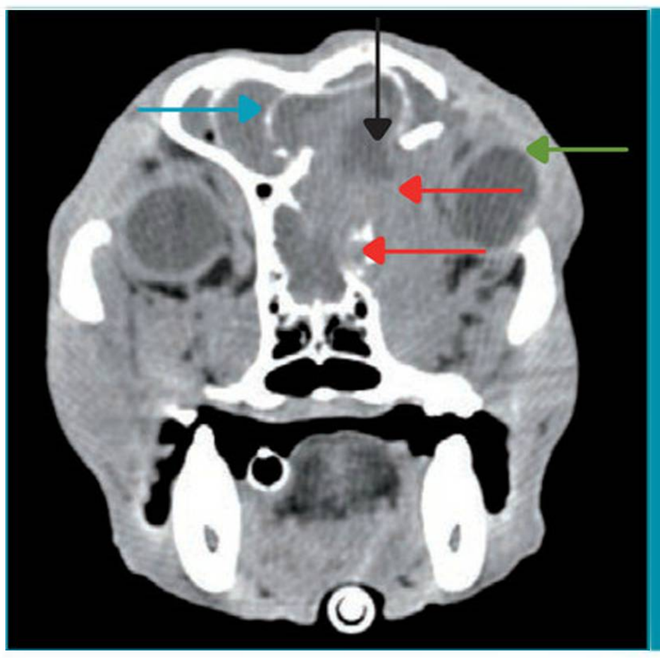


Figura 54. Neoplasia nasal. Imagen tomográfica del cráneo de un perro en sección transversal a nivel de las coanas tras la administración de contraste yodado. Se observa la presencia de una masa que capta contraste y produce exoftalmia (flecha verde). Nótese un área interna en la masa con densidad radiográfica pobre compatible con necrosis (flecha negra), así como la grave osteolisis de la lámina cribiforme del etmoides (flechas rojas) y el septo sinusal frontal (flecha azul).

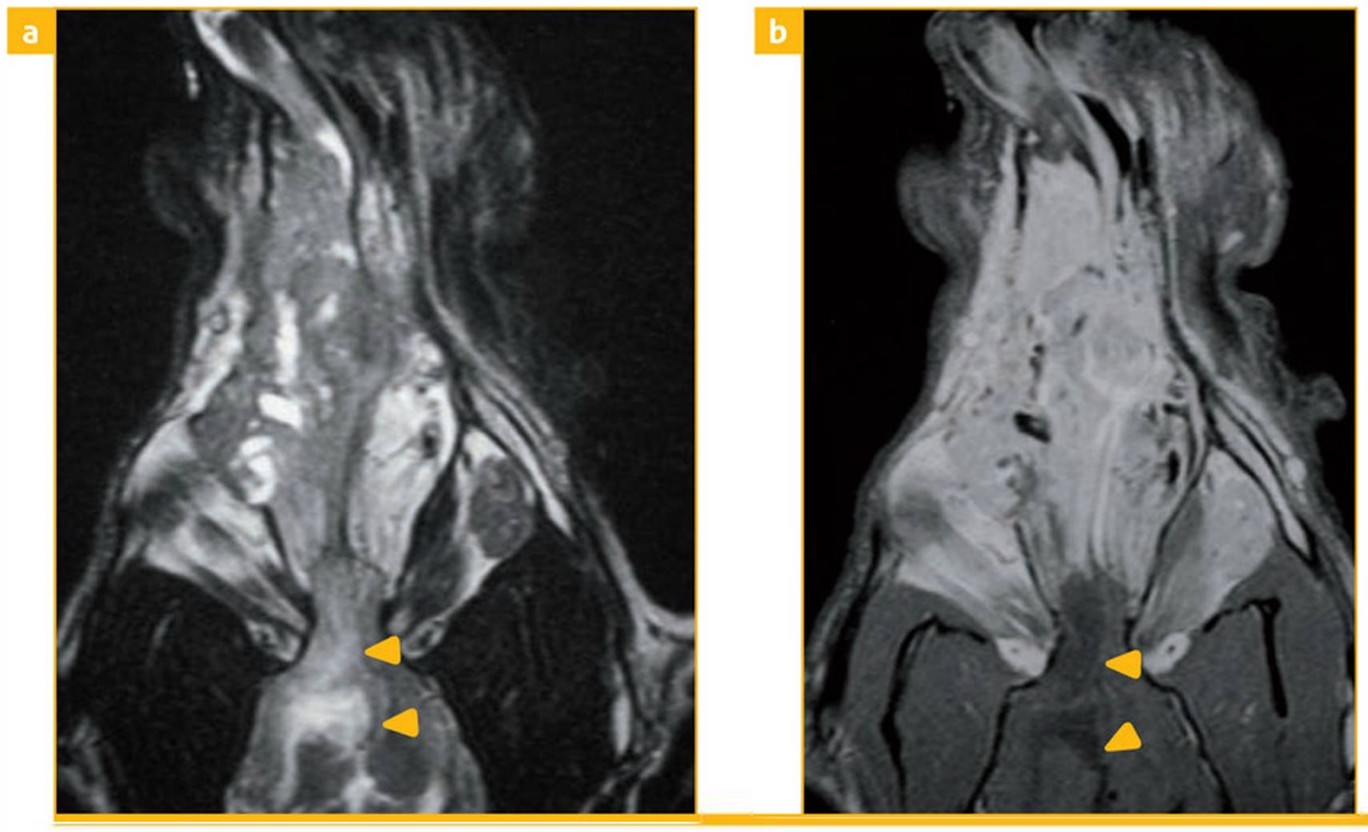


Figura 55. Neoplasia nasal. Imágenes de resonancia magnética en sección dorsal de la región nasal de un perro ponderadas en T2 (a) y T1 tras la administración de contraste paramagnético (b). Obsérvese la extensa lesión localizada en la cavidad nasal que muestra una señal heterogénea en ambas secuencias, con zonas de hiperintensidad en las secuencias ponderadas en T2 compatibles con la acumulación de líquido. Nótese, además, la presencia de extensión intracraneal con edema marcado (puntas de flecha) en el parénquima cerebral

Mandíbula y articulación temporomandibular

La mandíbula consta de dos piezas óseas simétricas situadas a ambos lados del plano mediano de la cabeza que se encuentran firmemente unidas en su porción rostral por la sínfisis mandibular. Cada una de estas piezas o mitades tiene un cuerpo (la parte horizontal, que contiene los alveolos dentales) y una rama (la parte vertical). Esta rama o porción vertical se relaciona con el hueso temporal a través de la apófisis coronoide que se sitúa dorsalmente en la fosa temporal. Otras prominencias óseas destacadas en la rama de la mandíbula son la apófisis angular y el proceso condilar, el cual articula con la fosa mandibular de la porción escamosa del hueso temporal formando la articulación temporomandibular.

Traumatismos

Fracturas mandibulares

En las fracturas de la mandíbula habitualmente se ven afectados el cuerpo mandibular o la sínfisis, dando lugar a una alineación defectuosa y una mala oclusión dental. La mayor parte de estas lesiones son fácilmente identificables mediante radiología convencional.

Luxaciones temporomandibulares

Originadas por traumatismos o caídas desde altura en la mayor parte de las ocasiones. No siempre van acompañadas de fracturas de alguno de los componentes de la articulación temporomandibular. Tienden a producirse en una dirección dorsal y rostral y suelen ser unilaterales. Para su evaluación se utilizan proyecciones ventrodorsales o laterales oblicuas. El empleo de la tomografía ha supuesto una gran mejora en el diagnóstico de las lesiones que afectan a la articulación temporomandibular (fig. 56).

Procesos degenerativos

Osteopatía craneomandibular

Se trata de una patología ósea osteoproliferativa que afecta a animales jóvenes de ciertas razas como los **Terrier** (**West Highland White**, **Scottish** y **Cairn**), aunque de manera esporádica se ha descrito en **Labrador Retriever** y **Doberman Pinscher**. La semiología radiológica incluye: proliferación ósea irregular, bilateral y simétrica que afecta a la mandíbula, las bullas timpánicas y la porción petrosa del hueso temporal (fig. 57). En los casos más severos se ve afectada la articulación temporomandibular, lo que dificulta la alimentación de estos pacientes. En algunos animales esta proliferación ósea no queda limitada al cráneo, viéndose afectadas también las extremidades. En la mayoría de los casos los cambios osteoproliferativos son autolimitantes y cesan con la maduración del esqueleto.

Oído

La radiografía convencional permite la evaluación de los tejidos blandos del conducto auditivo externo, el hueso de las bullas timpánicas y la porción petrosa del temporal. Para su estudio se recomienda la realización de proyecciones laterales oblicuas, laterales, ventrodorsales simples y ventrodorsales con la boca abierta.

La mayoría de los cambios radiológicos no son específicos, por lo que se deben interpretar los mismos en función de la historia clínica del animal y del examen físico.

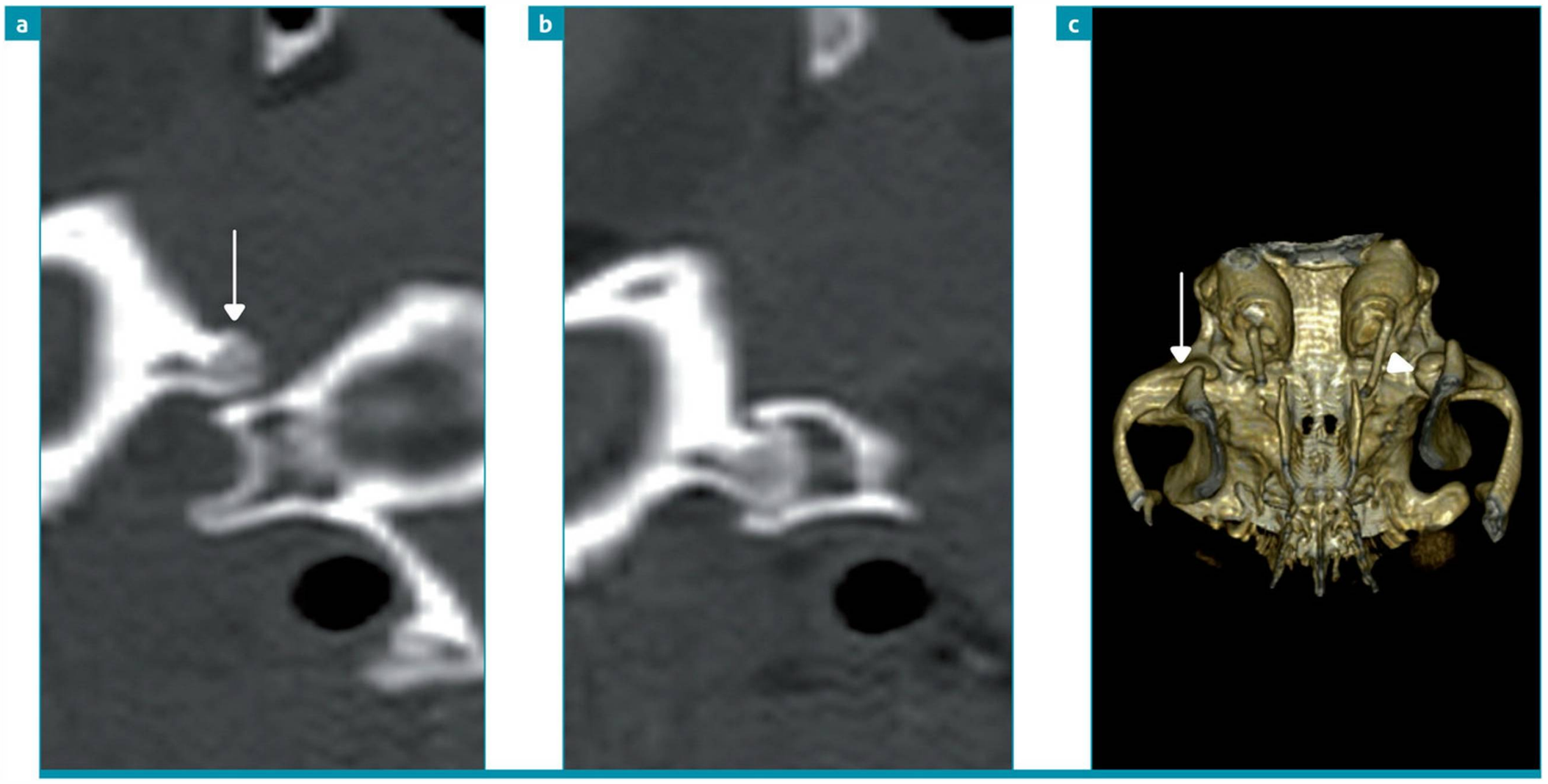


Figura 56. Tomografía computerizada en detalle de las articulaciones temporomandibulares en el cráneo de un gato. En (a) se muestra una reconstrucción sagital donde se aprecia el proceso condilar (flecha) fuera de la fosa mandibular del temporal, lo que ofrece un diagnóstico definitivo de luxación temporomandibular. En (b) se muestra la articulación temporomandibular contralateral normal donde se observan ambos detalles óseos articulares en su posición habitual. Por último, la imagen (c) ofrece una reconstrucción tomográfica tridimensional en proyección ventrodorsal en la que se aprecia el desplazamiento dorsal del proceso condilar que no aparece articulado con la fosa condilar del temporal (flecha). Compárese con la otra articulación no afectada (punta de flecha). Los cuerpos de ambas mandíbulas han sido sustraídos digitalmente en esta imagen para una mejor comprensión de la misma.

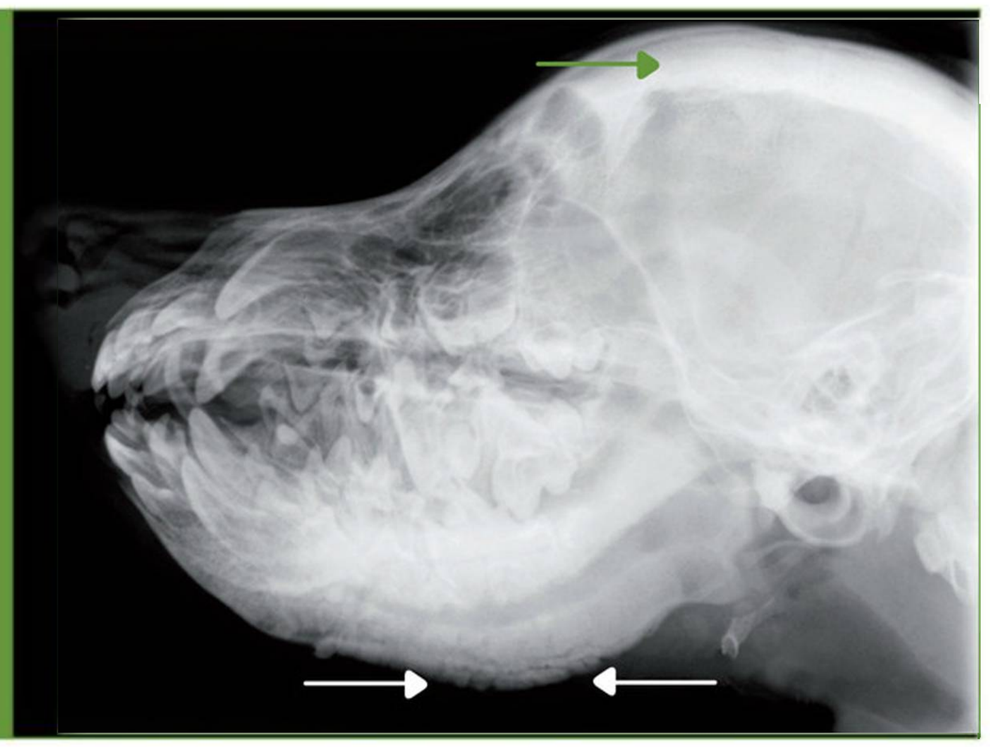


Figura 57. Radiografía lateral del cráneo de un perro afectado de osteopatía craneomandibular. Obsérvese la gran proliferación ósea del aspecto ventral del cuerpo mandibular (flechas blancas), así como el engrosamiento de la corteza ósea de la bóveda craneana (flecha verde).

Pólipos nasofaríngeos

Afectan fundamentalmente a gatos jóvenes y es la lesión no tumoral más frecuente del oído medio, aunque también se pueden originar en la trompa de Eustaquio y crecer hacia la garganta (produciendo disnea, estridor, disfagia o cambios en el maullido). Los hallazgos radiográficos asociados a los mismos incluyen la localización de densidades tipo tejido blando y morfología redondeada en la nasofaringe, así como el engrosamiento e incremento de opacidad de las

bullas timpánicas. La mayoría de ellos no se observan hasta que no tienen un tamaño considerable. El empleo de la tomografía y la resonancia ha permitido aumentar la capacidad de detección de estas enfermedades del oído medio.

Otitis media-interna

Los signos radiográficos encontrados en casos de otitis media son: interior de la bulla timpánica ocupada por una densidad tipo tejido blando, así como esclerosis de su pared y de la porción petrosa del temporal, proliferación de la porción petrosa del temporal y signos de otitis externa (fig. 58a). Si la infección es muy severa se puede evidenciar lisis de la pared de la bulla. Cuando la bulla se ve afectada de manera crónica, el hueso prolifera y se remodela, pudiendo haber lisis del mismo. La tomografía se revela como superior frente a la radiología convencional en la evaluación de la bulla timpánica, apreciándose con mayor detalle su pared y contenido. En ocasiones las otitis medias están asociadas a otitis externas, que en su forma crónica pueden dar lugar a calcificaciones del canal auditivo externo visibles mediante radiología convencional.

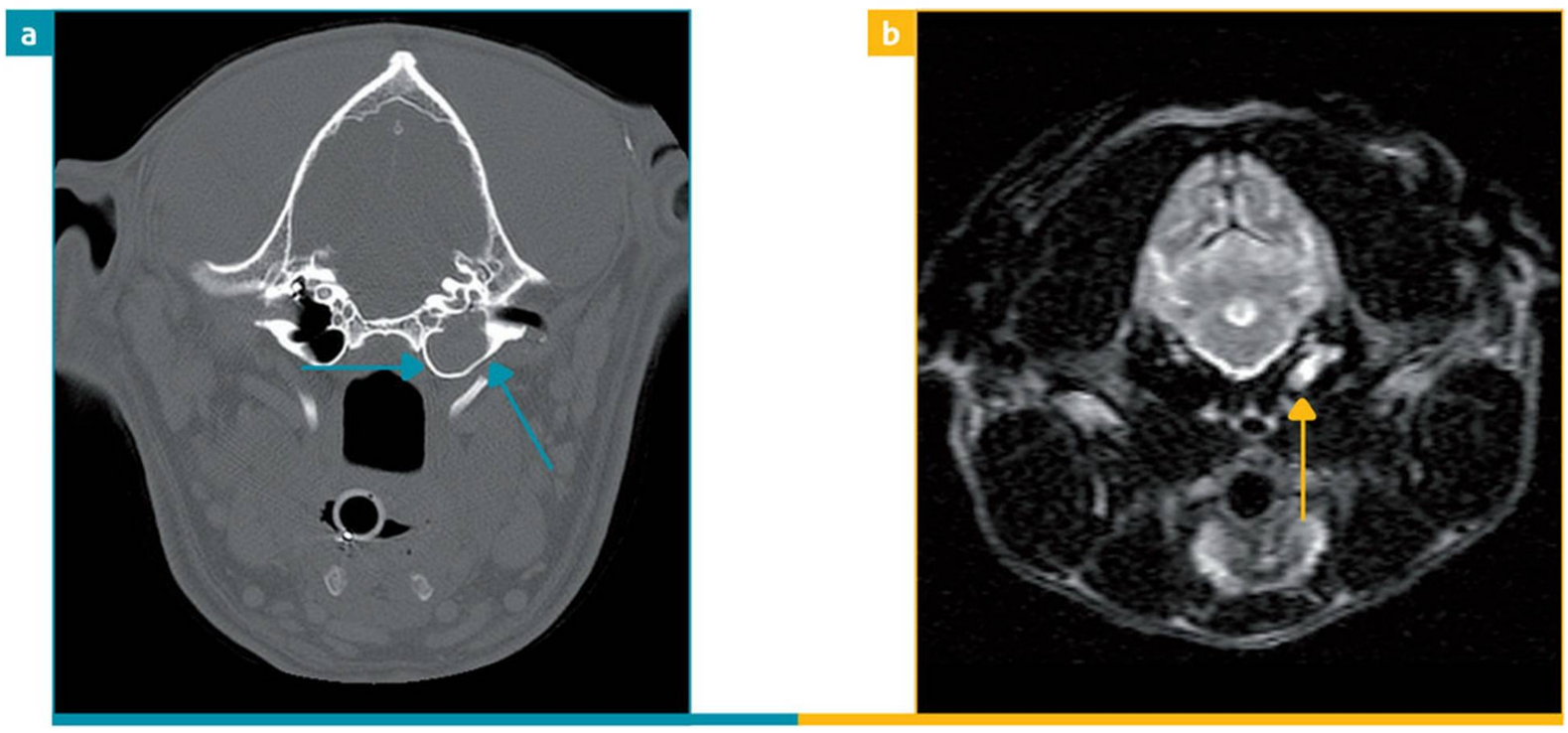


Figura 58. Imágenes en sección transversal del cráneo de dos perros a nivel del oído medio en tomografía (a) y resonancia magnética ponderada en T2 (b) respectivamente, en las que se observa un contenido de densidad tipo tejido blando/líquido en la bulla timpánica izquierda de ambos animales (flechas), ya sea como hiperatenuante (a) o hiperintenso (b).

En cuanto a la resonancia magnética, sus hallazgos en las otitis medias e internas permiten la localización de material isointenso en las secuencias ponderadas en T1 e hiperintenso en secuencias ponderadas en T2 en el interior de la bulla timpánica (fig. 58b). Es frecuente el realce a lo largo de la superficie interna de la bulla timpánica en las secuencias poscontraste. En lesiones crónicas se pueden observar bandas hipointensas en el interior de la bulla timpánica que representan tejido fibroso. Un signo sugerente de otitis interna es la pérdida de señal del líquido del laberinto (que normalmente es hiperintenso en secuencias ponderadas en T2).

Neoplasias

Los tumores que con mayor frecuencia afectan al conducto auditivo de perros y gatos son los carcinomas de células escamosas y de glándulas ceruminosas que, por contigüidad, pueden afectar también al oído medio. Estas lesiones producen un efecto masa de tejido blando con afección del canal auditivo y de la bulla timpánica. Si la lesión es agresiva se puede producir lisis de la bulla, de la porción petrosa del temporal o del calvario. La administración de contraste permite evaluar la extensión de la lesión con mayor exactitud (fig. 59).

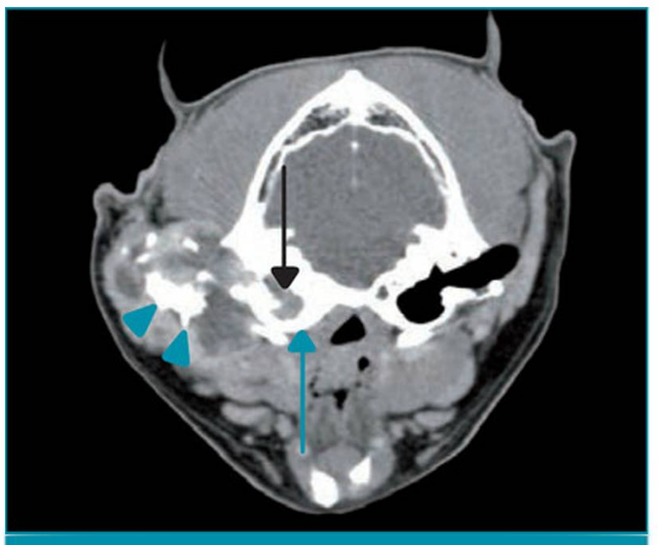


Figura 59. Imagen tomográfica en sección transversal del cráneo de un perro que muestra una neoplasia en los tejidos blandos adyacentes al oído medio, con extensión tisular medial y osteolisis de la bulla timpánica. Obsérvese la presencia de una densidad tipo tejido blando/líquido ocupando la bulla timpánica (flecha negra) con áreas de fluido y necrosis. Zonas de captación heterogénea de contraste y engrosamiento de la pared de la bulla timpánica (flecha azul). Nótese, además, la calcificación del conducto auditivo externo (puntas de flecha azules).

Ojo y región periorbitaria

La anatomía del ojo debe considerarse basándose en su apariencia ecográfica ya que ésta es la técnica de referencia en el estudio de patología ocular (fig. 15). El globo ocular se divide en dos cámaras, anterior y posterior con una apariencia anecoica. La córnea se muestra como dos bandas hiperecogénicas y un estroma ecogénico cuando se utilizan sondas de ultra-alta frecuencia o con almohadilla de alejamiento. La unión corneoescleral (limbo) se define como la transición entre la córnea poco reflectiva y la esclera altamente reflectiva. En el cristalino podemos identificar la parte anterior y posterior de la cápsula como bandas curvas hiperecogénicas que no se visualizan completamente en un solo corte debido a su forma curvilínea. El interior del cristalino es anecoico. En la parte anterior del ojo la úvea constituye el iris y los cuerpos ciliares. El iris constituye la separación entre la cámara anterior y la posterior y se ve como un diafragma ecogénico que en su interior delimita el diámetro pupilar, que es anecoico, uniéndose en la periferia a los cuerpos ciliares que se sitúan a ambos lados del cristalino. Estos cuerpos ciliares son dos bandas hiperecogénicas que se manifiestan con más claridad cuando el haz incide perpendicularmente a ellas.

La parte posterior del cuerpo vítreo está constituida por tres capas (esclera, coroides y retina) que no se distinguen en condiciones normales y que se ven en su conjunto como una superficie curvilínea hiperecogénica. En esta pared se encuentra la papila óptica, más hiperecogénica y ligeramente deprimida con respecto a la superficie de la pared.

El espacio retrobulbar se localiza caudalmente a la cámara vítrea. Está constituido en su mayoría por la grasa retrobulbar, que es hiperecogénica, e incluye al nervio óptico y los músculos oculares extrínsecos. El nervio óptico, de apariencia hipoecogénica e inmerso en la grasa retrobulbar, se localiza tras la papila óptica. Los músculos son moderadamente hipoecógenos y de morfología lineal irregular.

Lesiones intraoculares

Localizadas en córnea y cámara anterior

Los infiltrados inflamatorios o neoplásicos de la córnea o de la esclera se pueden observar ecográficamente como un engrosamiento de las mismas. La presencia de focos ecogénicos en el humor acuoso (cámara anterior) puede representar células, detritus y masas. Las masas intraoculares pueden estar en suspensión o adheridas al iris, cristalino, córnea o cuerpos ciliares. La aplicación de técnicas Doppler color permite la evaluación semicuantitativa del flujo vascular en el interior de estas masas.

El limbo, junto con el iris, forma el ángulo iridocorneal donde se forma el humor acuoso. Las alteraciones de esta zona no permiten el drenaje correcto del humor acuoso, lo que produce un glaucoma. La ecografía es útil para medir y monitorizar la longitud axial del globo ocular, así como para establecer la causa del glaucoma o una alteración asociada, como puede ser la luxación del cristalino (anterior o posterior).

Localizadas en cristalino

- La **dislocación del cristalino** es definida como una posición anormal del mismo, pudiendo estar subluxado o con luxación completa (cuando las zónulas se rompen completamente). Se puede ver como una masa ovalada o esférica que se mueve libremente en la cámara vítrea (luxación posterior) o en la cámara anterior (luxación anterior) (fig. 60).
- Las **cataratas** son cambios degenerativos en el cristalino que pueden estar originados por traumas, predisposición hereditaria, enfermedades sistémicas, inflamación, tumores intraoculares y toxinas. El cristalino, óvalo fundamentalmente anecoico, empieza a degenerarse en el proceso de la catarata adquiriendo un aspecto progresivamente más ecogénico que puede afectar a la totalidad de su estructura interna (fig. 61). La clasificación de la catarata se realiza en función del grado de madurez y la localización de la lesión. Teniendo en cuenta su localización, las cataratas pueden ser capsulares, corticales o nucleares. Según el grado de madurez pueden ser incipientes, inmaduras o maduras.

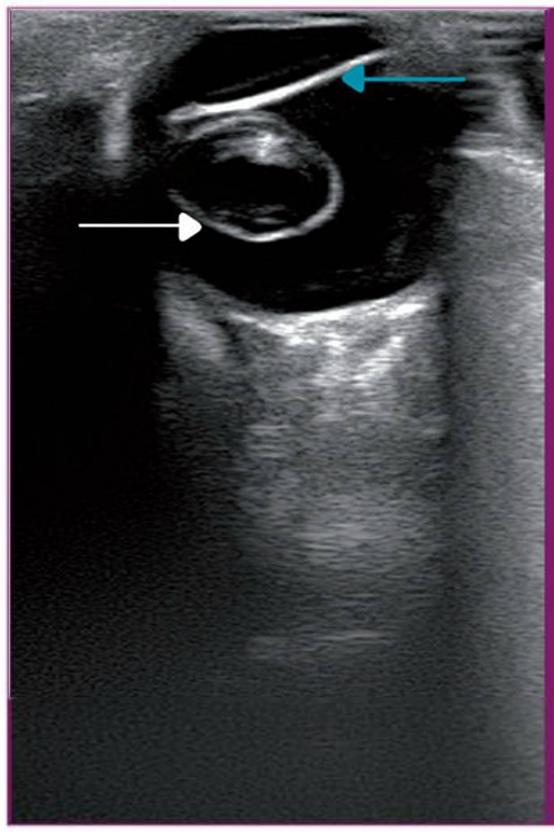


Figura 60. Imagen ecográfica del globo ocular en sección dorsal en un perro con luxación posterior del cristalino. Obsérvese como el cristalino (flecha blanca) está localizado en la cámara vítrea. El iris se señala con una flecha de color azul.

Figura 61. Imagen ecográfica del globo ocular en sección dorsal en un perro con catarata. Nótese que el cuerpo del cristalino es moderadamente ecogénico con respecto al vítreo y la cámara anterior.

Localizadas en cuerpo vítreo y retina

Las hemorragias, inflamaciones, procesos degenerativos, enfermedades congénitas, cuerpos extraños y masas en la cámara vítrea producen un aumento de la ecogenicidad de la misma de manera focal o difusa.

- La **hemorragia vítrea** puede estar causada por traumatismos, neoplasias, alteraciones en la coagulación y/o glaucoma crónico. El objetivo de la ecografía es determinar si el origen de dicha hemorragia se debe a alguna alteración ocular o no. Las hemorragias tempranas son difíciles de diagnosticar ecográficamente con el modo B, y los hematíes o coágulos pequeños se pueden identificar como un punteado ecogénico. A medida que pasa el tiempo los coágulos se pueden reorganizar en hebras fibrosas llamadas membranas vítreas que pueden contactar con la retina, provocando el desprendimiento de la misma. Las membranas vítreas tienen una ecogenicidad inferior a las retinianas que se producen en el desprendimiento de retina.
- Las **endoftalmitis** se caracterizan por presentar células inflamatorias, bacterias u hongos en el humor vítreo que, al igual que en la hemorragia, se pueden reorganizar en membranas vítreas. Se presentan como un pequeño punteado ecogénico en suspensión.
- La **hialosis asteroide** es una afección degenerativa en la que complejos de calcio y lípidos se suspenden difusamente dentro del cuerpo vítreo. La acumulación de estos complejos permite identificar una línea o banda ecogénica central que surca el vítreo desde la cápsula posterior del cristalino hasta el fondo del ojo. Este patrón ecográfico es, en ocasiones, difícil de distinguir de una hemorragia difusa o una endoftalmitis, pudiendo el modo A servir de ayuda en estos casos. La degeneración vítrea es también otra patología degenerativa en la que se producen múltiples áreas o líneas ecogénicas en el humor vítreo.
- El **desprendimiento de retina** es una lesión fácilmente distinguible durante la exploración ecográfica, pudiendo ser total o parcial. La retina es una fina membrana que se mantiene adherida a la coroides principalmente por dos puntos: el disco óptico y la ora serrata (caudal al cuerpo ciliar) y por la presión que ejerce el humor vítreo. En el desprendimiento total se puede observar una membrana ecogénica en forma de V en suspensión en el humor vítreo, donde el vértice de la V se corresponde con la unión al disco óptico (fig. 62). La detección de este punto de anclaje es importante a la hora de diferenciar un desprendimiento de retina de membranas vítreas u otras patologías.

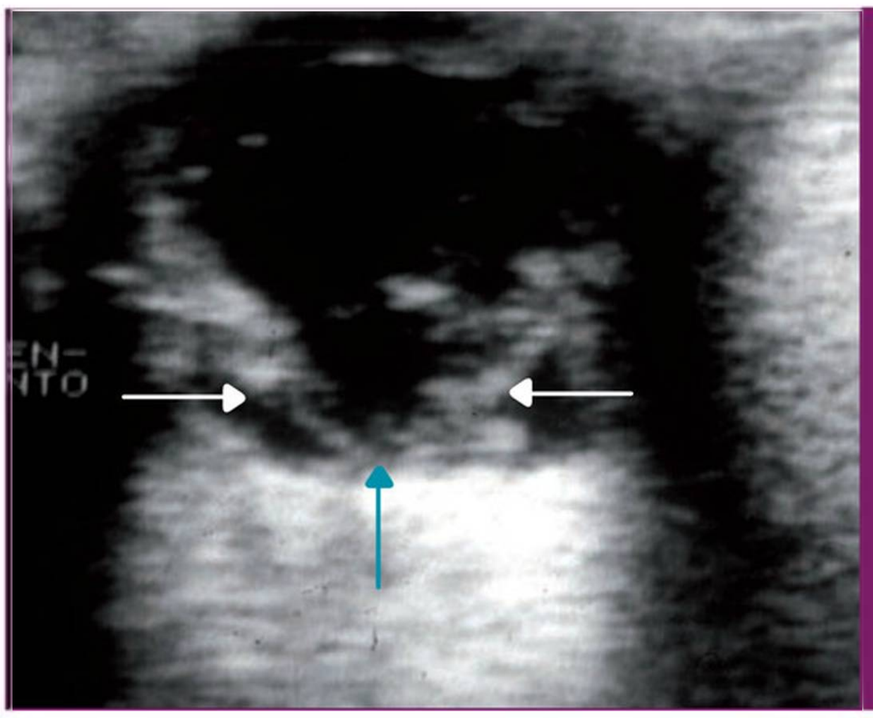


Figura 62. Imagen ecográfica del globo ocular en sección dorsal en un perro con desprendimiento de retina. La retina únicamente queda unida al área de la papila óptica (flecha azul), mientras que sus dos hojas, axial y abaxial, aparecen "flotando" en la cámara vítrea (flechas blancas).

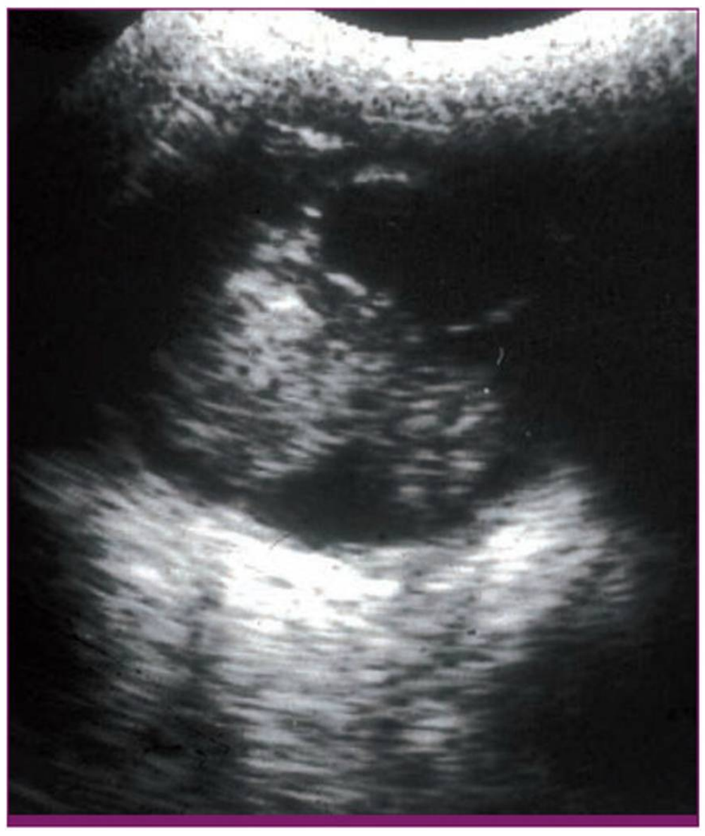


Figura 63. Imagen ecográfica del globo ocular en sección dorsal en un perro con una masa intraocular en vítreo. Nótese la ecogenicidad mixta de la masa y el desplazamiento rostral del cristalino.

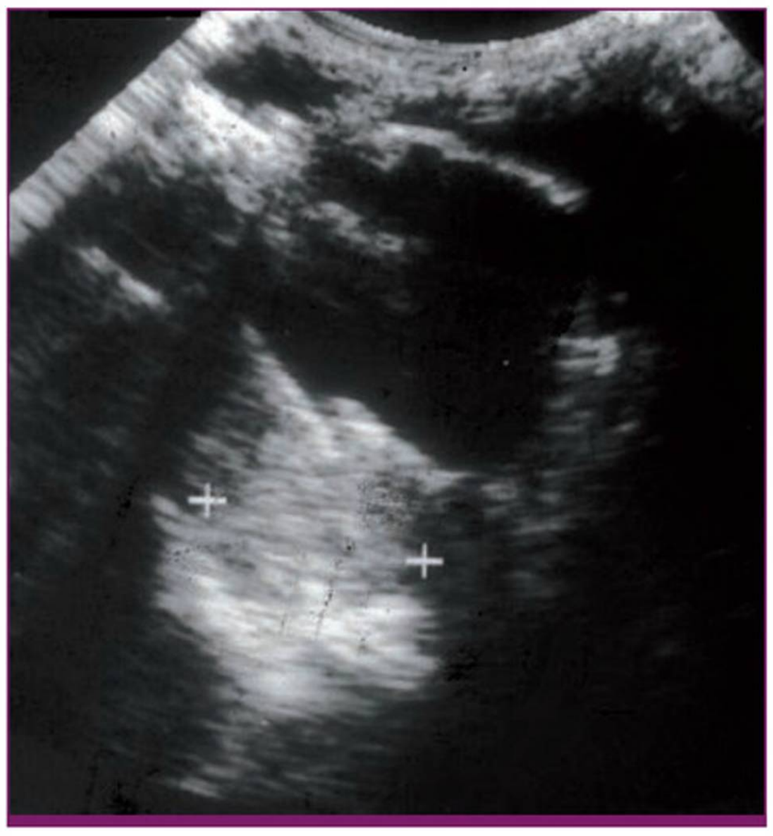


Figura 64. Imagen ecográfica del globo ocular en sección dorsal en un perro con una masa situada en el espacio retrobulbar (medida entre las cruces, 1,16 cm). Nótese su ecotextura homogénea y ecogenicidad moderada que hace que se distinga del resto de estructuras retrobulbares.

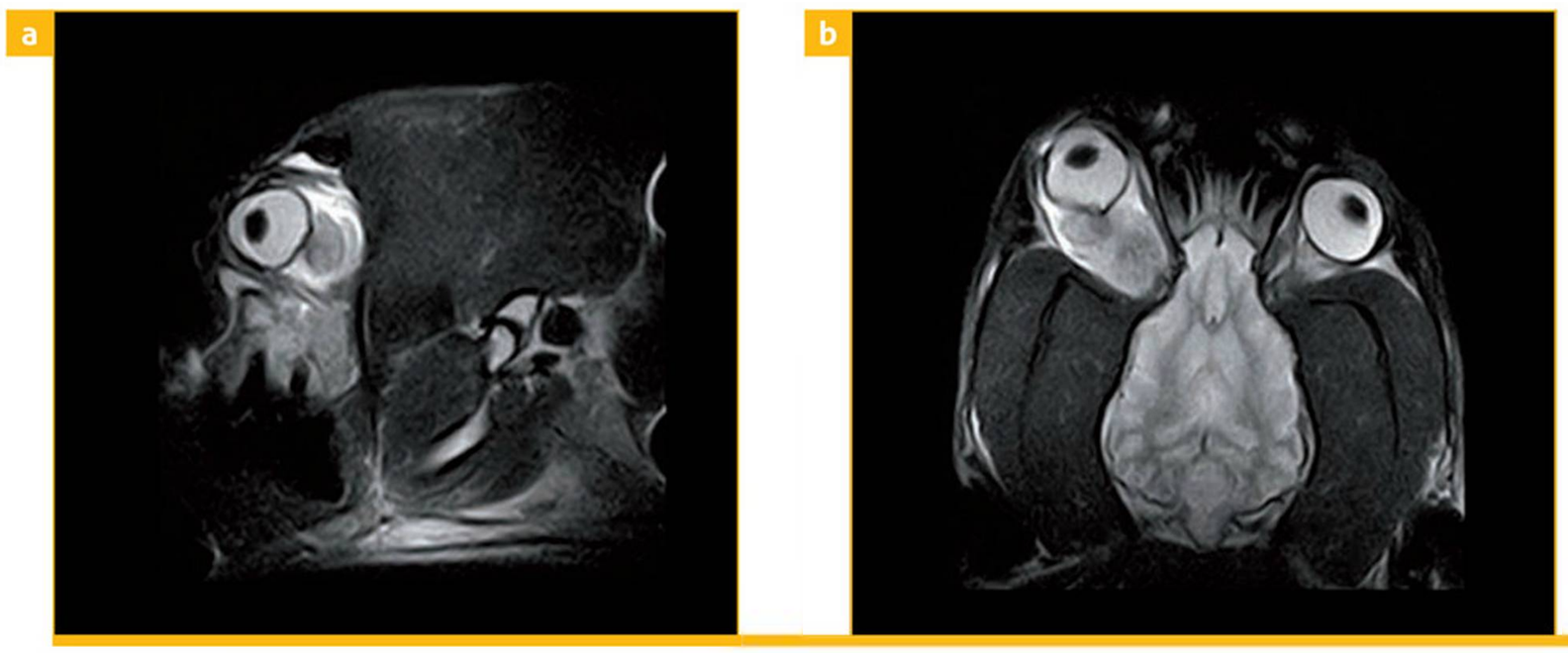


Figura 65. Imágenes de resonancia magnética de la cabeza de un perro con una neoplasia retrobulbar derecha. Se muestran secciones parasagital (a) y dorsal (b) ponderadas en T2. Obsérvese la protrusión rostral del globo ocular derecho debido al empuje de la masa.

Lesiones de localización variable

- **Cuerpos extraños**: la imagen ecográfica depende en gran medida de la naturaleza y tipo de objeto. Los objetos metálicos se presentan hiperecogénicos con artefactos acústicos asociados de reverberación y/o colas de cometa, mientras que los de madera o densidad similar se ven como zonas ecogénicas con sombra acústica variable. La presencia de cuerpos extraños suele ir asociada a hemorragias, inflamación y/o desprendimiento de retina.
- **Neoplasias**: los tumores pueden ser primarios, multicéntricos o metástasis. La ecografía permite determinar el origen y grado de extensión y realizar una aproximación a la naturaleza

del mismo con la descripción ecográfica. Permite además determinar el grado de homogeneidad, la base de implantación, el grado de vascularización, la localización y estructuras afectadas. Los melanomas son los tumores más típicos, destacando los de iris y cuerpo ciliar. Suelen ser hiperecogénicos e invaden con facilidad la cámara vítrea (fig. 63). Otros tumores frecuentes son los adenomas y adenocarcinomas del cuerpo ciliar. Como metástasis tumorales se han descrito el linfoma, carcinoma de células escamosas y hemangiosarcoma.

Lesiones retrobulbares

Para visualizar la zona retrobulbar se puede empezar mediante un abordaje transcorneal, aunque el transductor también puede situarse dorsalmente al arco cigomático y caudalmente al ojo. Las lesiones inflamatorias (abscesos, celulitis…) o neoplásicas son difíciles de diferenciar por la imagen ecográfica, ya que ambas se pueden presentar con apariencia heterogénea, ecogenicidad variable y márgenes poco definidos. Estas lesiones pueden tener origen en el globo ocular, o bien ser proyecciones de alteraciones oronasales, glándula cigomática, glándula lagrimal y órbita. La resonancia magnética es una muy buena herramienta diagnóstica en la identificación de lesiones retrobulbares (figs. 64 y 65).

Nervio óptico y músculos extraoculares

Las neuritis cursan con un engrosamiento difuso, mientras que las neoplasias (meningioma, neurofibroma) lo hacen con engrosamiento local o difuso.

Los músculos oculares extrínsecos pueden verse afectados por enfermedades inmunomediadas (miositis), fibrosis o neoplasias.

Tejidos blandos del cuello: faringe, laringe e hioides

Los tejidos blandos dispuestos ventralmente en el cuello acogen el cruce de vías respiratorias y digestivas: faringe, laringe y tráquea, esófago y aparato hioideo, además de las glándulas salivales mandibular y parótida, tiroides y paratiroides y nódulos linfáticos retrofaríngeos y mandibulares. Además, esta área ventral está flanqueada por la vaina carotídea, paquete vasculonervioso del cuello cuya integridad es imprescindible para el buen desarrollo funcional del organismo. Todas estas estructuras pueden evaluarse mediante técnicas de diagnóstico por imagen. De manera convencional, la radiología es la técnica más utilizada, en principio, por su accesibilidad y bajo coste, pero la ecografía y la TC aportan información sensible acerca de la localización anatómica precisa de los tejidos bajo estudio y su vascularización.

En una primera aproximación, las radiografías del cuello para el examen de los tejidos blandos ventrales han de realizarse en una proyección lateral, ya que la vista ventrodorsal raramente aporta información de peso debido al solapamiento de la faringe y del aparato hioideo con la columna vertebral. La colocación de la cabeza del animal será fundamental en la interpretación radiológica posterior, en tanto en cuanto una pequeña oblicuidad en la proyección conlleva

grandes modificaciones en la disposición orgánica de la faringe, la laringe y el aparato hioideo, que dificultan la visualización de las distintas estructuras. Por ello, será necesario elevar el área nasal ligeramente lejos de la mesa a fin de conseguir una excelente posición lateral. Otro aspecto importante a tener en cuenta en la evaluación radiológica de esta área anatómica, y que ya se mencionó en el primer capítulo de esta obra, es el binomio kV/mAs que debe seleccionarse en la consola de control del equipo, que necesariamente tendrá que adaptarse a la naturaleza de los tejidos bajo estudio (recordemos en este punto que no estaremos realizando una inspección radiográfica del tejido óseo que compone la columna vertebral cervical, sino de las partes blandas que están dispuestas de manera inmediatamente ventral a ella).

El conocimiento anatómico radiográfico preciso de las estructuras a examen (fig. 66) es imprescindible para no cometer errores diagnósticos, especialmente cuando intentamos identificar un posible cuerpo extraño alojado en cualquiera de las cavidades del área (fig. 67). El examen radiográfico de masas cervicales es posible, pero si se acompaña de técnicas complementarias como la ecografía o la tomografía las dimensiones diagnósticas se amplían (figs. 68 a 71).

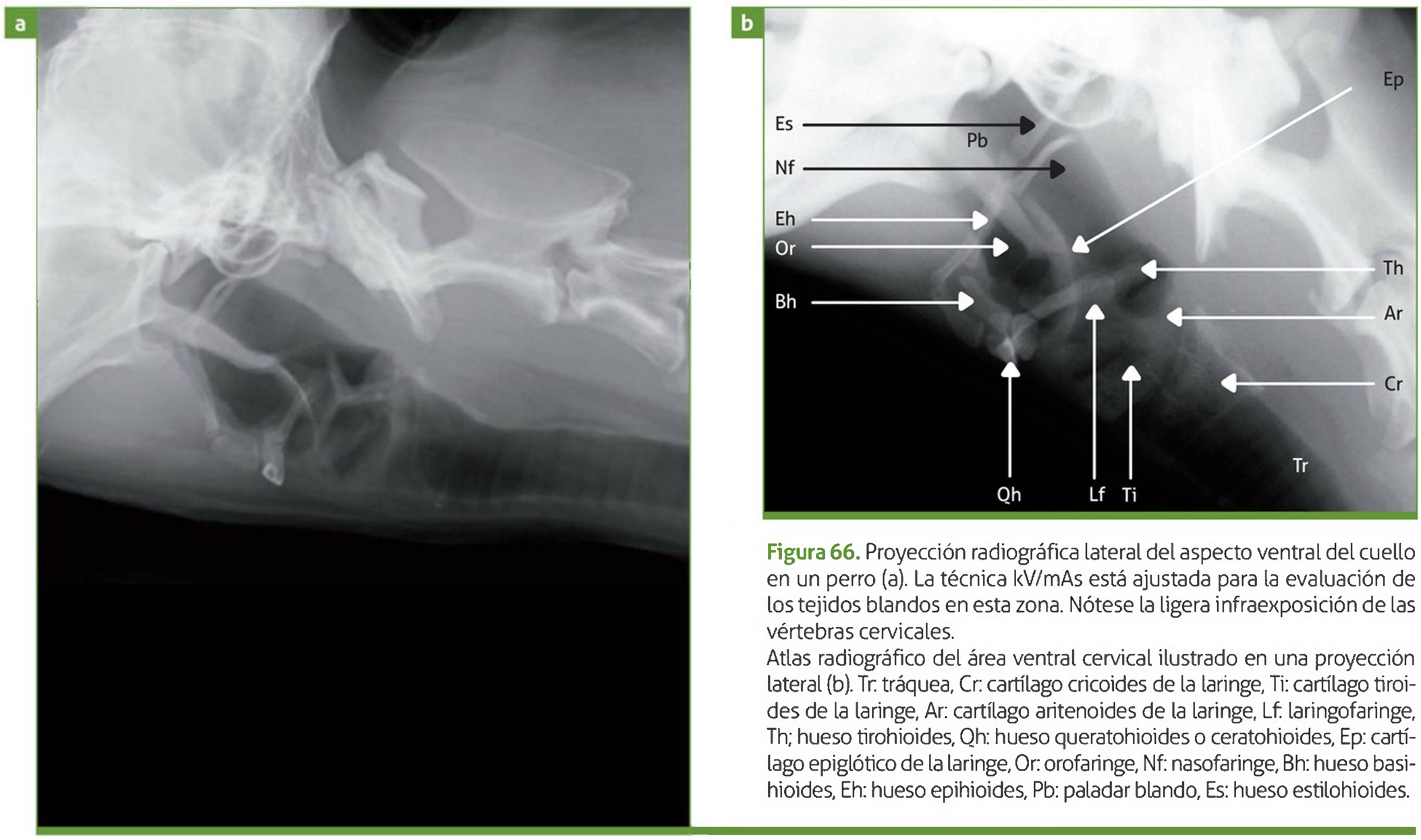


Figura 66. Proyección radiográfica lateral del aspecto ventral del cuello en un perro (a). La técnica kV/mAs está ajustada para la evaluación de los tejidos blandos en esta zona. Nótese la ligera infraexposición de las vértebras cervicales.
Atlas radiográfico del área ventral cervical ilustrado en una proyección lateral (b). Tr: tráquea, Cr: cartílago cricoides de la laringe, Ti: cartílago tiroides de la laringe, Ar: cartílago aritenoides de la laringe, Lf: laringofaringe, Th; hueso tirohioides, Qh: hueso queratohioides o ceratohioides, Ep: cartílago epiglótico de la laringe, Or: orofaringe, Nf: nasofaringe, Bh: hueso basihioides, Eh: hueso epihioides, Pb: paladar blando, Es: hueso estilohioides.

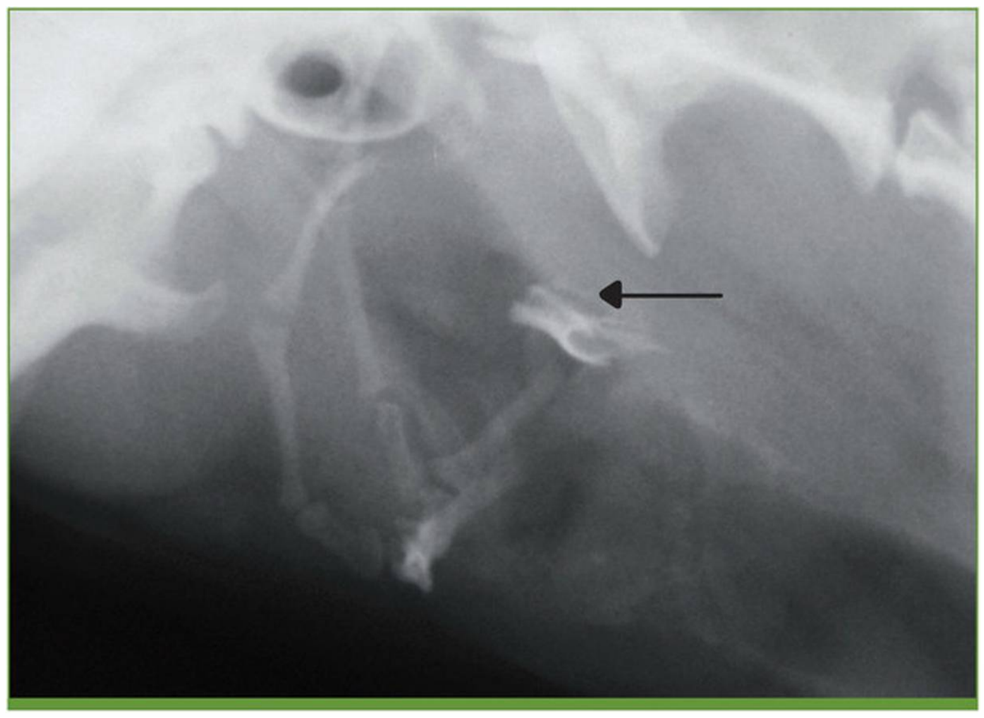


Figura 67. Proyección radiográfica lateral del aspecto ventral del cuello de un perro con fuerte carraspeo y dolor a la deglución y la palpación. Existe un cuerpo extraño mineral de bordes irregulares en situación dorsal en la laringe en relación con los cartílagos aritenoides (flecha). En este caso se extrajo un fragmento afilado de hueso de pollo que se había alojado en la faringe.

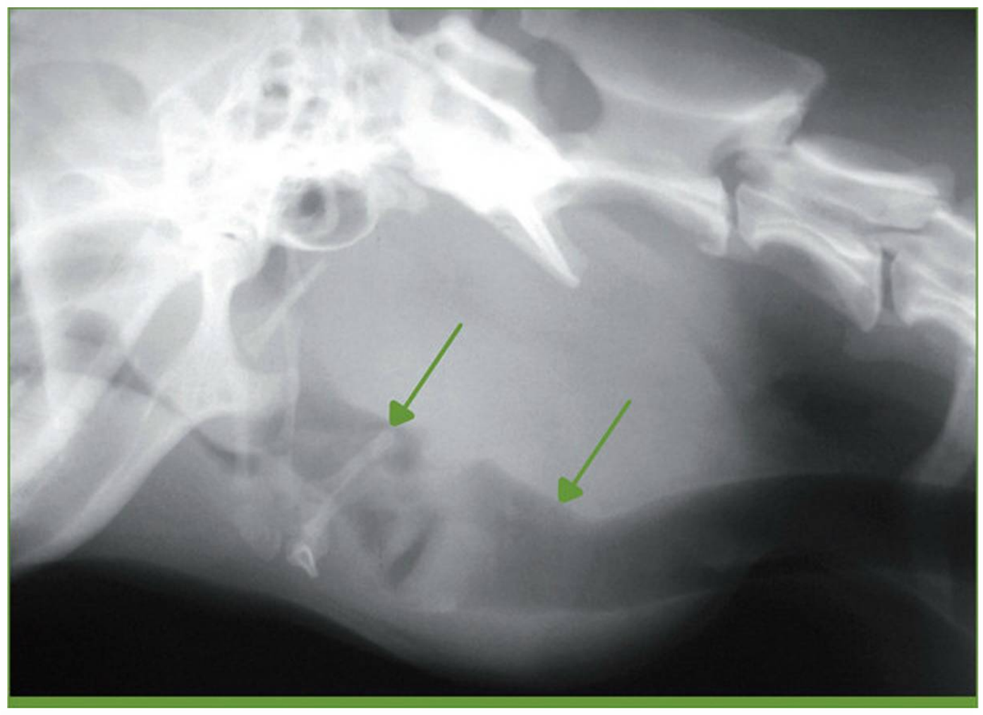


Figura 68. Radiografía lateral del cuello de un perro con una masa cervical. Obsérvese como la tráquea se desplaza ventralmente (flechas) alejándose del axis debido al volumen extra que ocupa la masa. Sería necesario realizar una proyección ventodorsal para verificar si la masa es central o está lateralizada.

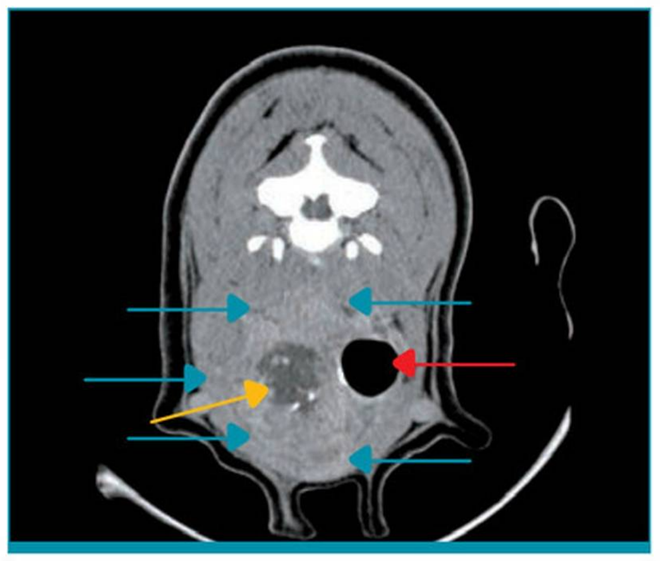


Figura 69. Imagen tomográfica transversal del cuello de un perro a nivel de la 3ª vértebra cervical. Existe una masa de morfología redondeada (delimitada por flechas azules) situada a la derecha de la tráquea (flecha roja) en cuyo centro se aprecia un área radiolúcida salpicada de focos minerales (flecha amarilla) compatible con necrosis e infiltración neoplásica. Un examen citológico reveló un diagnóstico histopatológico de carcinoma tiroideo.

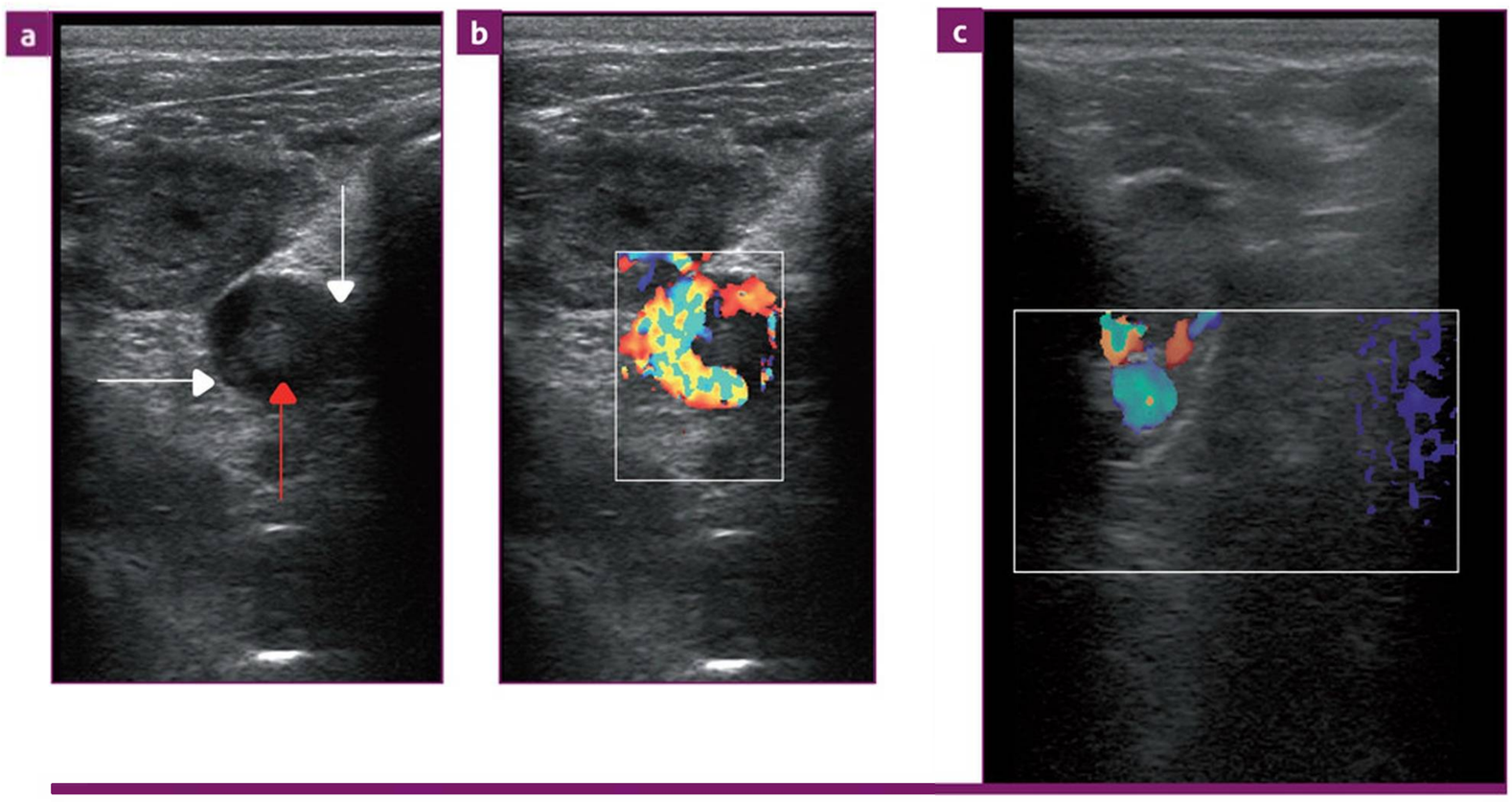


Figura 70. Imágenes ecográficas que muestran distintas secciones transversales del cuello de un perro afectado de carcinoma tiroideo. En (a) se observa la arteria carótida (flechas blancas) con un diámetro aumentado, y en cuya luz puede identificarse una estructura ecogénica redondeada compatible con un trombo (flecha roja). En (b) puede verse el mismo corte ecográfico con una señal activa de Doppler color que evidencia la disminución de la permeabilidad de la arteria carótida por la presencia del trombo, así como la turbulencia en el flujo vascular (nótese el código de color verde-anaranjado compatible con flujos irregulares). Por último, en (c) se observa una imagen ecográfica Doppler color correspondiente a la vaina carotídea contralateral normal, donde aquí los vasos sí son permeables presentando un diámetro más reducido.

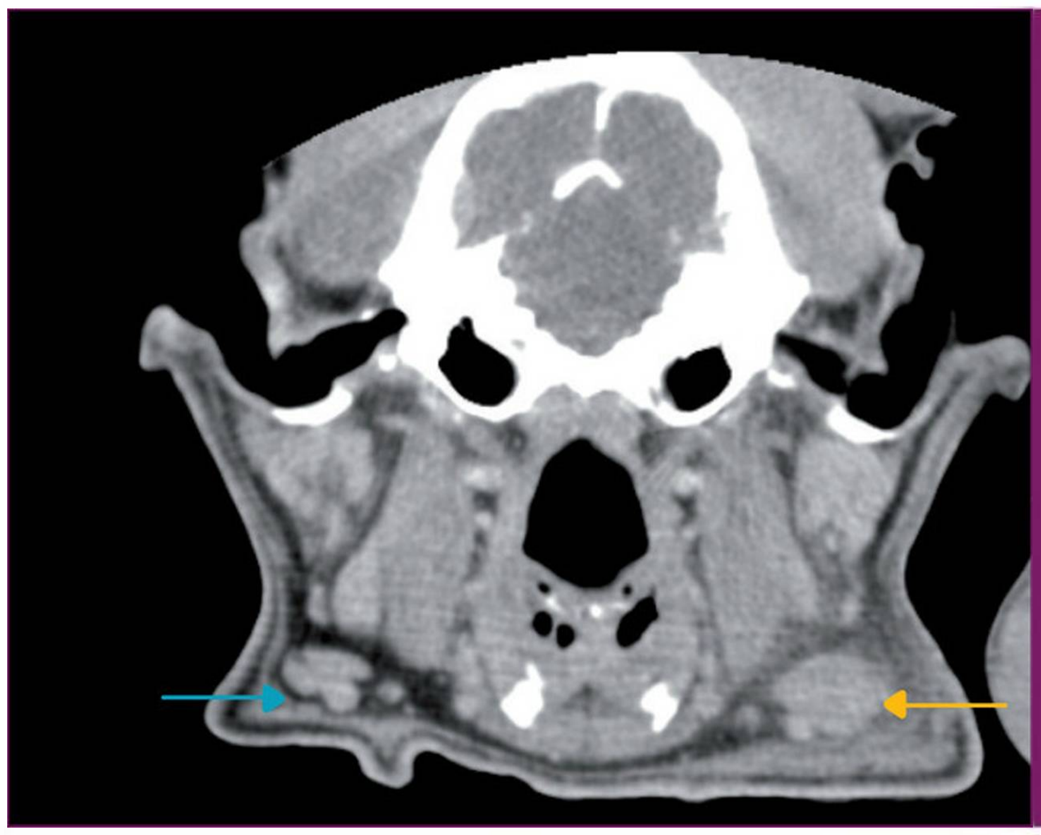


Figura 71. Imagen ecográfica que muestra una sección transversal del cráneo de un perro a nivel de las bullas timpánicas. Nótese como en la porción ventral del cuello se observa una estructura redondeada y aumentada de tamaño que se corresponde con un nódulo linfático mandibular (flecha amarilla). La flecha azul indica el nódulo linfático mandibular contralateral que no está afectado y es de menor tamaño. Nótese como el área que rodea al nódulo afectado presenta unos márgenes poco definidos, lo que es compatible con una metástasis. El diagnóstico histopatológico tras la aspiración del nódulo linfático fue de melanoma metastásico.

Bibliografía

Referente al encéfalo:

Bagley, R.S., Wheeler, S.J., Klopp, L. *et al*. Clinical features of trigeminal nervesheath tumor in 10 dogs. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1998; 34:19–25.

Bathen-Noethen, A., Stein, V.M., Puff, C. *et al.* Magnetic resonance imaging findings in acute canine distemper virus infection. *J Small Anim Pract*, 2008; 49:460–7.

Benigni, L., Lamb, C.R. Comparison of fluid-attenuated inversion recovery and T2-weighted magnetic resonance images in dogs and cats with suspected brain disease. *Vet Radiol Ultrasound*, 2005; 46:287–92.

Bradley, W.G. Jr. MR appearance of hemorrhage in the brain. *Radiology*, 1993; 189:15–26.

Cherubini, G.B., Platt, S.R., Anderson, T.J. *et al.* Characteristics of magnetic resonance images of granulomatous meningoencephalomyelitis in 11 dogs. *Vet Rec*, 2006; 159:110–5.

Cherubini, G.B., Platt, S.R., Howson, S. *et al.* Comparison of magnetic resonance imaging sequences in dogs with multi-focal intracranial disease. *J Small Anim Pract*, 2008; 49:634–40.

Ducote, J.M., Johnson, K.E., Dewey, C.W. *et al.* Computed tomography of necrotizing meningoencephalitis in 3 Yorkshire Terriers. *Vet Radiol Ultrasound*, 1999; 40:617-21.

Elliott, I., Skerritt, G. *Handbook of Small Animal MRI*. Wiley-Blackwell, 2010.

Falzone, C., Rossi, F., Calistri, M. *et al.* Contrast-enhanced fluid-attenuated inversion recovery vs. contrast-enhanced spin echo T1-weighted brain imaging. *Vet Radiol Ultrasound*, 2008; 49:333-8.

Fike, J.R., LeCouteur, R.A., Cann, C.E. *et al.* Anatomy of the canine brain using high resolution computed tomography. *Vet Radiology*, 1981; 22: 236-243.

Fike, J.R., Cann, C.E., Turoswky, T. *et al.* Differentiation of neoplastic from non-neoplastic lesions in dog brain using quantitative CT. *Vet Radiology*, 1986; 27:121-128.

Flegel, T., Henke, D., Boettcher, I.C. *et al.* Magnetic resonance imaging findings in histologically confirmed Pug dog encephalitis. *Vet Radiol Ultrasound*, 2008; 49:419–24.

Garosi, L.S., Dennis, R., Penderis, J. *et al.* Results of magnetic resonance imaging in dogs with vestibular disorders: 85 cases (1996–1999). *J Am Vet Med Assoc*, 2001; 218:385–91.

Garosi, L., McConnell, J.F., Platt, S.R. *et al.* Clinical and topographic magnetic resonance characteristics of suspected brain infarction in 40 dogs. *J Vet Intern Med,* 2006; 20:311–21.

Garosi, L. Cerebrovascular disease in dogs and cats. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2010; 40:65-79.

Gavin, P.R., Bagley, R.S. *Practical Small Animal MRI*. Wiley-Blackwell, 2009.

Graham, J.P., Newell, S.M., Voges, A.K. *et al.* The dural tail sign in the diagnosis of meningiomas. *Vet Radiol Ultrasound*, 1998; 39:297–302.

Hathcock, J.T., Newton, J.C. Computed tomographic characteristics of multilobular tumor of bone involving the cranium in 7 dogs and zygomatic arch in 2 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 2000; 41:214-7.

Hecht, S., Adams, W.H. MRI of brain disease in veterinary patients part 1: Basic principles and congenital brain disorders. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2010; 40:21-38.

Hecht, S., Adams, W.H. MRI of brain disease in veterinary patients part 2: Acquired brain disorders. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2010; 40:39-63.

KRAFT, S.L., GAVIN, P.R., DEHAAN, C. *et al.* Retrospective review of 50 canine intracranial tumors evaluated by magnetic resonance imaging. *J Vet Intern Med*, 1997; 11:218–25.

KRAFT, S.L., GAVIN, P.R. Intracranial neoplasia. *Clin Tech Small Anim Pract*, 1999; 14:112–23.

LAMB, C.R., CROSON, P.J., CAPPELLO, R. *et al.* Magnetic resonance imaging findings in 25 dogs with inflammatory cerebrospinal fluid. *Vet Radiol Ultrasound*, 2005; 46:17–22.

LECOUTEUR, R.A., FIKE, J.R. *et al.* Computed tomography of brain tumors in the caudal fossa of the dog. *Vet Radiology*, 1981; 22:244-251.

MATEO, I., LORENZO, V., MUNOZ, A. *et al.* Brainstem abscess due to plant foreign body in a dog. *J Vet Intern Med*, 2007; 21:535–8.

MATEO, I., LORENZO, V., MUÑOZ, A., MOLIN, J. Meningeal carcinomatosis in a dog. Magnetic resonance imaging features and pathological correlation. *J Small Anim Pract*, 2010; 51:43-48.

MATIASEK, L.A., PLATT, S.R., SHAW S. *et al.* Clinical and magnetic resonance imaging characteristics of quadrigeminal cysts in dogs. *J Vet Intern Med*, 2007; 21:1021–6.

MELLEMA, L.M., KOBLIK, P.D., KORTZ, G.D. *et al.* Reversible magnetic resonance imaging abnormalities in dogs following seizures. *Vet Radiol Ultrasound*, 1999; 40:588–95.

MELLEMA, L.M., SAMII, V.F., VERNAU, K.M. *et al.* Meningeal enhancement on magnetic resonance imaging in 15 dogs and 3 cats. *Vet Radiol Ultrasound*, 2002; 43:10–5.

NEGRIN, A., LAMB, C.R., CAPPELLO, R. *et al.* Results of magnetic resonance imaging in 14 cats with meningoencephalitis. *J Feline Med Surg*, 2007; 9:109–16.

PARIZEL, P.M., MAKKAT, S., VAN MIERT, E. *et al.* Intracranial hemorrhage: principles of CT and MRI interpretation. *Eur Radiol*, 2001; 11:1770–83.

PLATT, S.R., GRAHAM, J., CHRISMAN, C.L. *et al.* Canine intracranial epidermoid cyst. *Vet Radiol Ultrasound*, 1999; 40:454–8.

PLUMMER, S.B., WHEELER, S.J., THRALL, D.E., KORNEGAY, J.N. Computed tomography of primary inflammatory brain disorders in dogs and cats. *Vet Radiology*, 1992; 33:307-312.

SPAULDING, K.A., SHARP, N.J.H. Ultrasonographic imaging of the lateral cerebral ventricles in the dog. *Vet Radiol*, 1990; 31:59–64.

STURGES, B.K., DICKINSON, P.J., BOLLEN, A.W. *et al.* Magnetic resonance imaging and histological classification of intracranial meningiomas in 112 dogs. *J Vet Intern Med*, 2008; 22:586–95.

THOMAS, W.B., WHEELER, S.J., KRAMER, R. *et al.* Magnetic resonance imaging features of primary brain tumors in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 1996; 37:20–7.

THOMAS, W.B. Nonneoplastic disorders of the brain. *Clin Tech Small Anim Pract*, 1999; 14:125–47.

TIDWELL, A.S., MAHONY, O.M., MOORE, R.P. *et al.* Computed tomography of an acute hemorrhagic cerebral infarct in a dog. *Vet Radiol Ultrasound*, 1994; 35:290-296.

TROXEL, M.T., VITE, C.H., MASSICOTTE, C. *et al.* Magnetic resonance imaging features of feline intracranial neoplasia: retrospective analysis of 46 cats. *J Vet Intern Med*, 2004; 18:176–89.

VERNAU, K.M., KORTZ, G.D., KOBLIK, P.D. *et al.* Magnetic resonance imaging and computed tomography characteristics of intracranial intra-arachnoid cysts in 6 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 1997; 38:171–6.

WESTWORTH, D.R., DICKINSON, P.J., VERNAU, W. *et al.* Choroid plexus tumors in 56 dogs (1985–2007). *J Vet Intern Med*, 2008; 22:1157–65.

WESSMANN, A., CHANDLER, K., GAROSI, L. Ischaemic and haemorrhagic stroke in the dog. *Vet J*, 2009; 180:290–303.

Wolf, M., Pedroia, V., Higgins, R.J. *et al.* Intracranial ring enhancing lesions in dogs: A correlative CT scanning and neuropathologic study. *Vet Radiol Ultrasound*, 1995; 36:16-20.

Referente al cráneo:

Burk, R.L. Computed tomographic imaging of nasal disease in 100 dogs. *Vet Radiology*, 1992; 33:177-180.

Burk, R., Feeney, D. *Small Animal Radiology and Ultrasound: A Diagnostic Atlas and Text*. Saunders, 2003.

Codner, E.C., Lurus, A.G., Miller, J.B. *et al.* Comparison of computed tomography with radiography as a noninvasive diagnostic technique for chronic nasal disease in dogs. *J Am Vet Med Assoc*, 1993; 202:1106-1110.

Daniel, G.B., Mitchell, S.K. The eye and orbit. *Clin Tech Small Anim Pract*, 1999; 14:160-169.

De Rycke, L.M., Saunders, J.H., Gielen, I.M. *et al.* Magnetic resonance imaging, computed tomography, and cross-sectional views of the anatomy of normal nasal cavities and paranasal sinuses in mesaticephalic dogs. *Am J Vet Res*, 2003; 64:1093-8.

Dernell, W.S., Straw, R.C., Cooper, M.F. *et al.* Multilobular osteochondrosarcoma in 39 dogs: 1979–1993. *J Am Anim Hosp Assoc*, 1998; 34:11-18.

Dziezyc, J., Hager, D.A. Ocular ultrasonography in veterinary medicine. *Semin Vet Med Surg*, 1988; 3:1-9.

Farrow, C.S. *Veterinary Diagnostic Imaging - The Dog and Cat*. Mosby, 2003.

Gibbs, C., Lane, J.G., Denny, H.R. Radiological features of intranasal lesions in the dog: a review of 100 cases. *J Small Anim Pract*, 1979; 20:515-535.

Homco, L.D., Ramirez, O. Retrobulbar abscesses. *Vet Radiol*, 1995; 36:240-242.

Koblik, P.D., Berry, C.R. Dorsal plane computed tomographic imaging of the ethmoid region to evaluate chronic nasal disease in the dog. *Vet Radiol*, 1990; 31:92-97.

Kus, S.P., Morgan, J.P. Radiography of the canine head: optimal positioning with respect to skull type. *Vet Radiol*, 1985; 26:196-202.

LeCouteur, R.A., Fike, J.R., Scagliotti, R.H. *et al.* Computed tomography of orbital tumors in the dog. *J Am Vet Med Assoc*, 1982; 180:910-913.

Losonsky, J.M., Abbott, L.C., Kuriashkin, I.V. Computed tomography of the normal feline nasal cavity and paranasal sinuses. *Vet Radiol Ultrasound*, 1997; 38:251-8.

Love, N.E., Kramer, R.W., Spodnick, G.J. *et al.* The radiographic and computed tomographic evaluation of otitis media in the dog. *Vet Radiol*, 1995; 36:375-379.

Nyland, T.G., Mattoon, J.S. *Small Animal Diagnostic Ultrasound.* Saunders, 2002.

Penninck, D., Daniel, G.B., Brawer, R., Tidwell, A.S. Cross-sectional imaging techniques in veterinary ophthalmology. *Clin Tech Small Anim Pract*, 2001; 16:22-39.

Penninck, D., D'Anjou, M.A. *Atlas of Small Animal Ultrasonography*. Wiley-Blackwell, 2008.

Saunders, J.H., Zonderland, J.L. *et al.* Computed tomographic findings in 35 dogs with nasal aspergillosis. *Vet Radiol Ultrasound*, 2002; 43:5-9.

Saunders, J.H., van Bree, H. Comparison of radiography and computed tomography for the diagnosis of canine nasal aspergillosis. *Vet Radiol Ultrasound*, 2003; 44:414-9.

SAUNDERS, J.H., VAN BREE, H. *et al.* Diagnostic value of computed tomography in dogs with chronic nasal disease. *Vet Radiol Ultrasound*, 2003; 44:409-13.

SULLIVAN, M., LEE, R., SKAE, C.A. The radiological features of sixty cases of intra-nasal neoplasia in the dog. *J Small Anim Pract*, 1987; 28:575-586.

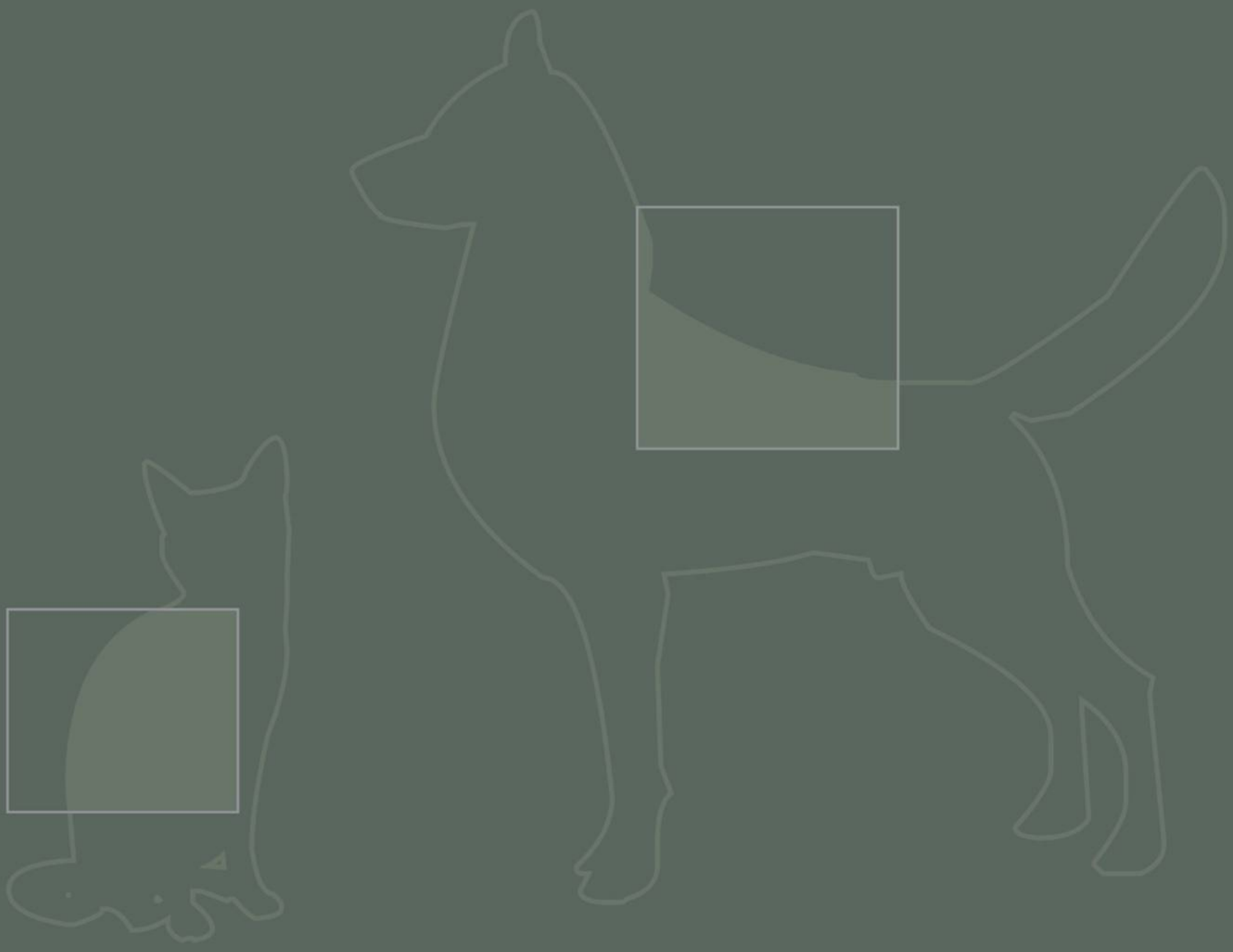
THRALL, D.E., ROBERTSON, I.D. *et al.* A comparison of radiographic and computed tomographic findings in 31 dogs with malignant nasal cavity tumors. *Vet Radiol*, 1989; 30:59-66.

THRALL, D.E. *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. Saunders Elsevier, 2007.

WATSON, A.D.J., ADAMS, W.J., THOMAS, C.B. Craniomandibular osteopathy in dogs. *Comp Cont Educ Pract Vet*, 1995; 17:911-921.

5 DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Isidro Mateo Pampliega
Alberto Muñoz González (colaborador)



Anatomía radiográfica,
tomografía computerizada y
resonancia magnética de la columna vertebral 202

Exploración de la columna vertebral:
indicaciones y uso de las diferentes
técnicas de diagnóstico por imagen 205

Principales patologías susceptibles
de investigación mediante
diagnóstico por imagen 213

Bibliografía 236

Anatomía radiográfica, tomografía computerizada y resonancia magnética de la columna vertebral

En las figuras 1 a 10 se muestran los principales detalles anatómicos de la columna vertebral, y se ilustran las técnicas de exploración más utilizadas: radiología convencional, tomografía computerizada y resonancia magnética.

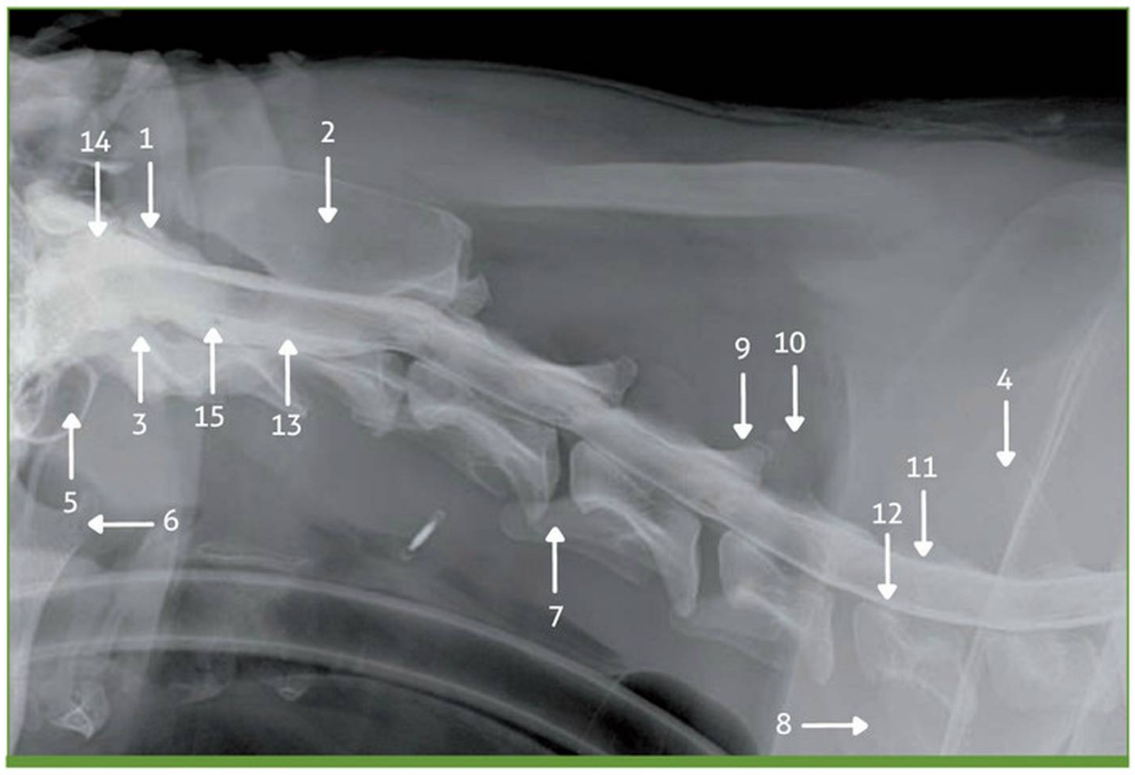


Figura 1. Proyección radiográfica lateral de la porción cervical de la columna vertebral de un perro en la que se ha realizado una mielografía introduciendo contraste yodado (iohexol) en el espacio subaracnoideo mediante punción de la cisterna magna, evidenciando así el contorno de la médula espinal.

Figura 2. Proyección radiográfica ventrodorsal de la porción cervical de la columna vertebral de un perro en la que se ha realizado una mielografía introduciendo contraste yodado (iohexol) en el espacio subaracnoideo mediante punción de la cisterna magna, evidenciando así el contorno de la médula espinal.

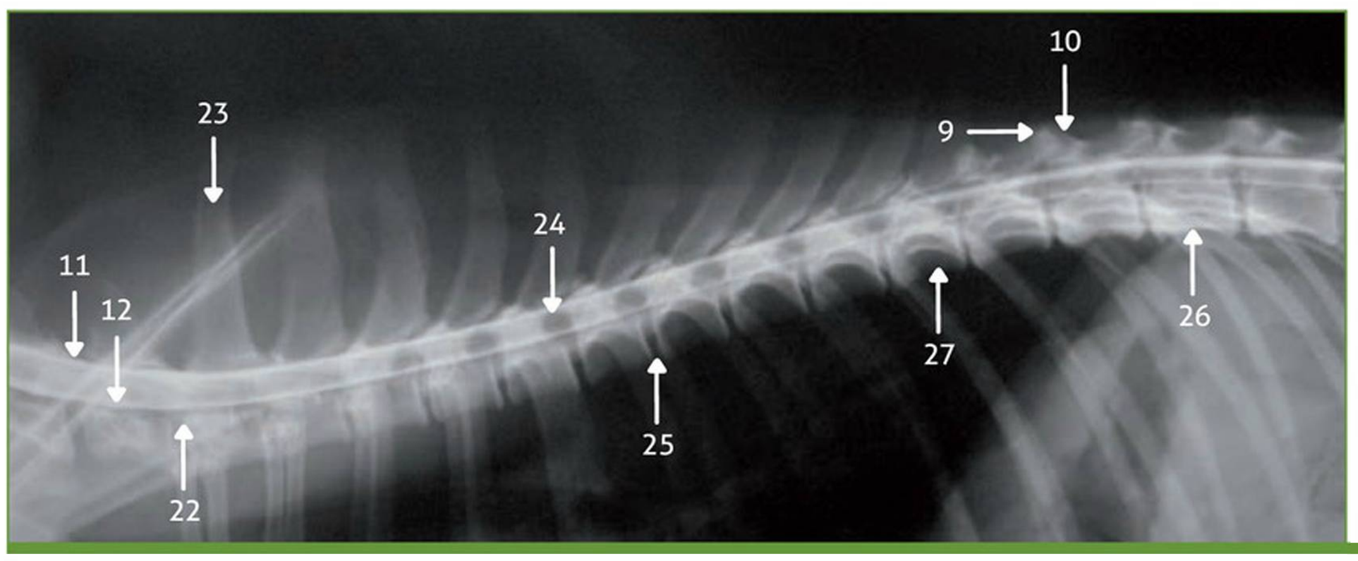


Figura 3. Proyección radiográfica lateral de la porción torácica de la columna vertebral de un perro en la que se ha realizado una mielografía introduciendo contraste yodado (iohexol) en el espacio subaracnoideo mediante punción de la cisterna magna, evidenciando así el contorno de la médula espinal.

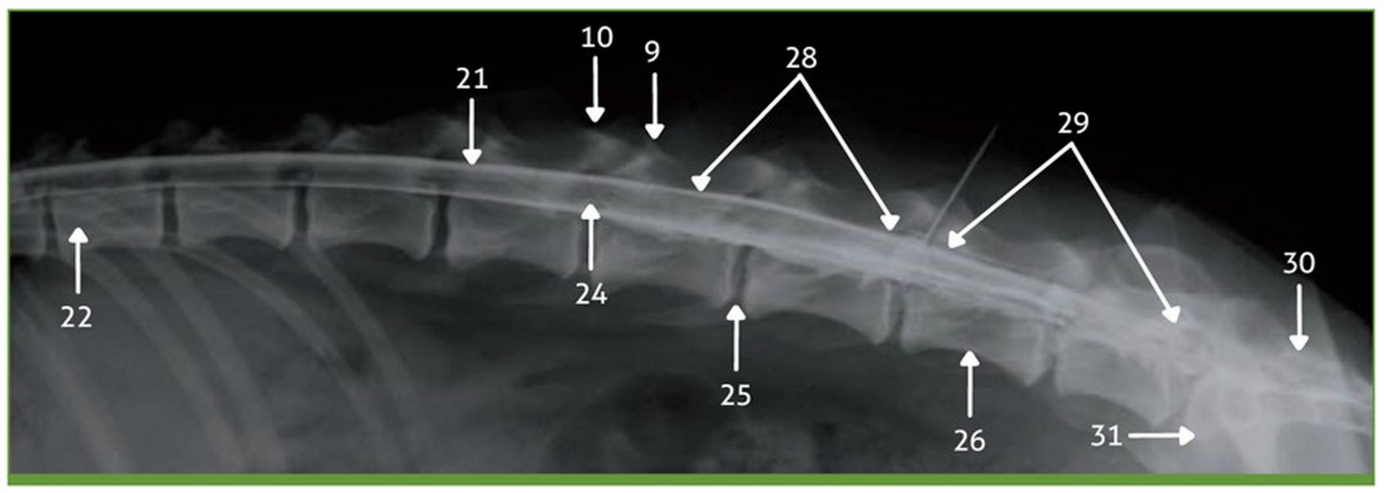


Figura 5. Proyección radiográfica lateral de la porción lumbar de la columna vertebral de un perro en la que se ha realizado una mielografía introduciendo contraste yodado (iohexol) en el espacio subaracnoideo mediante punción a nivel del espacio intervertebral L5-L6, evidenciando así el contorno de la médula espinal

Figura 4. Proyección radiográfica ventrodorsal de la porción torácica de la columna vertebral de un perro en la que se ha realizado una mielografía introduciendo contraste yodado (iohexol) en el espacio subaracnoideo mediante punción de la cisterna magna, evidenciando así el contorno de la médula espinal.

1. Atlas.
2. Apófisis espinosa del axis.
3. Diente del axis.
4. Apófisis espinosa.
5. Bulla timpánica.
6. Apófisis angular de la mandíbula.
7. Apófisis transversas.
8. Apófisis transversas de C6.
9. Proceso articular de la vértebra craneal.
10. Proceso articular de la vértebra caudal.
11. Columna de contraste dorsal.
12. Columna de contraste ventral.
13. Dilatación de espacio subaracnoideo.
14. Cisterna magna.
15. Arteria basilar.
16. Intumescencia cervical.
17. Primera costilla.
18. Arco del atlas.
19. Foramen transverso.
20. Cresta ventral del axis.
21. Proceso accesorio.
22. Unión costovertebral.
23. Apófisis espinosa de T1.
24. Foramen intervertebral.
25. Disco intervertebral.
26. Cuerpo vertebral.
27. Vértebra anticlinal.
28. Intumescencia lumbar.
29. Cauda equina.
30. Sacro.
31. Promontorio.
32. Ala del sacro.
33. Forámenes sacrocaudales.

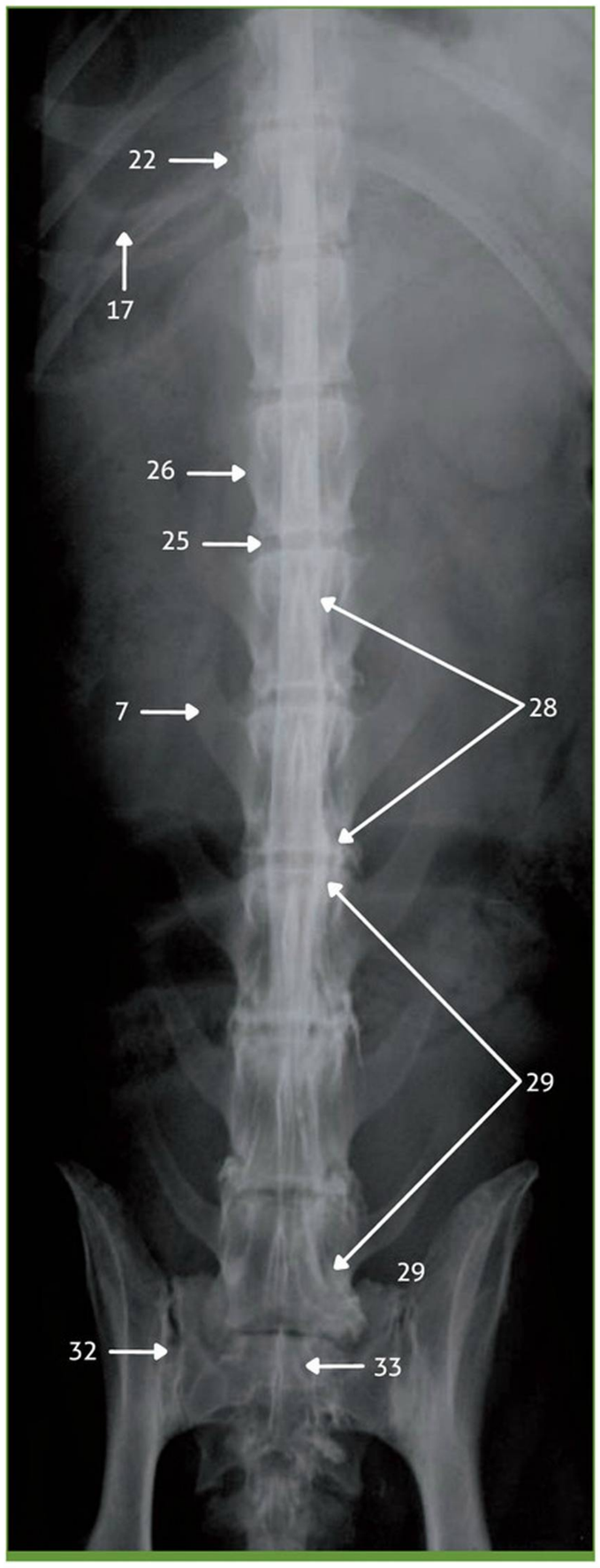


Figura 6. Proyección radiográfica ventrodorsal de la porción lumbar de la columna vertebral de un perro en la que se ha realizado una mielografía introduciendo contraste yodado (iohexol) en el espacio subaracnoideo mediante punción a nivel del espacio intervertebral L5-L6, evidenciando así el contorno de la médula espinal.

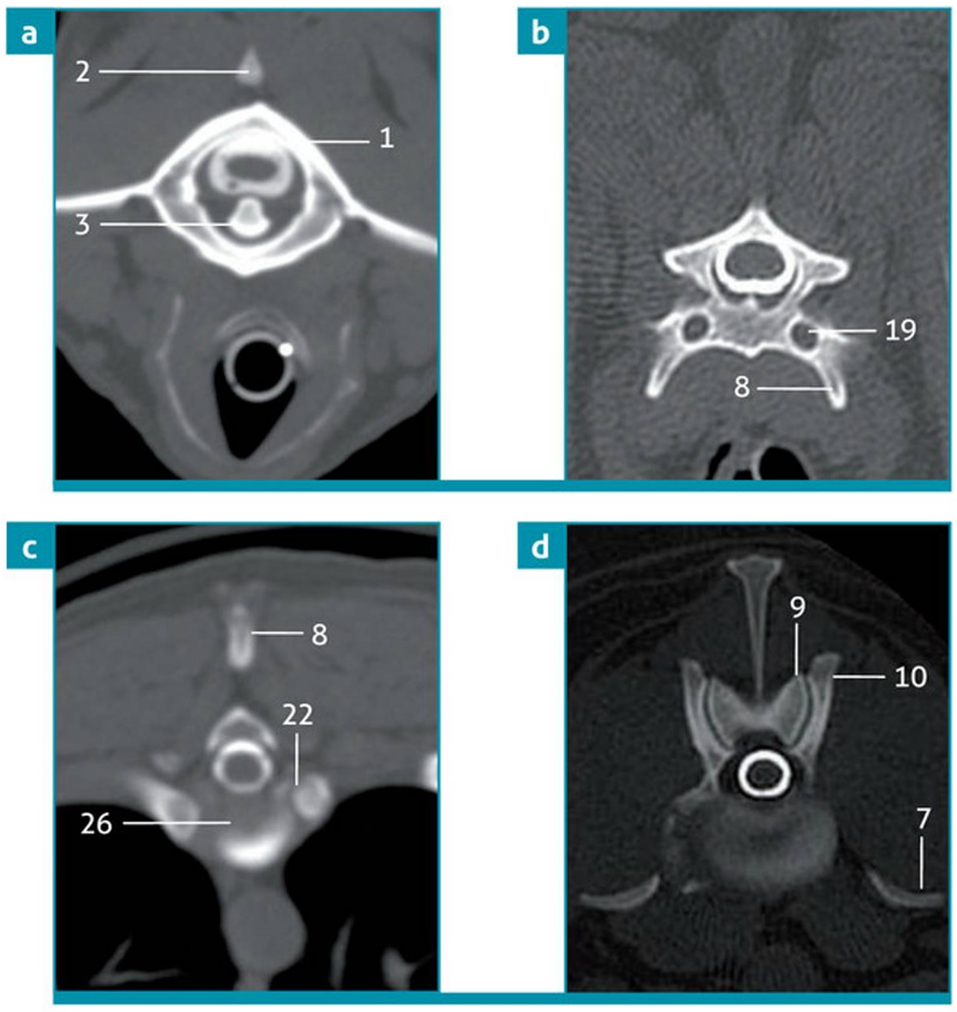


Figura 7. Imágenes tomográficas en sección transversal de diferentes segmentos de la columna vertebral obtenidas mediante tomografía tras realizar una mielografía. Los niveles vertebrales de corte son C1 (a), C6 (b), T10 (c) y L4 (d).

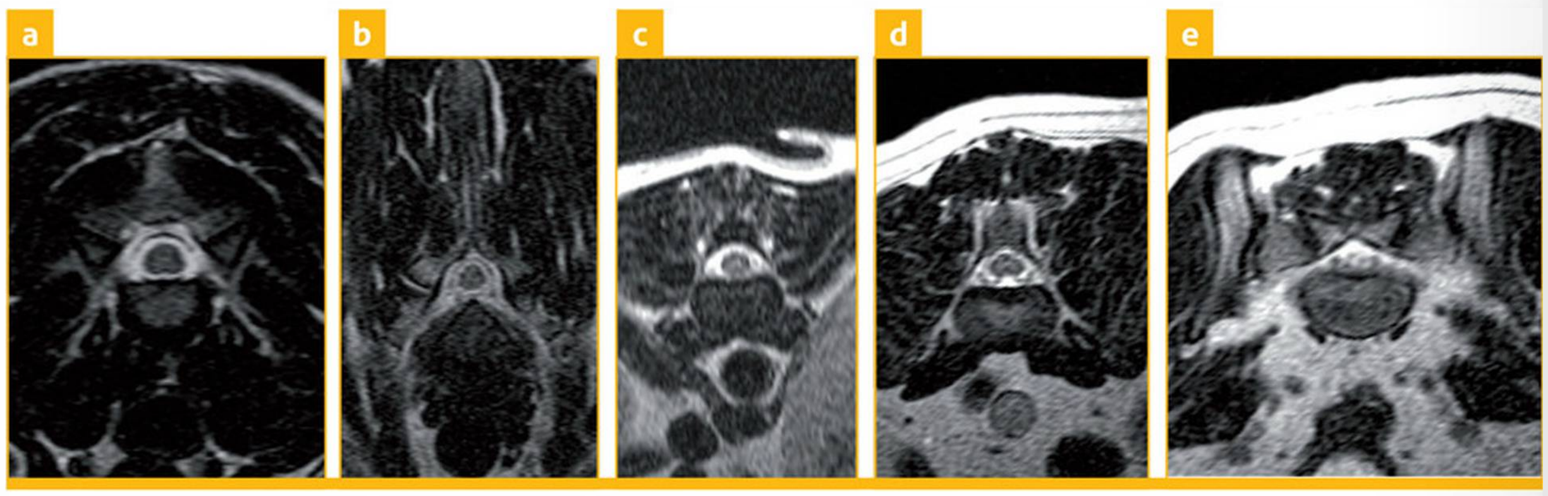


Figura 8. Imágenes de resonancia magnética en sección transversal de diferentes segmentos de la columna vertebral obtenidas en los niveles de corte de C4-C5 (a), T2-T3 (b), T13-L1 (c), L4-L5 (d) y L7-S1 (e).

1. Atlas.
2. Apófisis espinosa del axis.
3. Diente del axis.
4. Apófisis espinosa.
5. Bulla timpánica.
6. Apófisis angular de la mandíbula.
7. Apófisis transversas.
8. Apófisis transversas de C6.
9. Proceso articular de la vértebra craneal.
10. Proceso articular de la vértebra caudal.
11. Columna de contraste dorsal.
12. Columna de contraste ventral.
13. Dilatación de espacio subaracnoideo.
14. Cisterna magna.
15. Arteria basilar.
16. Intumescencia cervical.
17. Primera costilla.
18. Arco del atlas.
19. Foramen transverso.
20. Cresta ventral del axis.
21. Proceso accesorio.
22. Unión costovertebral.
23. Apófisis espinosa de T1.
24. Foramen intervertebral.
25. Disco intervertebral.
26. Cuerpo vertebral.
27. Vértebra anticlinal.
28. Intumescencia lumbar.
29. Cauda equina.
30. Sacro.
31. Promontorio.
32. Ala del sacro.
33. Forámenes sacrocaudales.

Exploración de la columna vertebral: indicaciones y uso de las diferentes técnicas de diagnóstico por imagen

Radiología convencional y mielografía

La radiología es una técnica útil para una primera aproximación al diagnóstico de pacientes con lesiones espinales, especialmente en aquellas patologías que dan lugar a alteraciones óseas. Para poder evaluar correctamente las estructuras de la columna se debe procurar que el haz de rayos X se disponga de manera perpendicular al área o región estudiada y para ello, en la mayoría de los casos, se requiere una anestesia general que asegure el correcto posicionamiento del paciente. El ajuste de los parámetros cuantitativos y cualitativos de la radiación (mAs y kV), colimación del haz, filtros y distancia foco-placa determinan la calidad de la exploración. En los equipos actuales digitales la optimización de parámetros se realiza automáticamente, por lo que la calidad media de las imágenes es muy superior a las de la era analógica.

La mielografía consiste en la introducción de un medio de contraste radiopaco en el espacio subaracnoideo, permitiendo así la visualización del mismo y la delimitación del contorno de la médula espinal. El contraste utilizado debe ser yodado, no iónico y de baja osmolaridad, ya que los medios de contraste iónicos y de alta osmolaridad son extremadamente irritantes para el sistema nervioso. El iohexol (concentración de 240 o 300 mg/ml), y el iopamidol a una concentración de 200 mg/ml, ambos con una osmolaridad de entre 600 y 700 mOsm, son los más utilizados. Este medio de contraste debe ser inyectado en el espacio subaracnoideo a través de la cisterna magna –**mielografía cervical**– o en el espacio subaracnoideo lumbar (L4-L5 o L5-L6 en perros de tamaño medio y grandes y L5-L6 o L6-L7 en perros de pequeño tamaño y gatos) –**mielografía lumbar**–.

En general, la inyección del contraste debe realizarse en la zona más cercana al lugar donde se sospecha que está localizada la lesión. Sin embargo, algunos autores apuntan que la inyección de contraste ha de realizarse siempre en el espacio subaracnoideo lumbar, dejando que el medio de contraste fluya cranealmente. El volumen utilizado varía entre 0,3 y 0,4 ml/kg sin sobrepasar los 12 ml de contraste total. Tras la inyección de contraste en la región cervical se debe colocar al paciente con la cabeza elevada para favorecer el flujo por gravedad hacia los segmentos caudales.

Algunas de las complicaciones encontradas al realizar la mielografía son:

- Inyección del contraste fuera del espacio subaracnoideo (epidural, subpial).
- Laceración del parénquima medular (con efectos mucho más graves en punciones cervicales).
- Deterioro del estado neurológico tras la administración de contraste.
- Convulsiones durante el periodo posanestésico.
- Hemorragias subaracnoideas intracraneales.

Por su gran disponibilidad, y a pesar de estas complicaciones, sigue siendo una técnica muy utilizada en la práctica clínica, ya que permite la detección de lesiones compresivas críticas (que la mayoría de las veces requieren tratamiento quirúrgico). Esta técnica es poco sensible a las lesiones no compresivas y suma los riesgos anestésicos a los de la punción.

Posicionamiento

Debemos asegurar la posición correcta del animal mediante la utilización de almohadillado y soportes radiotransparentes que permitan que el haz de rayos penetre de manera completamente perpendicular a la región de estudio.

- En las **mielografías cervicales** se ha de considerar que, para una correcta proyección lateral, es necesario elevar ligeramente la nariz, de tal manera que las mandíbulas queden paralelas entre sí. Además, se debe elevar levemente la región C4-C7 para compensar la desviación que se produce en esta zona cuando se coloca al animal en decúbito lateral. Es aconsejable la colocación de almohadillado entre las extremidades anteriores y bajo el esternón para evitar la rotación del animal. La flexión del cuello permite detectar inestabilidad atlantoaxial. En las proyecciones ventrodorsales la extensión del cuello permite una mejor visualización del diente del axis.
- Para el estudio de la **región torácica, lumbar y sacra** se colocará una almohadilla en la porción ventral del tórax, evitándose así la rotación del mismo. Las costillas y apófisis transversas deben quedar superpuestas. En los estudios ventrodorsales, el esternón debe quedar superpuesto a la columna vertebral.

Un error común en los estudios radiográficos de la columna consiste en incluir un amplio segmento de la columna en una única imagen. Este hecho fomenta la mala interpretación de las estructuras situadas excéntricamente respecto del centro de la colimación, ya que el haz de rayos X incide en un ángulo muy acusado en estas áreas. Además, el exceso de radiación dispersa provoca un emborronamiento y pérdida de detalle radiográfico en las imágenes obtenidas cuando la colimación no se restringe adecuadamente.

Por tanto, una correcta evaluación radiográfica de la columna vertebral incluirá, al menos, dos proyecciones, lateral y ventrodorsal, de cada región.

Anatomía radiográfica

En el perro y el gato, la columna vertebral está compuesta por 7 vértebras cervicales, 13 torácicas, 7 lumbares y 3 sacras y un número variable de vértebras coccígeas. La morfología de estas vértebras es variable, pero todas ellas se ajustan a un patrón común, consistente en un cuerpo macizo al que se le superpone un arco óseo (lámina y pedículo) que completa y cierra el agujero vertebral. Los dos pedículos se curvan en dirección medial para unirse dorsalmente en la lámina, sobre la cual se sitúa la apófisis espinosa. Las bases de los pedículos presentan una escotadura que, cuando dos vértebras se articulan, forman el contorno de los forámenes intervertebrales, a través de los cuales pasan el nervio, la arteria y la vena espinal. En la unión entre la lámina y los pedículos se encuentran los procesos articulares, que se articulan con los de las vértebras adyacentes. Además, las vértebras tienen apófisis transversas donde se fijan numerosos músculos paracostales.

Los cuerpos vertebrales (excepto entre C1 y C2) quedan separados por los discos intervertebrales, que son estructuras fibrocartilaginosas compuestas por un anillo fibroso y un núcleo pulposo. El espesor y orientación específica de cada disco intervertebral depende de la región en la que se encuentre. Así, los discos intervertebrales de la región cervical son más anchos y están situados en una posición más oblicua que los localizados en la región torácica. Su anchura es constante desde el espacio intervertebral T13-L1 hasta L7-S1.

Columna cervical

La primera vértebra cervical (C1 o atlas) tiene una morfología característica, con una apófisis espinosa muy corta y aplanada y unas apófisis transversas alargadas. Esta vértebra se articula con el axis, que es la más larga de todas las vértebras y presenta una prolongación ósea (diente del axis o proceso odontoideo) en el extremo del cuerpo vertebral y que se localiza en la parte ventral del canal vertebral formado por C1. La apófisis espinosa del axis es alta y alargada proyectándose cranealmente sobre el arco de C1. Las apófisis transversas se hacen más prominentes en las últimas vértebras cervicales, especialmente en C6. Las apófisis espinosas también son más prominentes en las regiones caudales de la columna cervical.

En cada vértebra cervical, excepto en C7, hay un agujero transverso por el que penetra la arteria vertebral. Este foramen transverso es especialmente prominente en el atlas, donde se puede ver fácilmente con radiología convencional.

Columna torácica

Las vértebras torácicas se caracterizan por tener una apófisis espinosa alargada que alcanza la máxima altura en las primeras vértebras y posteriormente se van aplanando. Sus cuerpos vertebrales son cortos, presentan carillas costales para la articulación con las costillas, apófisis transversas muy cortas, procesos articulares pequeños y arcos muy ajustados. La articulación entre las vértebras se produce en un plano dorsal hasta aproximadamente T10 y en un plano sagital en T11-T13 y vértebras lumbares. La vértebra anticlinal es habitualmente la T11, aunque existen diferentes definiciones para determinar la posición de dicha vértebra.

La ausencia de ligamentos intercapitales, que refuerzan la porción dorsal del disco intervertebral a partir de las últimas vértebras torácicas (T10-T11) y el mayor estrés mecánico que sufre esta región de la columna, hacen que la región toracolumbar sea la zona donde con mayor frecuencia se producen hernias de disco. En caso de sospecha de lesión discal se debe realizar un estudio radiográfico específico de esta zona.

Columna lumbar

Las vértebras lumbares presentan un cuerpo más alargado y con una morfología más uniforme que el resto de las vértebras. Las apófisis espinosas son cortas y están inclinadas cranealmente mientras que las apófisis transversas son largas y planas y se proyectan craneolateralmente. La inserción de los pilares del diafragma en la zona ventral del cuerpo de las vértebras lumbares L3 y L4 presenta un patrón característico de irregularidad que no debe confundirse con procesos neoplásicos o degenerativos.

Sacro

Se compone de tres vértebras que están fusionadas y articuladas firmemente con el ilion lo que permite que el empuje de los miembros posteriores se trasmita al tronco. Sólo la primera y segunda vértebras del sacro participan en la articulación sacroilíaca. El sacro se va estrechando desde su extremo craneal al caudal, presentando en su cara dorsal las tres apófisis espinosas de las vértebras correspondientes.

Apariencia mielográfica normal

En el estudio mielográfico de la columna cervical se observa como la médula espinal aumenta su diámetro en la región de C4-C5, lugar donde se localiza la **intumescencia cervical**. Después de C6 el diámetro de la médula espinal se reduce y se mantiene constante a lo largo de la columna torácica hasta alcanzar L4, donde se localiza la **intumescencia lumbar**, ensanchándose de nuevo a lo largo de uno o dos segmentos vertebrales. La médula espinal termina en L4-L5 en perros grandes y en L6-L7 en perros pequeños y gatos, aunque puede haber pequeñas variaciones anatómicas normales según individuos.. Las raíces nerviosas originadas en la intumescencia lumbar realizan un trayecto a lo largo del canal vertebral para salir por el foramen intervertebral correspondiente, constituyendo así la cauda equina. En estos segmentos de la columna (caudales a L6) no hay un espacio subaracnoideo donde pueda circular el medio de contraste y, por tanto, la interpretación mielográfica de las lesiones internas del canal medular es más complicada.

Patrones de lesión observados en mielografía

Lesiones extradurales

Son aquéllas que se originan en las estructuras externas a la médula espinal y las meninges, comprimiendo, por tanto, el parénquima medular y el espacio subaracnoideo. En estos casos se observa un desplazamiento de la médula espinal y un adelgazamiento de la línea de contraste. Las lesiones extradurales que se presentan con mayor frecuencia son las hernias discales y los procesos tumorales (fig. 9).

Se deben realizar proyecciones ventrodorsales que permitan la determinación del lado afectado (zona con mayor desplazamiento de la línea de contraste). Es importante recordar que en las lesiones extradurales severas puede producirse el fenómeno de obstrucción paradójica de contraste, por el cual, cuando se produce una interrupción de la línea de contraste a ambos lados de la médula espinal, la lesión que lo ha producido se encuentra en el lado en el que la longitud afectada por la parada de contraste es menor.

Esquema de los diferentes patrones de lesión observados en una mielografía.

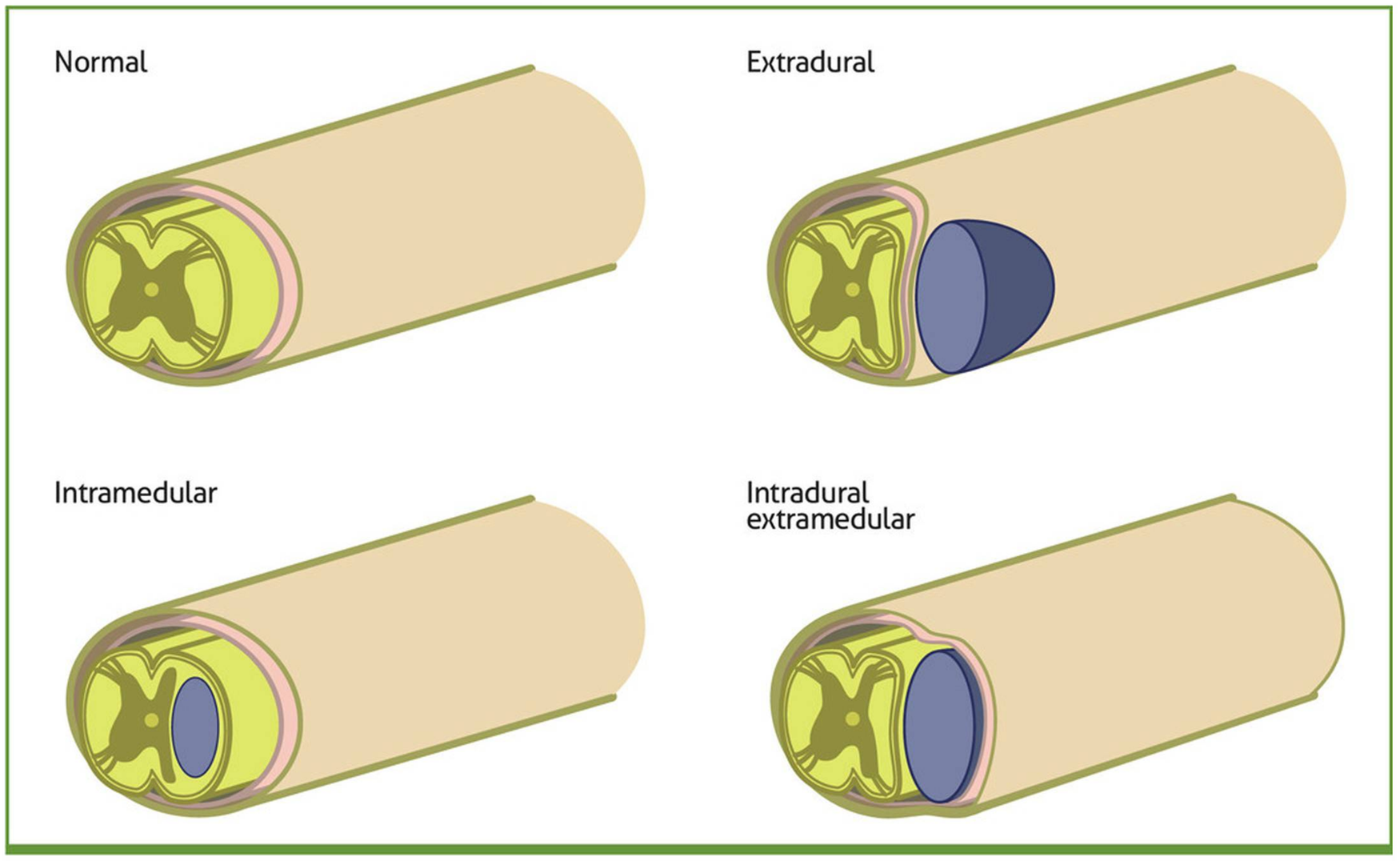


Figura 9. Mielografías lumbares mostrando lesiones de tipo extradural en perros. Proyección radiográfica lateral de la columna toracolumbar (a). Obsérvese el desplazamiento de la columna ventral del contraste a nivel del disco intervertebral T13-L1. Proyección radiográfica ventrodorsal de la columna lumbar (b) en la que se observa una desviación medial de la columna de contraste izquierda a nivel de L3-L4.

Lesiones intradurales-extramedulares

Estas lesiones se originan en el espacio comprendido entre la duramadre y la médula espinal, y dan lugar a un aumento del espacio subaracnoideo adyacente a la lesión, que hace que el medio de contraste se acumule y la rodee, formándose una imagen característica en forma de *tee* de golf. Las causas que con mayor frecuencia producen este patrón mielográfico son los tumores meníngeos o de la vaina nerviosa como los neurofibrosarcomas (fig. 10).

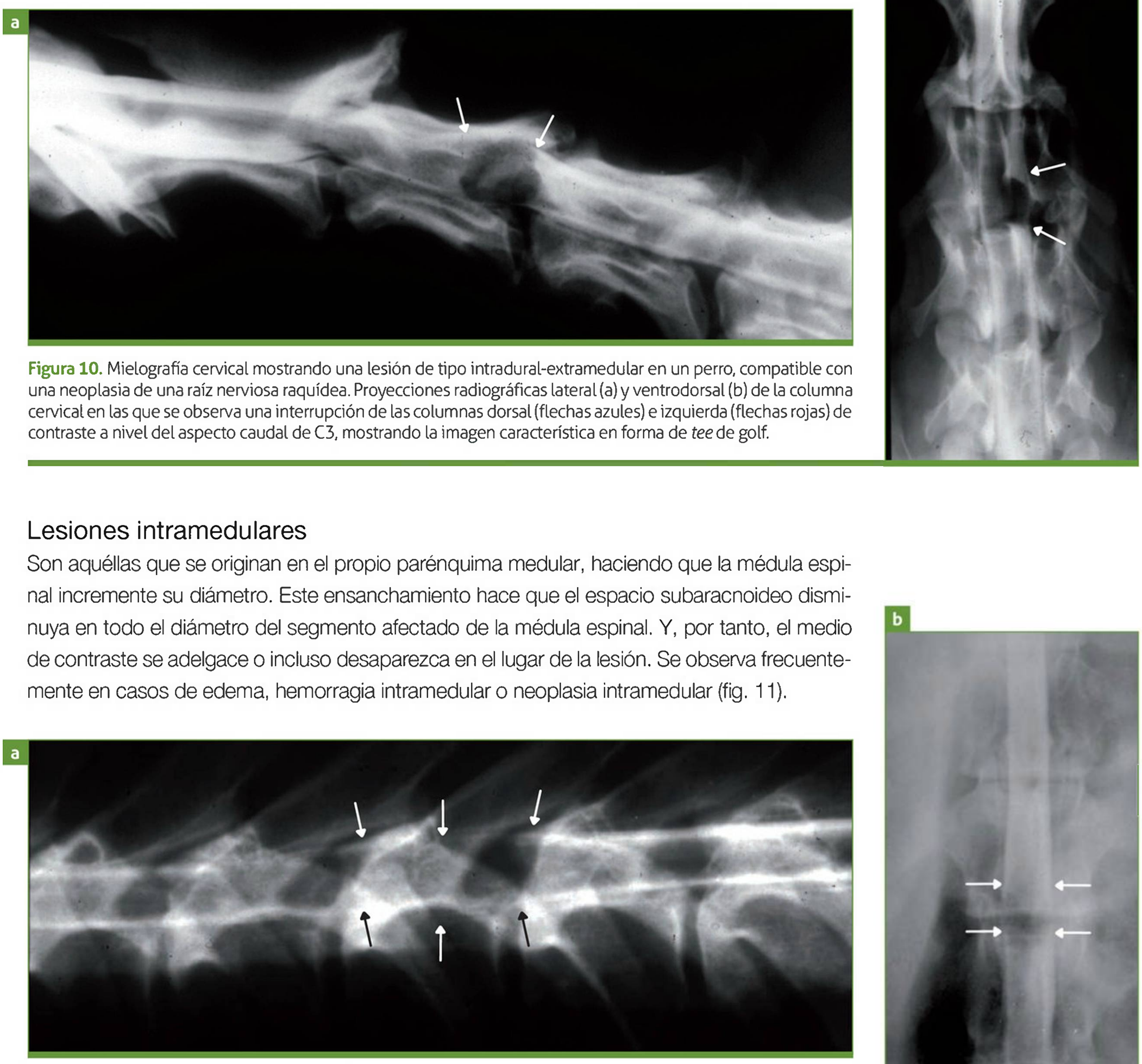


Figura 10. Mielografía cervical mostrando una lesión de tipo intradural-extramedular en un perro, compatible con una neoplasia de una raíz nerviosa raquídea. Proyecciones radiográficas lateral (a) y ventrodorsal (b) de la columna cervical en las que se observa una interrupción de las columnas dorsal (flechas azules) e izquierda (flechas rojas) de contraste a nivel del aspecto caudal de C3, mostrando la imagen característica en forma de *tee* de golf.

Lesiones intramedulares

Son aquéllas que se originan en el propio parénquima medular, haciendo que la médula espinal incremente su diámetro. Este ensanchamiento hace que el espacio subaracnoideo disminuya en todo el diámetro del segmento afectado de la médula espinal. Y, por tanto, el medio de contraste se adelgace o incluso desaparezca en el lugar de la lesión. Se observa frecuentemente en casos de edema, hemorragia intramedular o neoplasia intramedular (fig. 11).

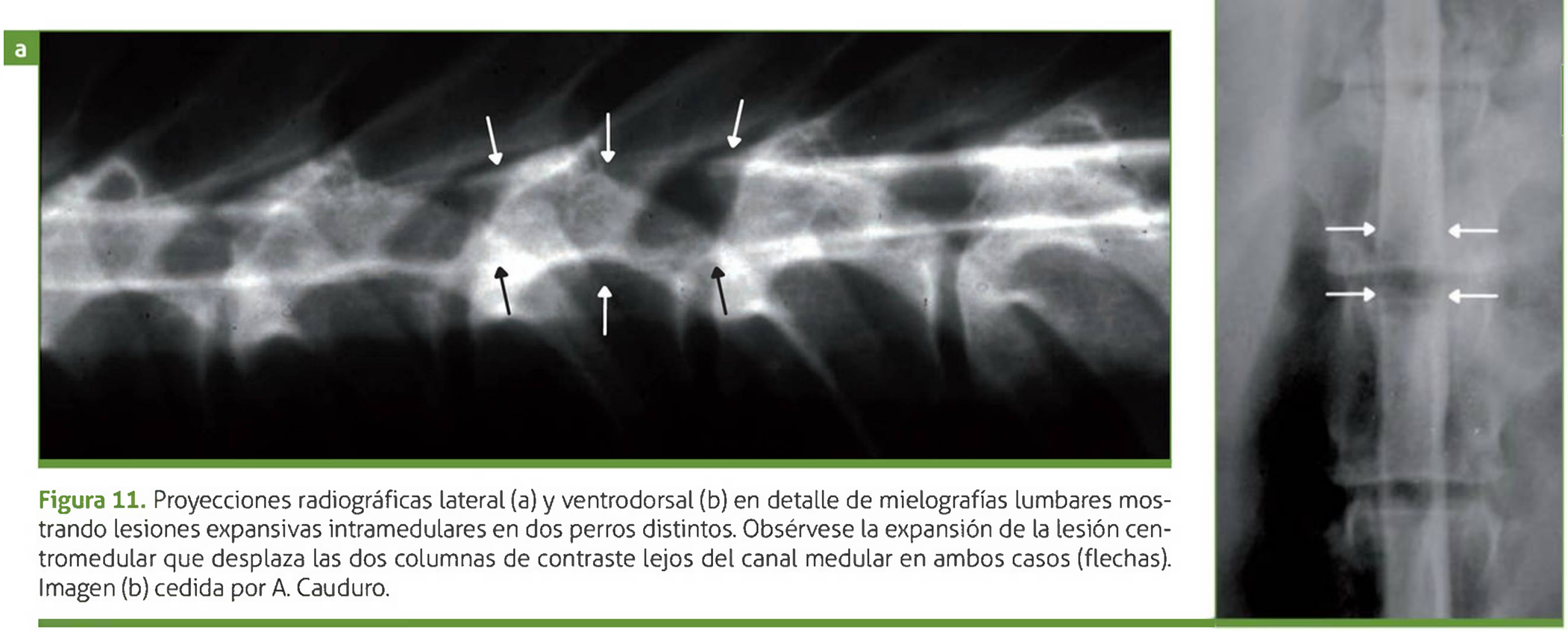


Figura 11. Proyecciones radiográficas lateral (a) y ventrodorsal (b) en detalle de mielografías lumbares mostrando lesiones expansivas intramedulares en dos perros distintos. Obsérvese la expansión de la lesión centromedular que desplaza las dos columnas de contraste lejos del canal medular en ambos casos (flechas). Imagen (b) cedida por A. Cauduro.

Ecografía

La aplicación de la ecografía para la investigación de patologías de médula espinal queda limitada a aquellos casos en los que se retira de manera quirúrgica la cubierta ósea que la protege. Así, se ha descrito su utilización intraoperatoria en la caracterización de lesiones intramedulares (neoplasias y procesos inflamatorios), en la determinación de la extensión de quistes aracnoideos y en la detección de material discal no visible en el abordaje realizado.

Tomografía computerizada

La capacidad de obtención de imágenes transversales mediante TC confiere a esta técnica una gran utilidad en el estudio de pacientes con enfermedades que afectan a la columna y médula espinal. La TC puede ser utilizada en conjunción con la mielografía, lo que permite una mejor delimitación de la patología intracanal y permite reducir la dosis de contraste utilizado. La rapidez en la obtención de imágenes es una de sus mayores ventajas.

La TC resulta más útil que la mielografía para el estudio de lesiones espinales, pero tiene una capacidad limitada para detectar patologías que afectan al parénquima medular. Es especialmente útil para demostrar la presencia de material discal mineralizado (algo que ocurre en la gran mayoría de extrusiones discales), lesiones óseas (ya sea por tumores o procesos infecciosos) y malformaciones vertebrales. El estudio se debe realizar con el animal en decúbito dorsal, ya que así está más estable y no se producen artefactos causados por los movimientos respiratorios. Hay que evitar la superposición de estructuras óseas sobre la zona que deseamos explorar. Así pues, en el estudio de la columna lumbar, especialmente en los de la zona lumbosacra, las extremidades posteriores deben estirarse para evitar la superposición de los huesos largos de las extremidades sobre esta zona.

Cuando se desea examinar el contenido del canal raquídeo (médula espinal y raíces nerviosas) de la columna mediante TC se debe optimizar el protocolo mediante la utilización de un modo de escáner axial, realización de cortes de 1-2 mm de grosor, intensidad de corriente de 100 mAs y un algoritmo de reconstrucción de frecuencia media. Si el escáner se realiza en modo de adquisición helicoidal o multicorte, el intervalo de corte debe ser menor de 2 mm, y el intervalo de recontrucción de la imagen helicoidal debe ser igual al del grosor del corte. Si se desea evaluar el tejido óseo se utilizará un algoritmo de reconstrucción de alta frecuencia para hueso.

Parámetros recomendados para el examen tomográfico de la columna
☐ Estudios poscontraste.
☐ Modo axial (el modo helicoidal reduce considerablemente el tiempo de exposición).
☐ Algoritmo de reconstrucción de hueso.
☐ 120-140 kVp y 100 mAs.
☐ Grosor en intervalo de corte 1-2 mm.

Resonancia magnética

La RM proporciona mayor contraste de tejidos blandos que cualquier otra técnica de diagnóstico por imagen, lo cual hace que sea el método más indicado para el estudio de patologías que afectan a la médula espinal, raíces nerviosas, meninges y disco intervertebral.

El protocolo de estudio dependerá del tipo de imán del que se disponga (y de su intensidad de campo), del tamaño del paciente y de las preferencias del radiólogo. Se utilizan antenas de superficie o de multicanales y el animal debe estar en decúbito dorsal para que la región estudiada esté lo más próxima posible a la antena. De una manera genérica puede decirse que un protocolo de estudio de columna incluirá inicialmente una secuencia sagital ponderada en T2 que permita la visualización en conjunto de amplios segmentos de la columna vertebral y la planificación de los cortes transversales. Estos cortes transversales se deben ponderar en T2 y deben tener un grosor de entre 3 y 4 mm en función del tamaño del paciente. Generalmente, este tipo de estudio es suficiente para el diagnóstico de patología degenerativa discal, incluyendo las hernias de disco (ya que presentan típicamente una hipointensidad marcada), pero puede requerir la utilización de secuencias ponderadas en T1 antes y después de la administración de contraste paramagnético y secuencias de saturación de grasa en casos de enfermedad tumoral o infecciosa de la columna.

Para la localización de una lesión toracolumbar se establecen como puntos de referencia la última vértebra torácica (ultima vértebra con costilla), la posición del tronco celíaco (variable entre animales, pero generalmente localizado entre T13 y L2) y el espacio lumbosacro (fig. 12).

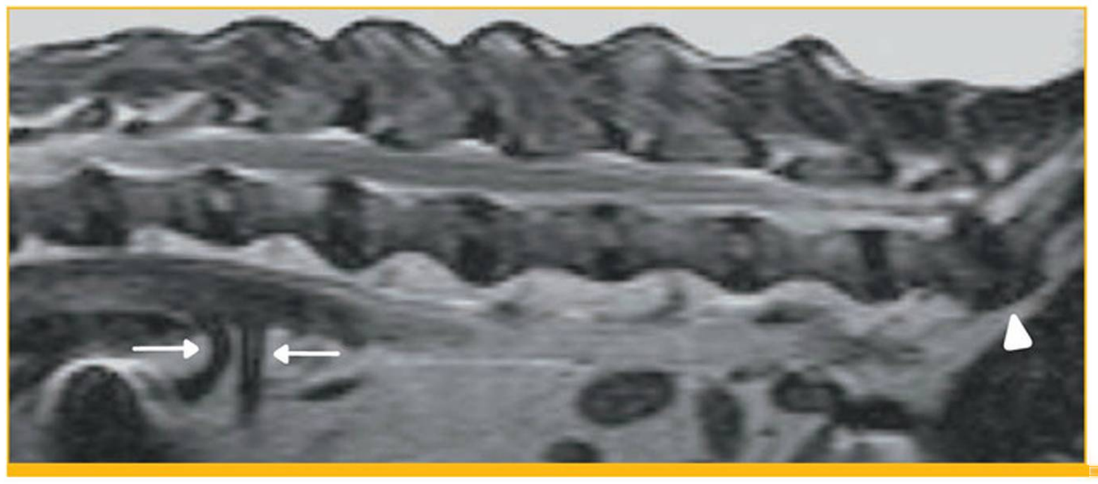


Figura 12. Localización de referencias vasculares en la resonancia magnética de la columna lumbar en el perro para la identificación de cada una de las vértebras. Imagen sagital ponderada en T2 en la que se observa el tronco celíaco ventral al disco intervertebral L1-L2 (flechas). Se observa, además, la protrusión correspondiente al disco L7-S1 (punta de flecha).

Principales patologías susceptibles de investigación mediante diagnóstico por imagen

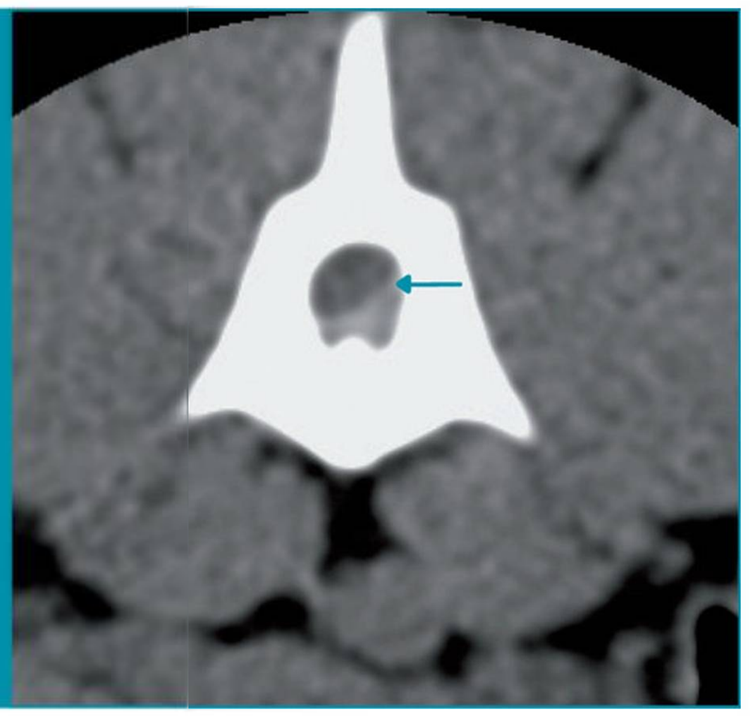
Lesiones óseas y epidurales

En este apartado se incluyen todas aquellas patologías que se originan o asientan en las cubiertas osteoligamentosas y en el espacio epidural y afectan por compresión a la médula o raíces nerviosas.

De origen vascular

De manera esporádica, se pueden encontrar hematomas epidurales originados como consecuencia de sangrados espontáneos o por traumatismos. Estos hematomas se comportan como cualquier otra lesión localizada en el espacio epidural y sólo podrán ser bien caracterizados con la utilización de RM, en cuyo caso sus características radiológicas dependerán del estadio del hematoma. También se pueden detectar hemorragias epidurales mediante TC (fig. 13).

Figura 13. Hemorragia epidural. Imagen tomográfica transversal obtenida a través de L3 en la que se observa un desplazamiento del cordón medular hacia la derecha por la presencia de una masa epidural ventrolateral izquierda (flecha).



Enfermedades inflamatorias de origen infeccioso

Las enfermedades inflamatorias de origen infeccioso afectan fundamentalmente a animales jóvenes, aunque no son específicas de ellos. La forma de presentación es típicamente subaguda o crónica y con un curso progresivo. Inicialmente suelen manifestarse con dolor o resistencia a la manipulación para, posteriormente, cuando hay afección del parénquima nervioso, dar lugar a síntomas neurológicos derivados del segmento medular afectado.

Espondilitis o discoespondilitis

En ambos casos, la causa más frecuente es la infección por bacterias (*Staphylococcus aureus*), que pueden acceder al hueso o disco intervertebral a partir de la migración de cuerpos extraños (como espigas) o por diseminación hematógena, especialmente a partir de infecciones urológicas, respiratorias o dérmicas.

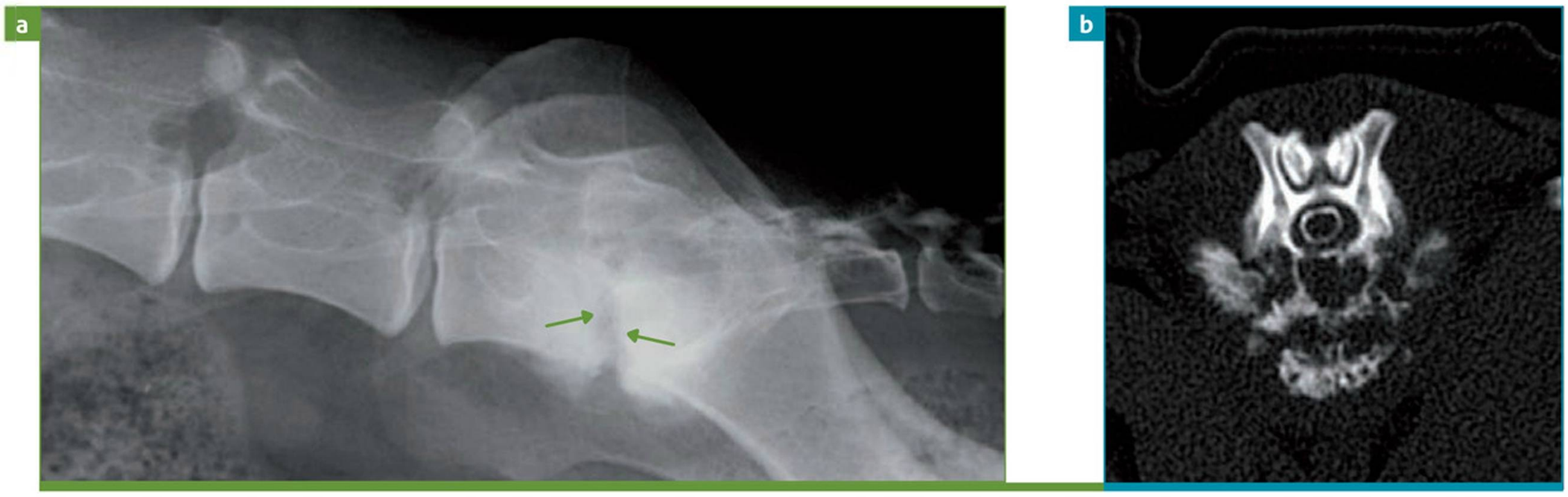


Figura 14. Signos radiográficos y tomográficos de discoespondilitis. La proyección radiográfica lateral de la columna vertebral lumbosacra (a) permite identificar las graves irregularidades en los contornos del aspecto caudal del cuerpo de L7 y craneal de S1 (flechas), así como una reducción drástica del espacio intervertebral. Imagen tomográfica en sección transversal del espacio intervertebral T12-T13 (b) donde se aprecia la pérdida de la estructura anatómica normal debido a la destrucción inflamatoria del disco intervertebral. Imagen (b) cedida por A. Cauduro.

En la espondilitis (u osteomielitis vertebral) la parte afectada es el cuerpo vertebral, aunque es habitual que la infección se extienda también a la lámina y a los pedículos vertebrales. Se caracteriza por afectación inflamatoria, generalmente acompañada de lisis ósea, a lo largo de la zona ventral de la vértebra afectada y por aumento en la densidad del tejido blando.

En las discoespondilitis es el disco intervertebral el que se ve afectado, generalmente por diseminación de agentes infecciosos localizados en zonas adyacentes o de manera más frecuente por vía hematógena (a través de infecciones de tracto genitourinario, aparato respiratorio o piel). Se produce lisis de las carillas articulares de los cuerpos vertebrales adyacentes al disco intervertebral, dando lugar a áreas de destrucción o rarefacción ósea en cuerpos vertebrales adyacentes. En muchos casos aparece una masa adyacente de partes blandas de morfología regular (fig. 14). Estos signos no se presentan hasta pasadas unas dos semanas del inicio de la enfermedad. Cabe destacar que los cambios radiológicos observados no se relacionan directamente con los síntomas clínicos y, así, un animal en tratamiento y con mejoría clínica puede mostrar empeoramiento radiográfico de las lesiones durante varios días. En general, en radiología convencional y TC, se considera que la lisis ósea es un signo de progresión de la enfermedad, mientras que la esclerosis en un signo de remisión de la misma. En RM, el criterio fundamental y más importante es la progresión o variación del volumen de la masa de partes blandas. A pesar de que en la mayoría de las ocasiones la lesión es única (con preferencia por el espacio lumbosacro), no es infrecuente encontrarnos con múltiples discos intervertebrales afectados, por lo que es conveniente un estudio completo de la columna.

En radiología convencional, las alteraciones líticas o esclerosantes no son precoces, aunque su existencia ayuda a planificar otros métodos de diagnóstico. Con la mielografía podremos detectar desplazamientos de la línea de contraste que pueden sugerir la presencia de masa de partes blandas. La alteración en la señal de las caras articulares de los cuerpos vertebrales (hipointensidad en secuencias ponderadas en T1 e hiperintensidad en T2) con un realce heterogéneo, y la presencia de masa de partes blandas adyacente son signos característicos de las discoespondilitis observadas mediante RM (fig. 15).

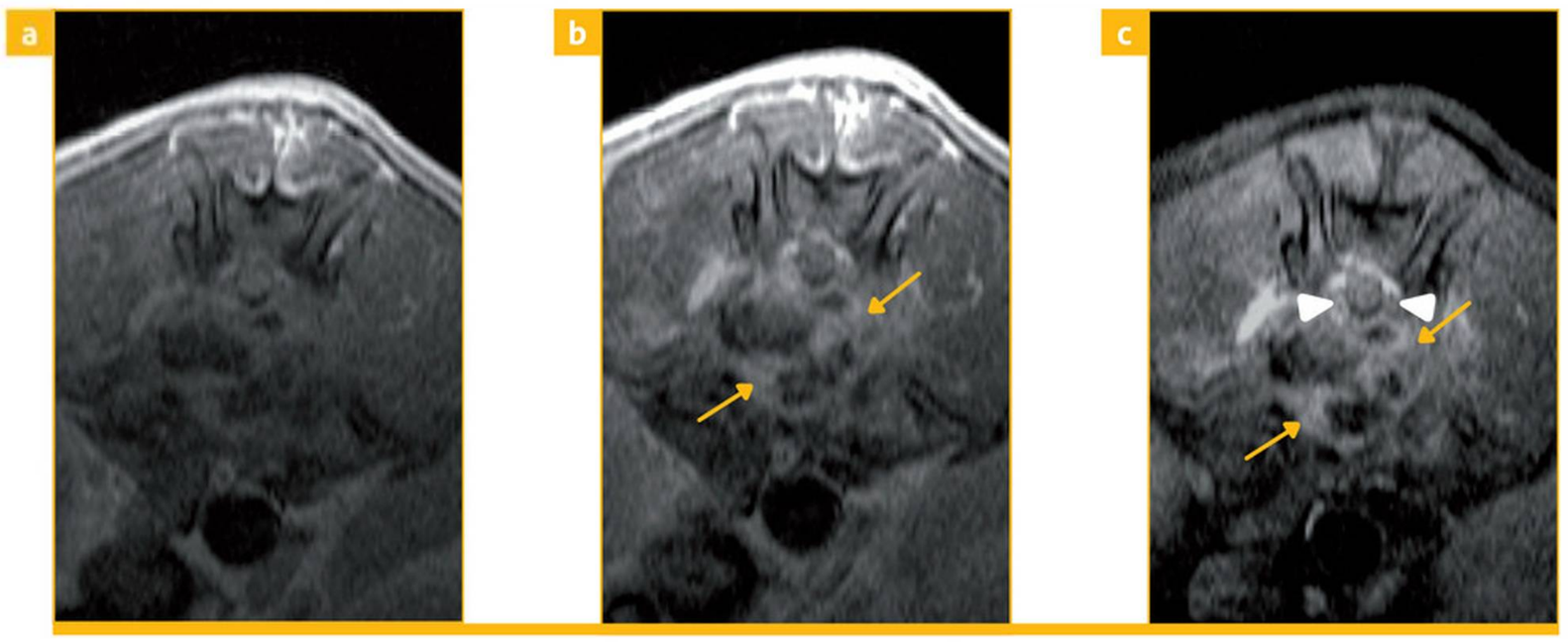


Figura 15. Discoespondilitis. Imágenes de resonancia magnética de un perro con discoespondilitis mostrando secciones transversales a través de L1-L2 ponderadas en T1 antes (a) y después (b) de la administración de contraste paramagnético, y tras la utilización de supresión grasa (c). Obsérvese la marcada captación de contraste de carácter heterogéneo en el interior del disco intervertebral (flechas), así como la ocupación del canal vertebral por colección epidural que rodea la médula espinal (puntas de flecha).

Abscesos espinales y paraespinales

Los abscesos espinales y paraespinales son infrecuentes y, generalmente, se producen por contigüidad de enfermedades infecciosas en otras zonas. Los cambios radiológicos más evidentes son los observados en la RM, en la que típicamente se puede observar una masa con prolongación de los tiempos de relajación (hipointensa en secuencias ponderadas en T1 e hiperintensa en secuencias ponderadas en T2) que capta contraste en anillo uni o multilocularmente (figs. 16 y 17).

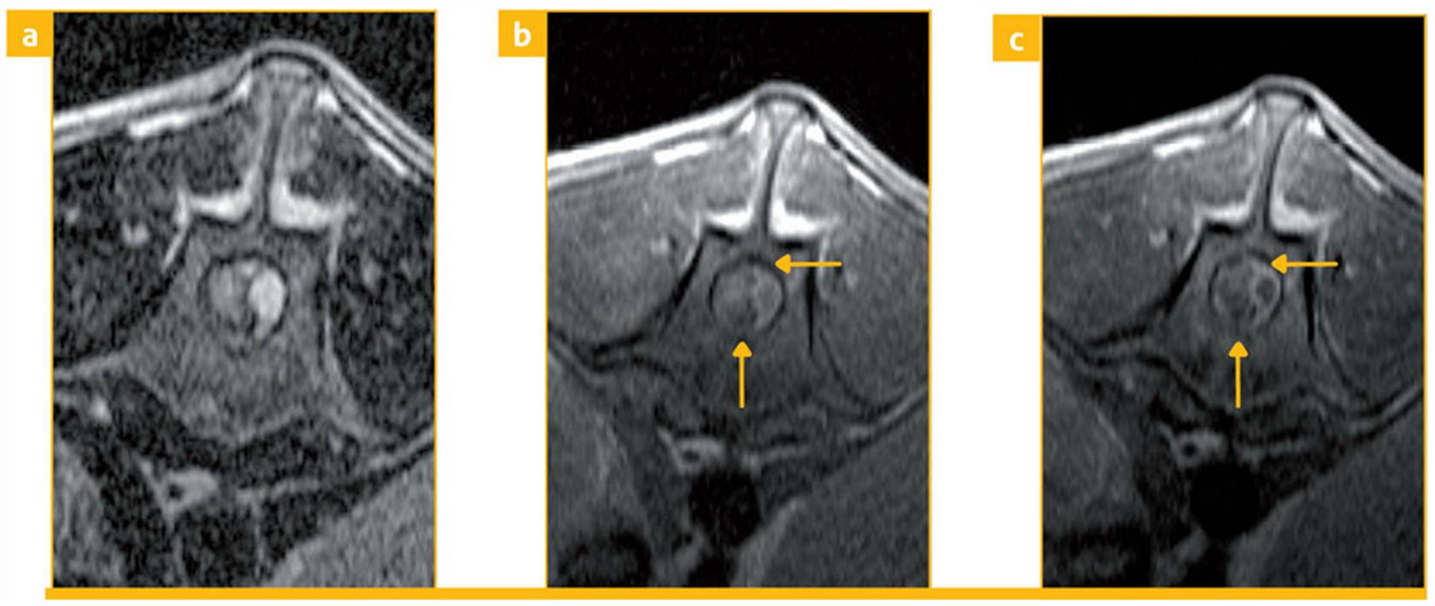


Figura 16. Absceso epidural. Imágenes de resonancia magnética ponderadas en T2 (a) y en T1 antes (b) y después (c) de la administración de contraste paramagnético. Se corresponden con cortes transversales a través del cuerpo de L1 del animal mostrado la figura 15. Obsérvese la masa de partes blandas dorsolateral derecha que desplaza a la médula contralateralmente, presenta hiperintensidad en las secuencias ponderadas en T2 y capta contraste en forma de anillo (flechas en b y c).

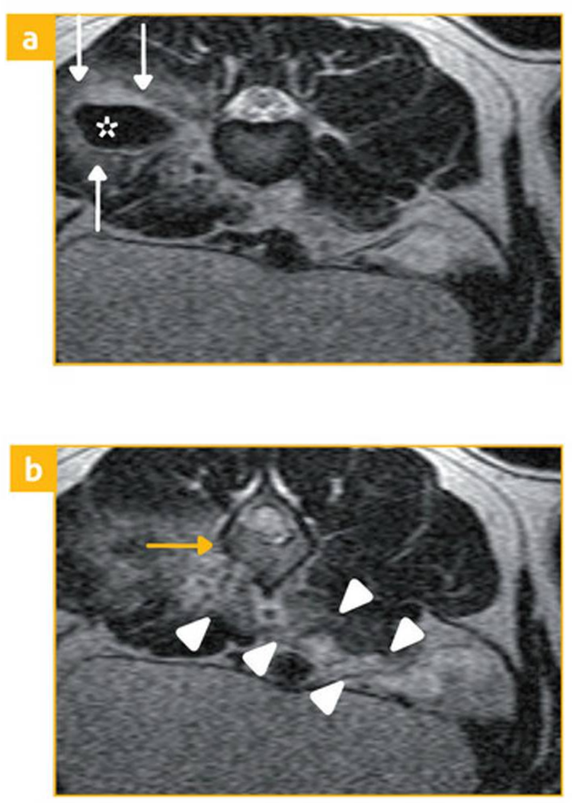
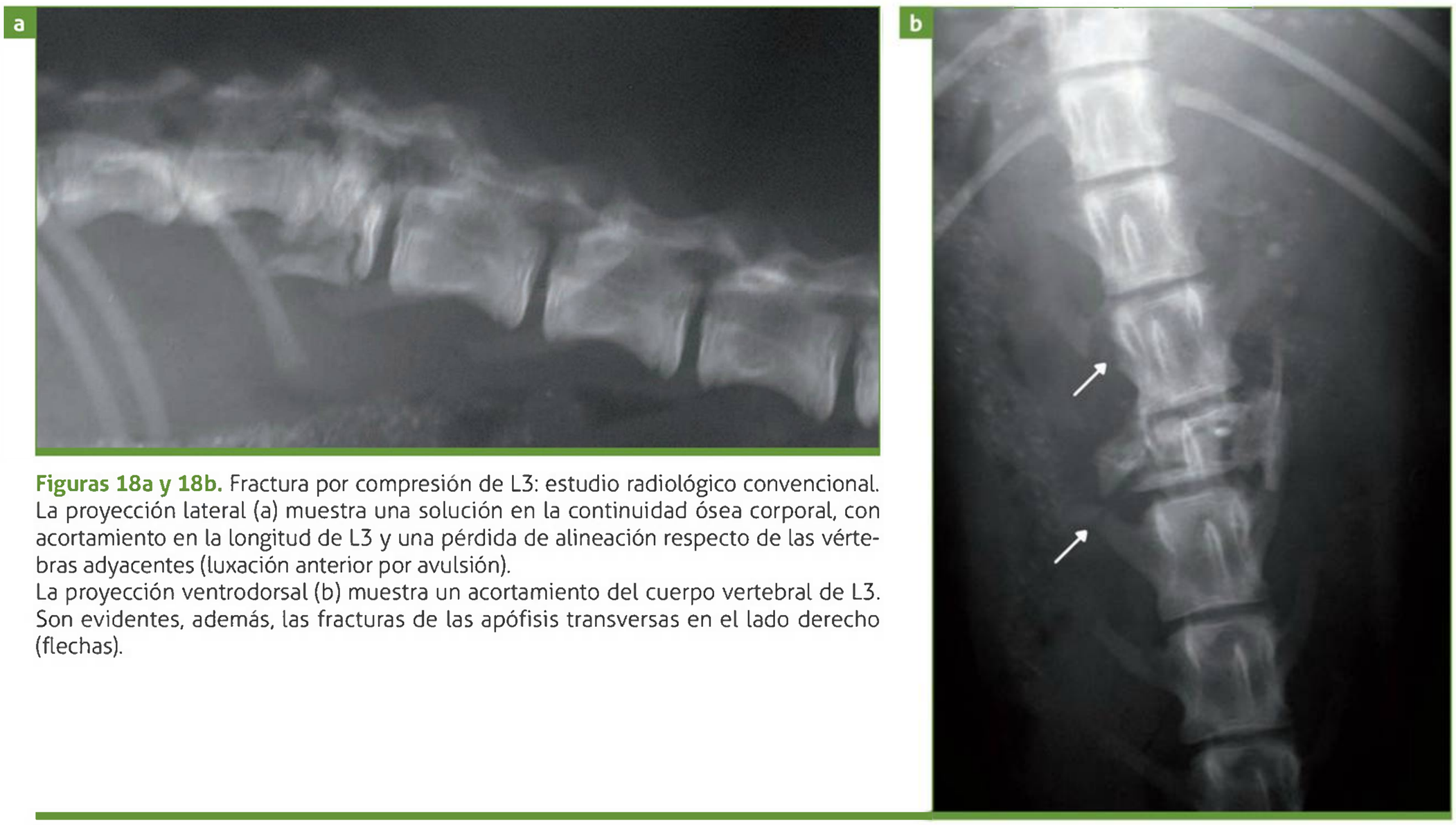


Figura 17. Absceso paraespinal. Imágenes de resonancia magnética en sección transversal ponderadas en T2 a través del espacio intervertebral L5-L6 (a), cuerpo de L5 (b) y espacio intervertebral L4-L5 (c). Se observan sendas colecciones intramuscular-paravertebral derecha y retroperitoneal izquierda (flechas blancas), comunicadas por un trayecto (puntas de flecha) que discurre ventral al cuerpo vertebral lesionándolo (flecha naranja). Nótese que ambos abscesos contienen gas con ausencia de señal (*), mientras que en el absceso paravertebral hay un contenido de gas/líquido que debido a la posición del paciente (decúbito dorsal) aparece en la zona dorsal del absceso.

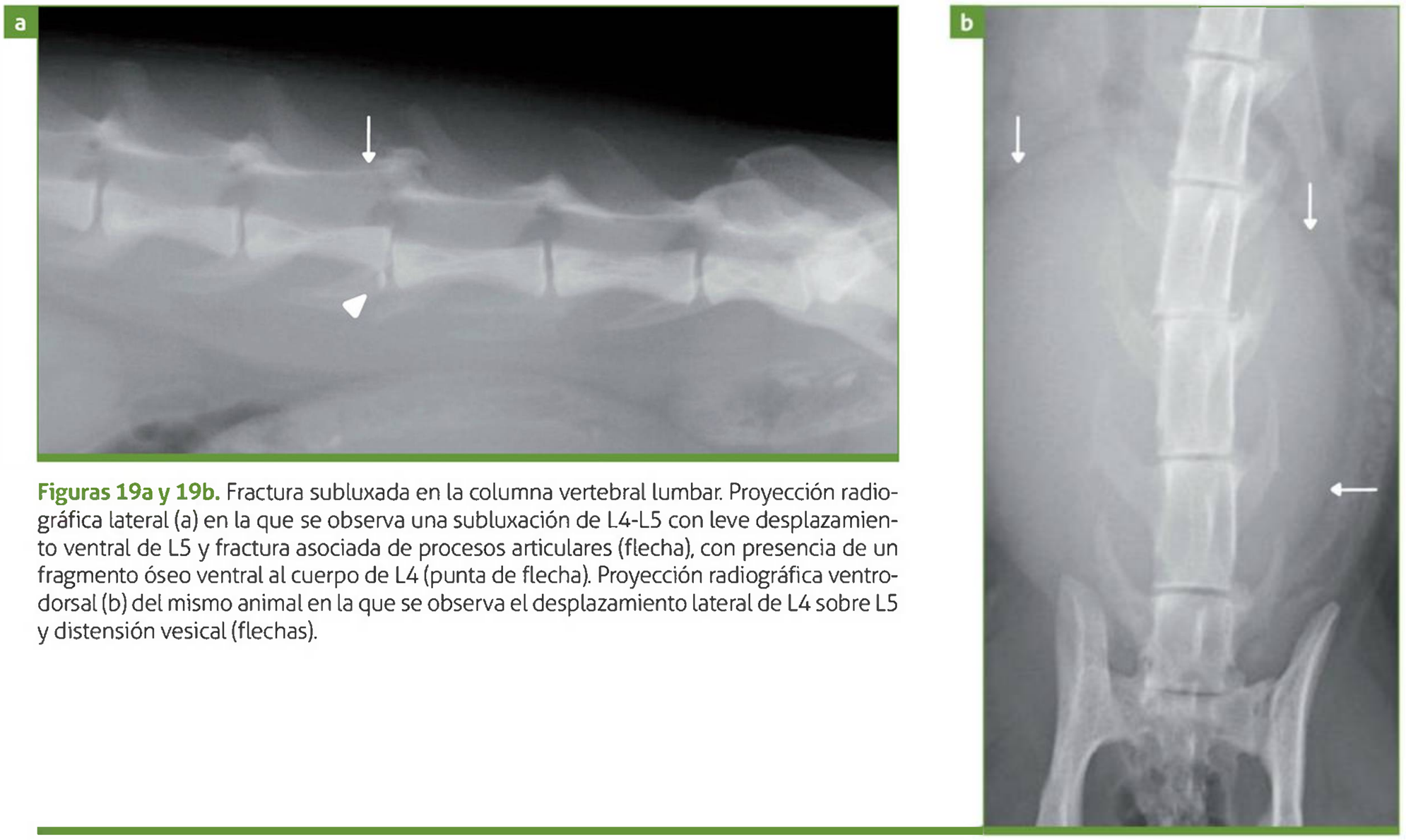
Traumatismos

Los traumatismos sobre la columna vertebral originan lesiones en el parénquima medular, además de las correspondientes alteraciones en la estructura ósea espinal. Las radiografías deben realizarse, inicialmente, en posición lateral y cubrir la columna completa. Posteriormente se harán proyecciones oblicuas que permitan la visualización correcta de los procesos articulares y proyecciones ventrodorsales o dorsoventrales (en este punto es importante recordar que el manejo del paciente debe realizarse de manera cuidadosa, ya que se pueden agravar los signos neurológicos con la manipulación). La radiología convencional es valiosa para la caracterización de fracturas y subluxaciones que se pueden presentar tras un traumatismo en la columna vertebral (figs. 18 y 19). Sin embargo, aporta una información relativa para la definición precisa de lesiones que afectan al canal vertebral, como estrechamientos o desplazamientos de fragmentos óseos a su interior. Por ello, siempre que sea posible, se deben utilizar técnicas que permitan estudios multiplanares como la tomografía o la resonancia magnética.

La mielografía permite evaluar toda la médula espinal de manera relativamente sencilla, identificar laceraciones durales y descartar patologías asociadas. No obstante, requiere la inyección de contraste y una mayor manipulación del paciente que puede deteriorar el estado neurológico del mismo. Además, es insensible a la evaluación de lesiones intramedulares.



Figuras 18a y 18b. Fractura por compresión de L3: estudio radiológico convencional.
La proyección lateral (a) muestra una solución en la continuidad ósea corporal, con acortamiento en la longitud de L3 y una pérdida de alineación respecto de las vértebras adyacentes (luxación anterior por avulsión).
La proyección ventrodorsal (b) muestra un acortamiento del cuerpo vertebral de L3. Son evidentes, además, las fracturas de las apófisis transversas en el lado derecho (flechas).



Figuras 19a y 19b. Fractura subluxada en la columna vertebral lumbar. Proyección radiográfica lateral (a) en la que se observa una subluxación de L4-L5 con leve desplazamiento ventral de L5 y fractura asociada de procesos articulares (flecha), con presencia de un fragmento óseo ventral al cuerpo de L4 (punta de flecha). Proyección radiográfica ventrodorsal (b) del mismo animal en la que se observa el desplazamiento lateral de L4 sobre L5 y distensión vesical (flechas).

Debido a su gran sensibilidad en la detección de lesiones óseas, la TC es la técnica de elección en el examen preciso y detallado del paciente con traumatismos. Detecta fácilmente los fragmentos óseos localizados en el canal vertebral, la hemorragia aguda y las alteraciones en procesos articulares. Su limitación consiste en la escasa capacidad de detección de lesiones que afectan al parénquima medular (lesiones isquémicas o hemorrágicas) y en la detección de pequeñas cantidades de material discal que se haya extruido sin estar calcificado (fig. 20).

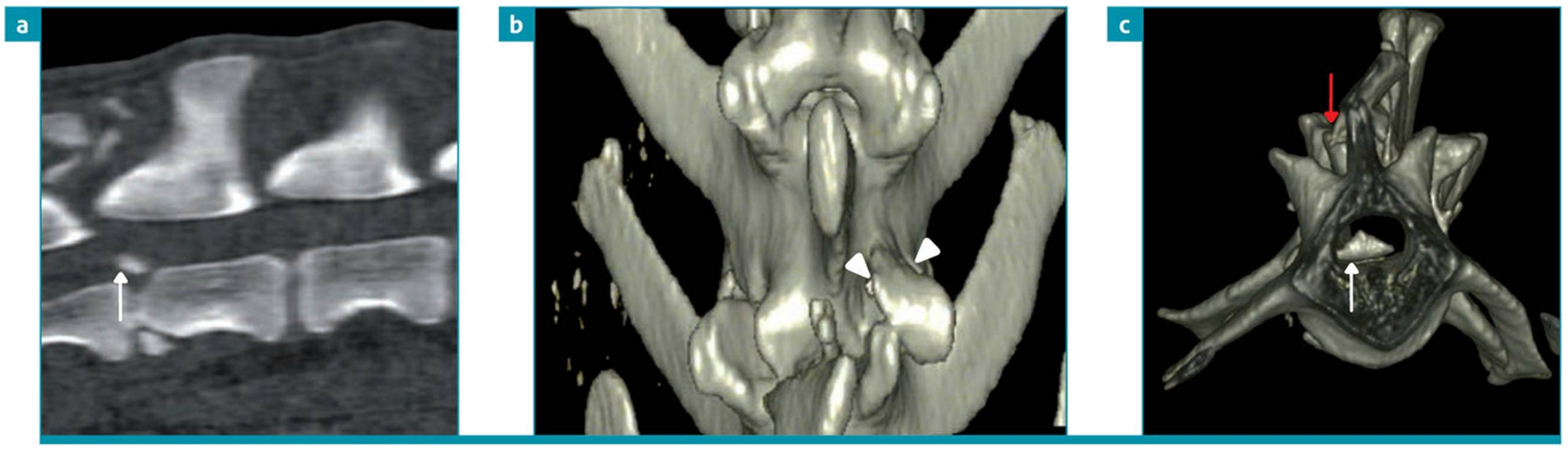


Figura 20. Tomografía computerizada de una fractura vertebral lumbar en un perro. Reconstrucción multiplanar sagital (a) en la que se observa la presencia de un fragmento óseo en el canal vertebral (flecha blanca). Visión dorsal de la reconstrucción tridimensional vertebral (b) en la que se observa la fractura de procesos articulares (puntas de flecha). Visión transversal de reconstrucción tridimensional vertebral (c) en la que se observa la presencia de material óseo en el canal vertebral (flecha blanca) así como una fractura de la apófisis espinosa (flecha roja). Imagen cedida por A. Cauduro.

La RM permite establecer la extensión de la lesión sobre el parénquima medular (la mielopatía se observa como una región de hiperintensidad intramedular en las secuencias ponderadas en T2) y la presencia de lesiones epidurales asociadas al traumatismo, hematomas y fragmentos óseos. El inconveniente radica en que no es tan sensible como la TC para la detección de lesiones óseas (fig. 21). La introducción de contraste paramagnético intratecal, y el posterior estudio de RM ponderado en T1 con saturación grasa, permite el reconocimiento de fístulas postraumáticas, pseudomeningoceles y laceraciones del plexo braquial.

En una situación ideal se recomienda la realización tanto de tomografía como de resonancia magnética.

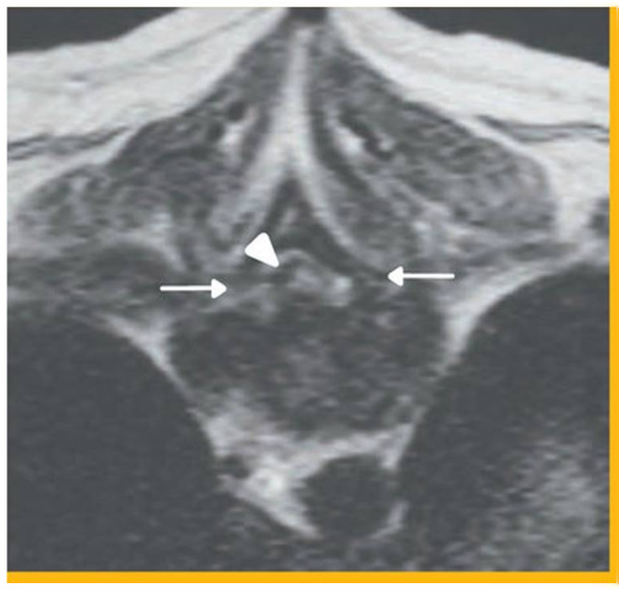


Figura 21. Imagen de resonancia magnética en sección transversal en la que se muestra una lesión traumática a nivel del disco intervertebral T10-T11 observándose la rotura de los pedículos vertebrales (flechas) y la presencia de material discal en posición dorsolateral a la médula (punta de flecha), la cual presenta signos de compresión con incremento de intensidad de señal

Anomalías congénitas

Existe una gran variedad de anomalías congénitas que pueden afectar a la columna vertebral en el perro y el gato, que muchas veces no dan lugar a signos clínicos sino que se diagnostican de manera accidental cuando se realizan estudios radiográficos por otros motivos. Es importante que cuando se encuentren malformaciones vertebrales en pacientes con signos de lesión medular, no se atribuyan directamente los signos clínicos a la presencia de la malformación.

Luxación atlantoaxial

Tiene una mayor incidencia en razas caninas miniatura (Yorkshire Terrier, Shih-Tzu, etc.) y se origina por una alteración en la formación del diente del axis, que puede estar ausente (agenesia), hipoplásico o no fusionado con el cuerpo de C2. Esta malformación provoca que la articulación atlantoaxial quede inestable, haciendo que la flexión entre C1 y C2 sea mayor de lo normal. Esta distancia entre C1 y C2 no debe ser mayor a 2 o 3 mm (fig. 22). El diagnóstico es fundamentalmente radiológico, necesitándose dos proyecciones: una lateral que confirme la presencia de inestabilidad atlantoaxial y una proyección ventrodorsal o lateral oblicua con extensión ligera del cuello, que permita la visualización del diente del axis.

Estos animales presentan con relativa frecuencia otras malformaciones (displasia occipital, hidrocefalia, siringomielia, etc.), por lo que antes de un tratamiento quirúrgico puede ser recomendable realizar pruebas de imagen mas específicas (TC o RM) en columna cervical y cráneo para la detección de estos posibles problemas asociados.

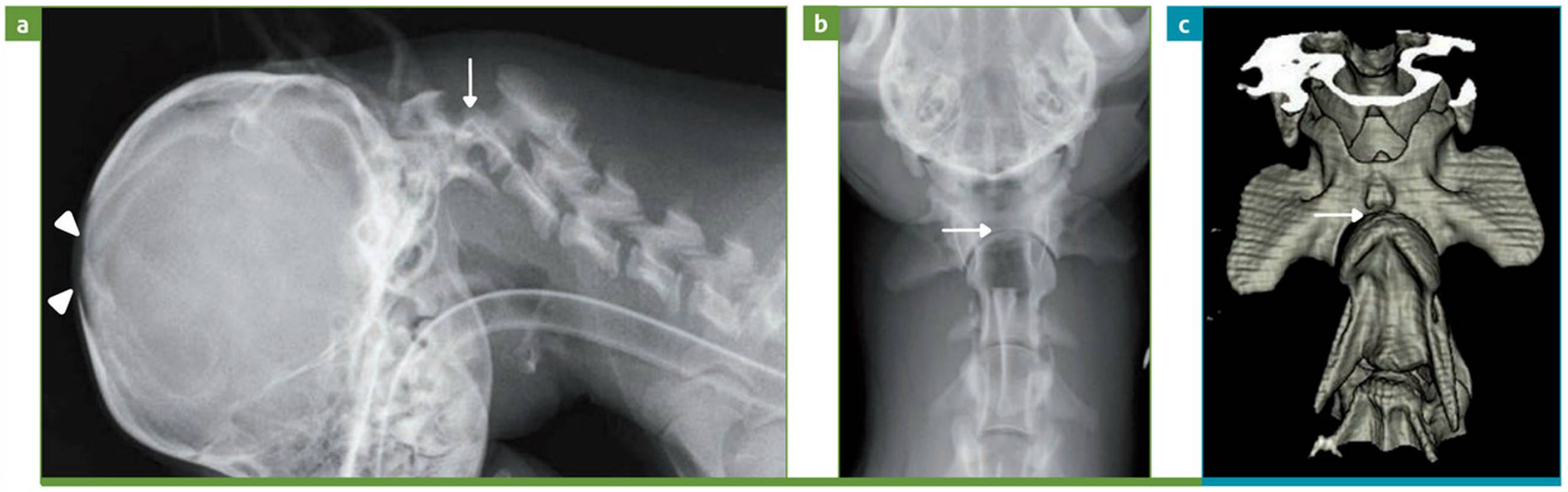


Figura 22. Proyección radiográfica lateral de la columna cervical en un cachorro con luxación atlantoaxial (a). Obsérvese la gran distancia existente entre el atlas y la apófisis espinosa del axis, así como la extrema angulación del cuerpo del axis y la ausencia de apófisis odontoides (flecha). Asimismo, es evidente la falta de osificación de las suturas craneales (puntas de flecha), que sugiere hidrocefalia. Proyección radiográfica ventrodorsal en un animal distinto (b) en la que se observa de igual manera la ausencia del diente del axis (flecha). Reconstrucción tomográfica tridimensional (c) de un animal con agenesia del diente del axis (flecha). Imagen cedida por A. Cauduro.

Hemivértebras

Se producen por un defecto en la formación de una parte de la vértebra. Dependiendo de la parte afectada puede presentarse como una vértebra terminada en cuña con la base orientada dorsal, medial o ventralmente. Un defecto en la formación de la porción central de la vértebra da lugar a dos hemivértebras (derecha e izquierda), que se conoce con frecuencia como una vértebra en forma de "mariposa" (fig. 23). Los defectos en la segmentación vertebral se suelen producir en varios niveles de la columna y, frecuentemente, están asociados a otras malformaciones como los quistes aracnoideos y el disrafismo espinal. Todas estas alteraciones dan lugar a angulaciones anómalas de la columna (cifosis, escoliosis y/o lordosis).

El diagnóstico es, fundamentalmente, radiológico. Las caras articulares del cuerpo vertebral son lisas y pueden estar escleróticas. Las vértebras adyacentes tienen una morfología levemente alterada. Los estudios de tomografía y sus reconstrucciones tridimensionales permiten una visualización muy precisa de las lesiones vertebrales, teniendo que recurrir a la mielografía o la resonancia para verificar una compresión medular asociada a una malformación vertebral. Es muy frecuente que el canal vertebral sea más estrecho de lo habitual sin que ello tenga repercusiones clínicas.

Figura 23. Proyección radiográfica ventrodorsal de la columna torácica en un perro con hemivertebra en el cuerpo de T11 (flecha) que adopta una forma típica de "mariposa". Obsérvese, además, la falta de continuidad segmentaria con T10 (puntas de flecha) y la subluxación costovertebral izquierda.

Vértebra bloque

Es un defecto en la segmentación de la columna vertebral originado durante el periodo de formación de la misma, lo que provoca la fusión o sinostosis de dos cuerpos vertebrales adyacentes. La mayoría de las veces carece de significación clínica pero parece estar asociado a una mayor incidencia de patología discal en los espacios intervertebrales adyacentes, supuestamente debido a una mayor carga de fuerzas sobre estos discos por la inmovilidad de la vértebra bloque. En la mayoría de las ocasiones la longitud de la vértebra resultante es menor que la correspondiente a los dos segmentos en condiciones normales y suelen presentar una angulación anómala. Asimismo, en la evolución y resolución final de una discoespondilitis o un traumatismo puede existir la fusión de dos vértebras contiguas, formándose así una vértebra bloque de origen no congénito (fig. 24).

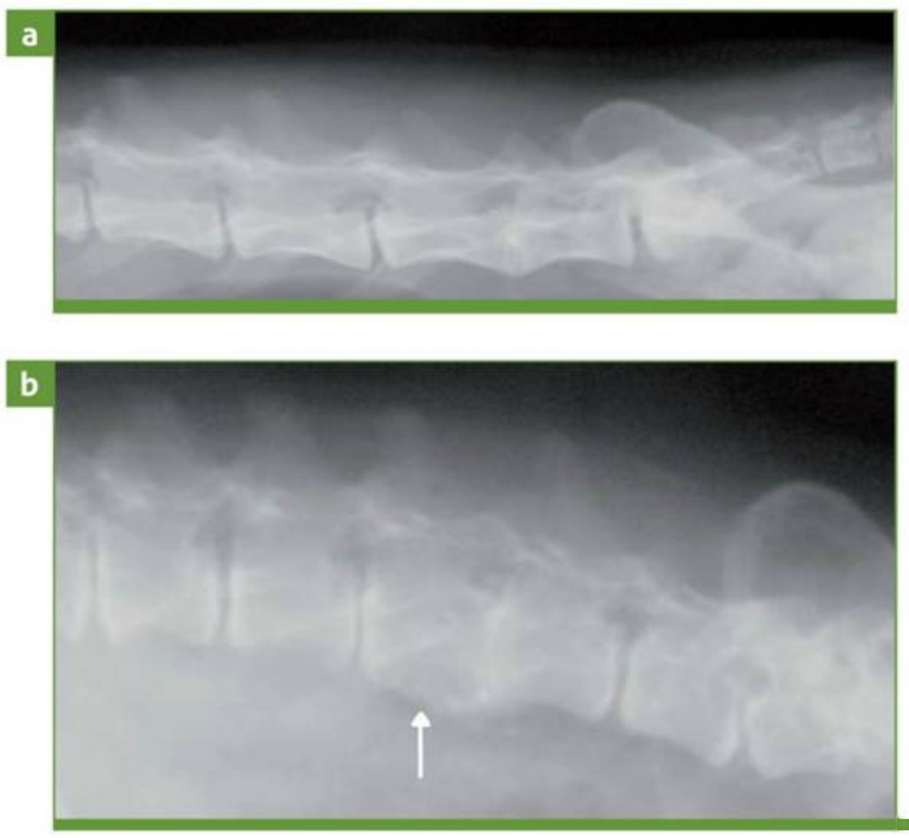


Figura 24. Proyección radiográfica lateral de la columna de un gato (a) en la que se observa una fusión congénita de los cuerpos vertebrales L6-L7 (vértebra bloque). Proyección radiográfica lateral de la columna de un perro (b) en la que se observa una fusión de los cuerpos vertebrales L4-L5 con espondiloartrosis asociada (flecha). Esta imagen sugiere la presencia de una inestabilidad articular previa por discoespondilitis (sinostosis vertebral adquirida).

Vértebra de transición

Se localiza habitualmente entre las diferentes secciones de la columna vertebral (especialmente en la zona lumbosacra y la unión toracolumbar), y se caracteriza por tener características morfológicas de las vértebras correspondientes a dos segmentos espinales distintos. En una vértebra de transición lumbosacra se puede encontrar:

- La apófisis espinosa de la primera vértebra sacra separada de la cresta del sacro.
- Una formación incompleta del disco intervertebral (más estrecho de lo normal) craneal al sacro.
- Alteraciones morfológicas o asimetría de las apófisis transversas de la última vértebra lumbar, que pueden tener contacto con las alas del ilion.
- Rotación de la última vértebra lumbar sobre su eje vertical y alteraciones en la unión sacroilíaca (fig. 25).

Los animales con vértebras de transición lumbosacra presentan una incidencia mayor y más temprana de patologías relacionadas con la cauda equina.

Figura 25. Proyección radiográfica ventrodorsal de la columna vertebral lumbosacra en un perro con vértebra de transición. Obsérvese la ausencia de la apófisis transversa derecha de la última vértebra lumbar (flecha blanca). Además, se aprecia una mayor longitud de la unión sacroilíaca en el lado derecho (puntas de flecha). El sacro presenta dos únicas apófisis espinosas fusionadas. El disco intervertebral lumbosacro no está completamente formado (flecha negra).

Una forma especial de vértebra de transición es la malformación occipito-atlantoaxial, en el que el atlas, que tiene un tamaño menor del habitual, queda fusionado con el hueso occipital y el axis presenta una hipoplasia de la apófisis transversa y del diente.

Espondilomielopatía cervical caudal

También llamada malformación o mala articulación vertebral cervical (MMVC), inestabilidad vertebral cervical o **síndrome de Wobbler**. Las razas que con mayor frecuencia se ven afectadas son el Dogo Alemán y el Doberman, aunque se puede encontrar en otras razas de gran tamaño como el Boyero de Berna. Las alteraciones presentes en la columna vertebral de animales con MMVC son:

1. Malformaciones vertebrales con estenosis del foramen vertebral secundaria al acortamiento de los pedículos y/o a un mal alineamiento de los cuerpos vertebrales.
2. Degeneración crónica del disco intervertebral que da lugar a protrusión o extrusión discal.
3. Hipertrofia de ligamentos longitudinal dorsal e interarcuato.
4. Remodelación de la lámina vertebral.
5. Proliferación de la cápsula articular con posible formación de quistes.
6. Osteoartrosis de los procesos articulares (fig. 26).

En el Dogo Alemán predominan las malformaciones que incluyen estenosis del canal vertebral, las cuales producen signos clínicos mientras el animal es joven. En el Doberman, sin embargo, los cambios aparecen de manera tardía y generalmente están asociados a cambios degenerativos discales.

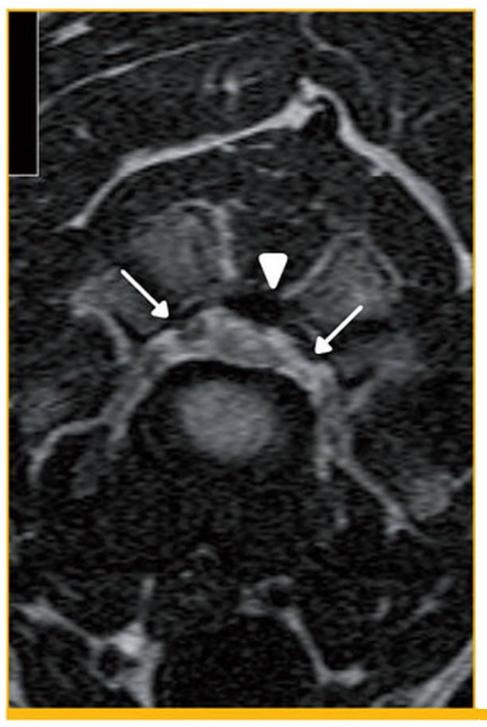


Figura 26. Espondilomielopatía cervical caudal en un perro. Imagen de resonancia magnética en sección transversal ponderada en T2 a través de C3-C4.. Nótese la presencia de cambios degenerativos hipertróficos (artrosis) en los procesos articulares (flechas) y lámina vertebral (punta de flecha), y la hipertrofia de ligamento amarillo que produce compresión de la médula espinal, presentando prolongación de los tiempos de relajación (hiperintensidad). El disco intervertebral es aparentemente normal.

Los cambios observados en la radiología convencional no son suficientes para determinar la extensión de la lesión y se requieren estudios que permitan evaluar el grado de compresión medular. Hasta la llegada de las nuevas técnicas de diagnóstico por imagen multiplanares, se consideraba a la mielografía como el método de elección para la evaluación de los pacientes con MMVC, ya que permite determinar si la lesión es estática o dinámica. Para ello se realizan proyecciones radiográficas laterales tras la mielografía en posición neutral, flexión, extensión y tracción. Estos datos son importantes para un plan quirúrgico ya que las lesiones dinámicas se deben estabilizar, mientras que esto no es necesario con las lesiones estáticas. La TC es muy útil en combinación con la mielografía, ya que permite una determinación precisa del grado de estenosis del canal vertebral, mientras que la RM permite evaluar el grado de compromiso medular, la hipertrofia de tejidos blandos y la formación de quistes.

Exóstosis cartilaginosa múltiple

Son proliferaciones de hueso y cartílago que se producen por una localización anómala de los condrocitos de las placas de crecimiento del hueso. Suelen ser múltiples y afectar a huesos largos y costillas, además de a las vértebras.

Neoplasias

Los tumores óseos primarios malignos más frecuentes en la columna vertebral son los osteosarcomas, fibrosarcomas y condrosarcomas. Otros tumores que pueden afectar a las vértebras son los mielomas múltiples, linfomas, hemangiosarcomas, angiolipomas, etc. La mayoría de estos tumores son diagnosticados en función de los hallazgos radiológicos, que incluyen: cambios líticos vertebrales en ocasiones acompañados por remodelación perióstica y formación de nuevo hueso. Generalmente afectan a una única vértebra, respetando el disco intervertebral, por lo que pueden ser diferenciados de las discoespondilitis, aunque este hecho no es siempre constante. La vértebra afectada puede fracturarse (generalmente fracturas por compresión).

La mielografía y la TC permiten delimitar el grado y nivel de la compresión medular, pero no los cambios en el parénquima medular. La utilización de contraste yodado ayuda a localizar las zonas con mayor alteración vascular asociada al tumor (fig. 27).

Figura 27. Proyección radiográfica lateral de la columna lumbar tras una mielografía en la que se observa una disminución de la densidad ósea en los procesos articulares de L2-L3 (flecha), asociada a un desplazamiento ventral de la columna dorsal de contraste (puntas de flecha) en el aspecto caudal del cuerpo vertebral, compatible con una lesión extradural alejada del espacio intervertebral. Este patrón mielográfico es compatible con una neoplasia vertebral. Imagen cedida por A. Cauduro.

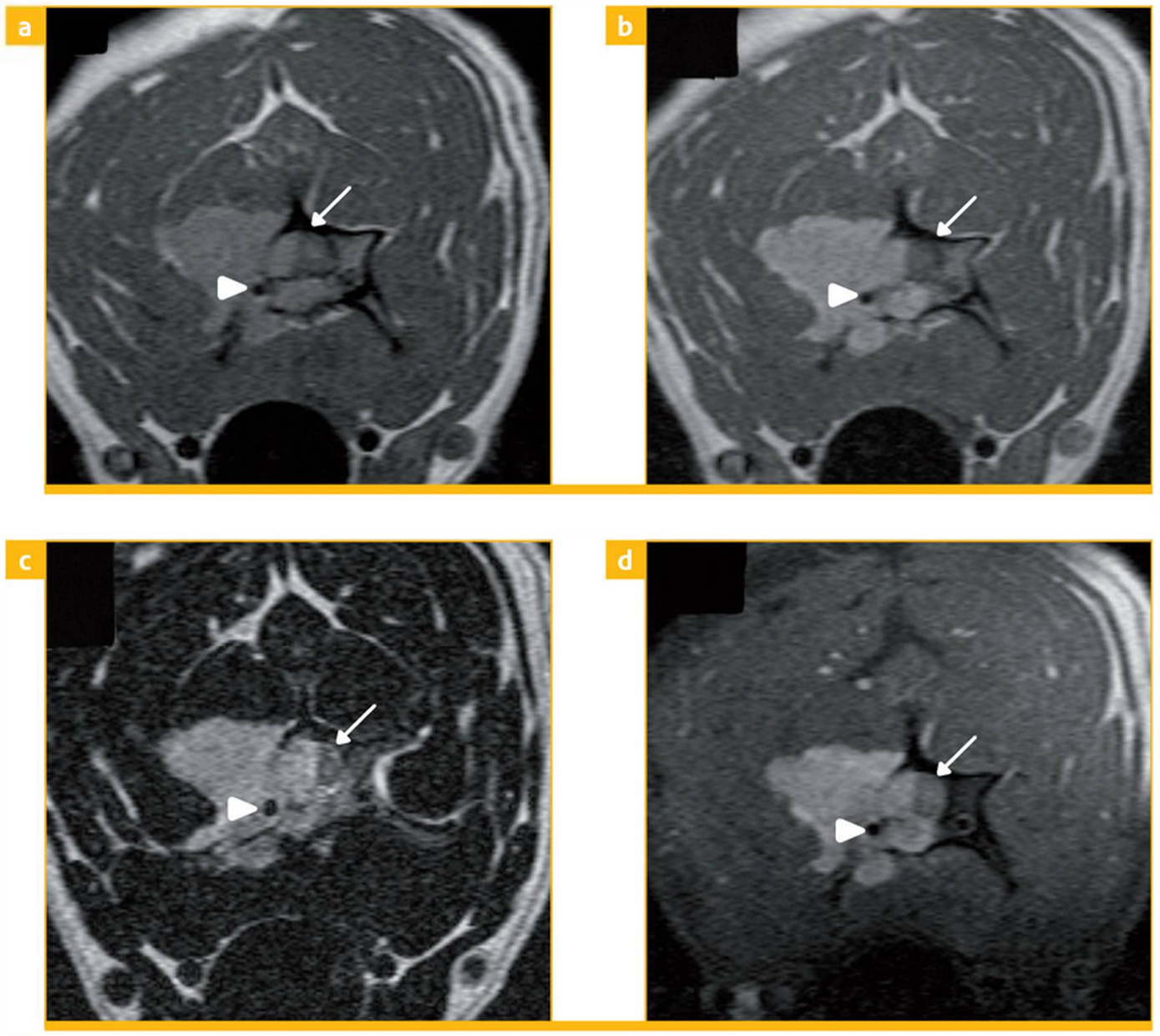


Figura 28. Neoplasia vertebral con invasión del canal vertebral. Imágenes de resonancia magnética en secciones transversales a través del cuerpo de C4, ponderadas en T1 antes (a) y después (b) de la administración de contraste paramagnético, en T2 (c) y tras supresión de grasa (d).

Obsérvese como la masa paravertebral derecha afecta al arco de la vértebra e infiltra el canal vertebral comprimiendo la médula (flechas). Dicha masa engloba a la arteria vertebral (puntas de flecha) y se realza tras la administración de contraste.

En la resonancia magnética los tumores óseos presentan una apariencia muy heterogénea, dependiendo en muchos casos del componente principal del tumor (grasa, sangre, calcio, etc.) que hace que tengan señales diferentes en las secuencias principales. En el estudio de lesiones neoplásicas de la columna es imprescindible la realización de secuencias T1 antes y después de la administración de contraste paramagnético. Las secuencias de saturación de grasa después de la administración de contraste permiten una mayor y mejor delimitación del tumor, diferenciando la señal de la médula ósea (cuyo componente es fundamentalmente grasa y, por tanto, se suprime) de la señal hiperintensa de los tumores que han captado contraste (fig. 28).

Los mielomas múltiples son tumores de células redondas que frecuentemente afectan a la columna vertebral, produciendo lesiones destructivas de hueso en múltiples vértebras (aunque también pueden ser únicos).

Procesos degenerativos

Espondilosis o espondiloartrosis

Se denomina espondilosis a la creación de nuevo hueso en la zona ventral del cuerpo vertebral, y que da lugar a proliferaciones óseas hipertróficas, especialmente en los vértices de los cuerpos vertebrales, deformando el aspecto ventral y lateral de las vértebras. Se considera que la espondiloartrosis es consecuencia de una degeneración intervertebral crónica, con rotura de las fibras ventrales del anillo fibroso, que dan lugar a una reacción inflamatoria que, de manera secundaria, hace que se forme nuevo hueso. Puede ir acompañada o no de una disminución del espacio intervertebral y protrusión discal (figs. 29 y 30).

Disminución del espacio intervertebral

La disminución de los espacios intervertebrales se produce en multitud de patologías que afectan al disco intervertebral, especialmente extrusiones discales y procesos infecciosos (en los cuales está acompañado de lisis de la placa terminal) (figs. 30 y 32).

Enfermedad degenerativa de procesos articulares

Los cambios degenerativos o artrosis de los procesos articulares dan lugar a hipertrofias y osteofitos periarticulares, que pueden originar compresión de la médula espinal de manera simétrica o asimétrica (fig. 29). Se han descrito alteraciones en la formación de los procesos articulares y quistes sinoviales compresivos que surgen desde las articulaciones al interior del canal vertebral.

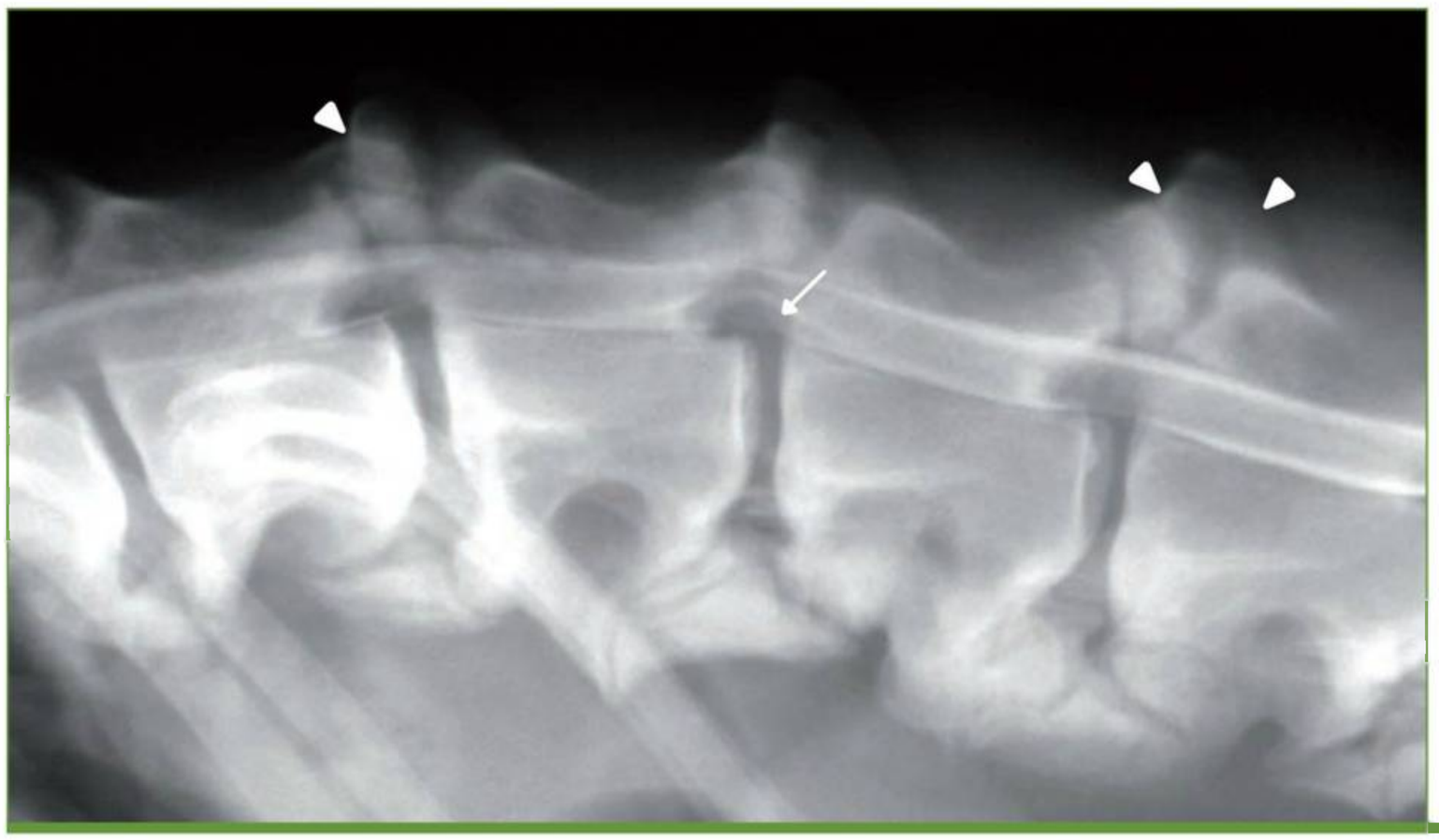


Figura 29. Espondiloartrosis deformante grave con fenómeno compresivo medular asociado. Proyección radiográfica lateral de la columna lumbar en la que se observan puentes óseos ventrales neoformados entre T12 y L3, con compresión medular extradural asociada a nivel del espacio intervertebral L1-L2 (flecha). Nótense las dimensiones normales del espacio intervertebral responsable de la compresión. Se observan cambios degenerativos en los procesos articulares (puntas de flecha). Imagen cedida por A. Cauduro.

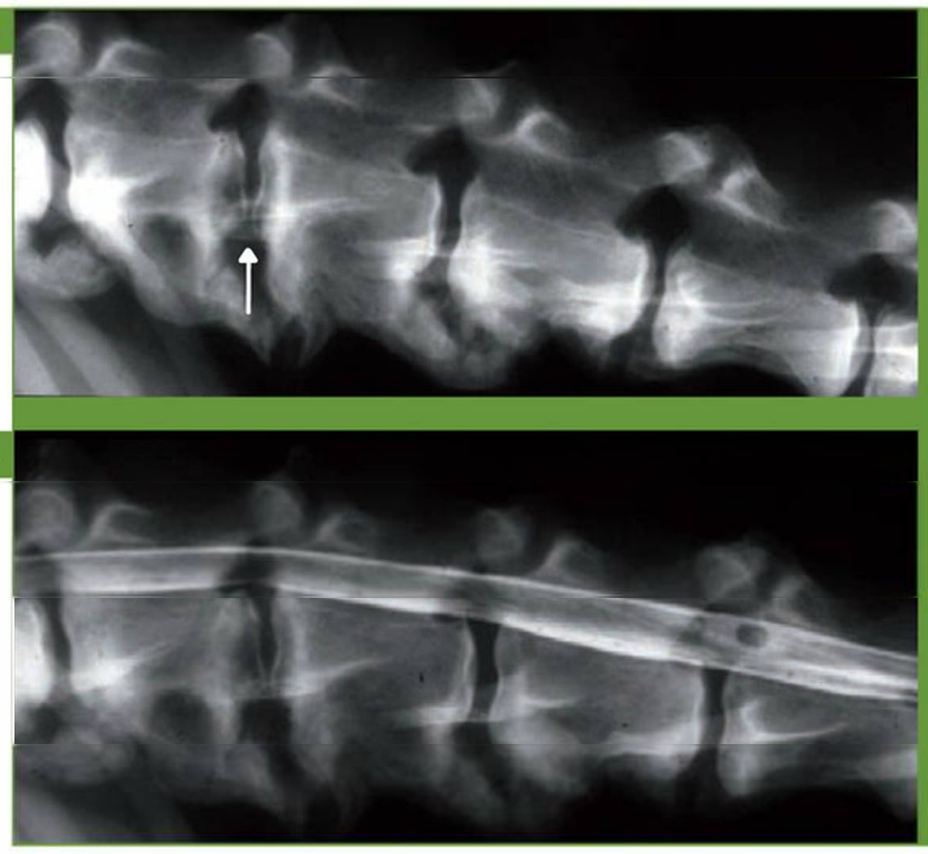


Figura 30. Signos radiológicos de inestabilidad vertebral sin fenómeno compresivo medular asociado. Proyecciones radiográficas laterales de la columna lumbar en vacío (a) y con contraste yodado en el espacio subaracnoideo (b) mostrando la grave deformación del aspecto ventral de las articulaciones de los cuerpos vertebrales entre L1 y L4 y la disminución del espacio intervertebral L2-L3 (flecha), compatible con espondiloartrosis muy grave y extrusiones discales múltiples con probable fenómeno compresivo L2-L3. Sin embargo, obsérvese como en la mielografía correspondiente (b) se descarta la presencia de fenómenos compresivos medulares confirmándose la permeabilidad del canal vertebral.

Cambios óseos degenerativos

Mediante resonancia magnética se pueden detectar alteraciones en la estructura interna del cuerpo vertebral con una diferente combinación de señal cuando se comparan las secuencias principales (cambios tipo Modic I, II y III) (fig. 31).

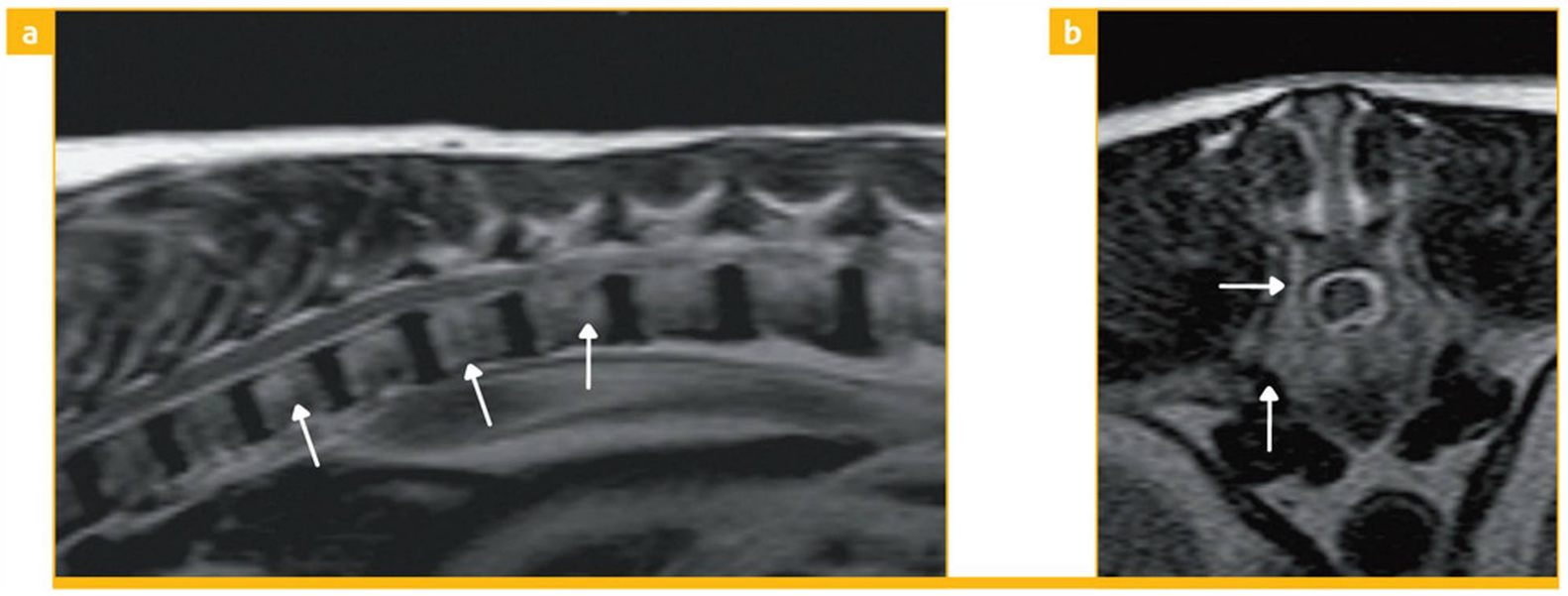


Figura 31. Cambios inespecíficos en la señal de resonancia magnética en la médula ósea. Imágenes sagital (a) y transversal (b) ponderadas en T2 de un animal con alteraciones en la señal en numerosos cuerpos vertebrales (flechas), compatibles con un proceso degenerativo. Nótese que estos cambios sólo afectan a la intensidad de señal y no modifican la morfología de la vértebra. Para una evaluación completa de señal de la médula ósea es necesario comparar las secuencias principales y, en ocasiones, añadir estudios con contraste paramagnético y supresión de grasa o secuencias STIR, ya que numerosos procesos infiltrativos hematológicos, pero también infecciosos, pueden modificar la señal de la médula ósea.

Enfermedad intervertebral discal

La enfermedad intervertebral discal es la patología neurológica que afecta con mayor frecuencia a los perros. Tradicionalmente se han diferenciado dos tipos de procesos degenerativos en el disco intervertebral: la **degeneración condroide** característica de razas condrodistróficas, y la **degeneración fibrinoide** característica de razas grandes. Esta degeneración puede hacer que el disco intervertebral se hernie y comprima la médula espinal, produciendo así los síntomas. Los animales con degeneración condroide del disco intervertebral sufren, generalmente, extrusiones discales (hernia Hansen tipo I) en las que el núcleo pulposo degenerado (normalmente calcificado) sale del disco intervertebral hacia el canal vertebral a través de una rotura dorsal del anillo fibroso. Los animales con degeneración fibrinoide del disco intervertebral suelen presentar protrusiones (hernia Hansen tipo II), en las que no hay rotura del anillo fibroso y, por tanto, no hay salida de núcleo pulposo al canal vertebral. Las extrusiones discales suelen ser de aparición aguda, mientras que las protrusiones son de aparición generalmente crónica.

Los cambios sugerentes de herniación discal observados mediante radiología convencional son:

- Disminución del espacio intervertebral y de los procesos articulares (fig. 32).
- Calcificación de discos intervertebrales.
- Presencia de material calcificado en el canal vertebral.
- Incrementos en la densidad en el área del foramen intervertebral (fig. 30).

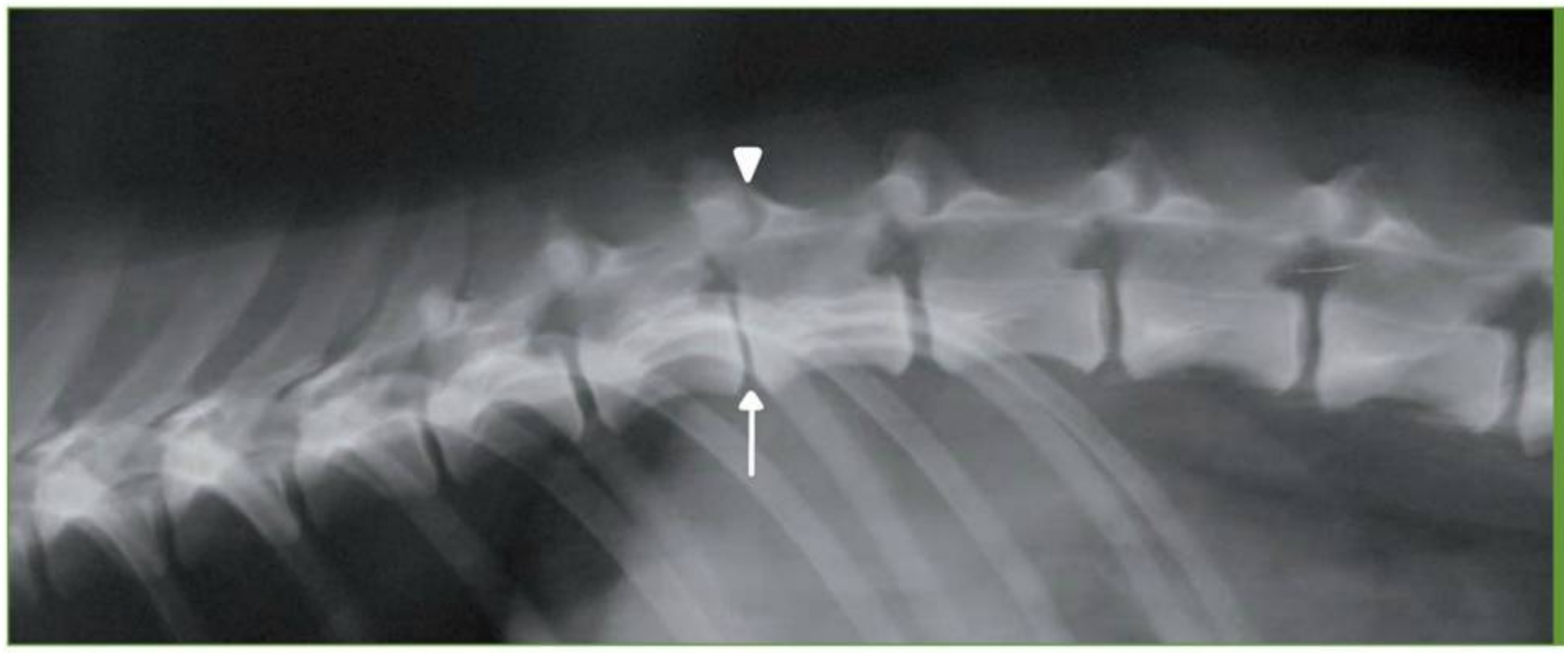


Figura 32. Disminución del espacio intervertebral: estudio radiológico convencional. Proyección lateral de la columna toracolumbar. Obsérvese la disminución del espacio intervertebral T12-T13 (flecha) y la estenosis del foramen intervertebral (punta de flecha).

Estos cambios sólo permiten determinar con exactitud el lugar de la hernia discal en un porcentaje incierto de casos, por lo que es necesaria la realización de otras pruebas. La mielografía permite la determinación del lugar afectado en la mayoría de los casos (aproximadamente en un 90% de las ocasiones) (figs. 9a y 9b), pero la interpretación y la determinación del lado afectado es, en ocasiones, difícil y su sensibilidad baja drásticamente en los casos de pluripatología asociada.

La TC sin contraste permite detectar el material discal calcificado en un alto porcentaje de los animales con extrusiones discales agudas (fig. 33). La combinación de mielografía y TC en el resto de los casos permite localizar la lesión en la mayoría de las ocasiones (fig. 34).

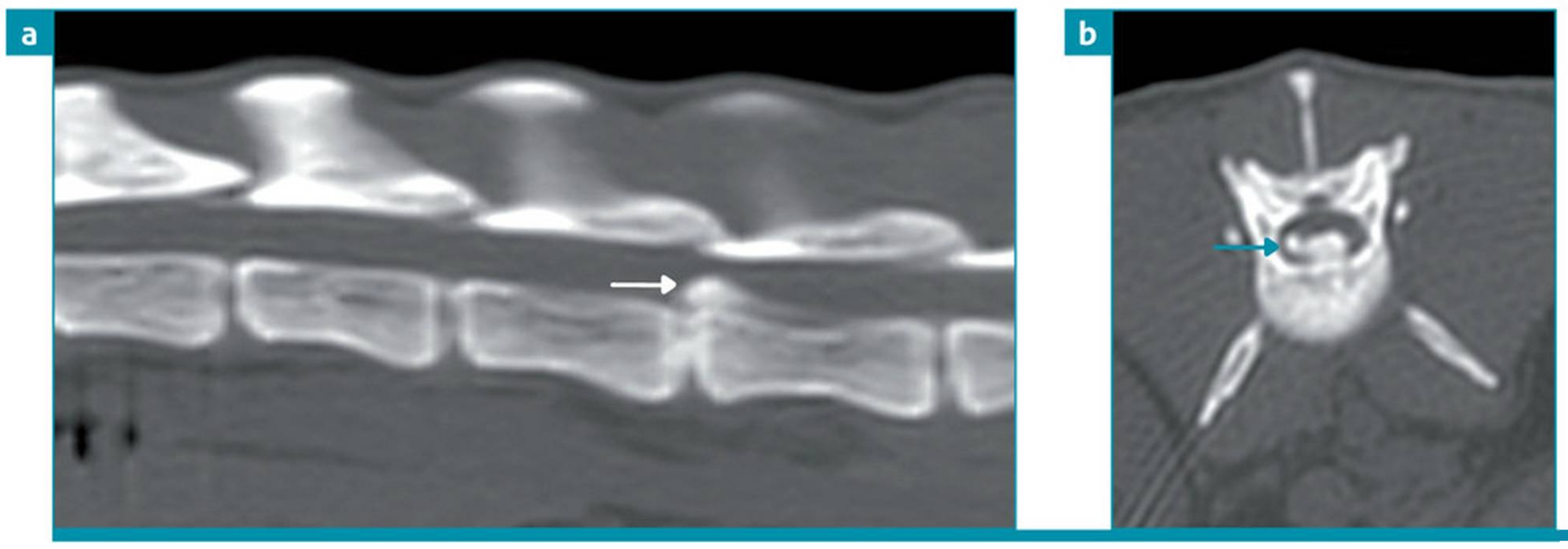


Figura 33. Reconstrucción tomográfica sagital de la columna lumbar de un gato (a) mostrando una hernia discal en la que se observa material discal calcificado (flecha). Imagen tomográfica transversal (b) en la que se observa el material discal extruido que invade el canal vertebral (flecha) y comprime la médula espinal.

Figura 34. Hernia discal. Proyección radiográfica lateral de la columna cervical en un perro tras la mielografía (a) en la que se observa la elevación de la columna ventral de contraste a nivel de C2-C3. Es evidente, además, la presencia de material discal calcificado (flecha). Imagen tomográfica transversal a nivel de C2-C3 (b). Se observa la obliteración ventral de la línea de contraste y el desplazamiento dorsal de la médula espinal por la presencia de material discal calcificado en el canal vertebral (flecha).

No obstante, la resonancia magnética es, hoy por hoy, la técnica de elección en la detección de patología discal ya que permite, además de detectar cambios degenerativos iniciales en el disco intervertebral (evidenciados por hipointensidad en las secuencias principales), la determinación de patología epidural asociada a la herniación discal (hemorragia o inflamación), y los cambios en la señal de la médula espinal que tienen una relación directa con el pronóstico. Aún más importante es el hecho de que si el animal objeto de estudio no presenta una hernia discal, esta técnica permite detectar con mayor fiabilidad que ninguna otra prueba la alteración morfológica subyacente.

Los signos típicos de una hernia discal en las imágenes de resonancia magnética consisten en la presencia de una masa polipoidea en contigüidad con el disco intervertebral, con hipo o isointensidad en las secuencias ponderadas en T1 y T2, y que puede presentar leve captación de contraste (fig. 35). En ocasiones, el material discal puede migrar, quedando desplazado del disco intervertebral de donde se ha extruido. En nuestra experiencia es frecuente observar extrusiones discales en las que la señal de la lesión epidural no es la típica. Estos casos los denominamos extrusiones discales complicadas porque los cambios hemorrágicos e inflamatorios pueden alterar los signos radiológicos, haciendo que el material discal quede, incluso, enmascarado por los mismos. En estos casos se pierde la señal hipointensa en las secuencias ponderadas en T2 (se observan, por tanto, lesiones hiperintensas o heterogéneas en esta secuencia) y presentan una intensidad variable en las secuencias ponderadas en T1, pudiendo haber o no captación de contraste (fig. 36).

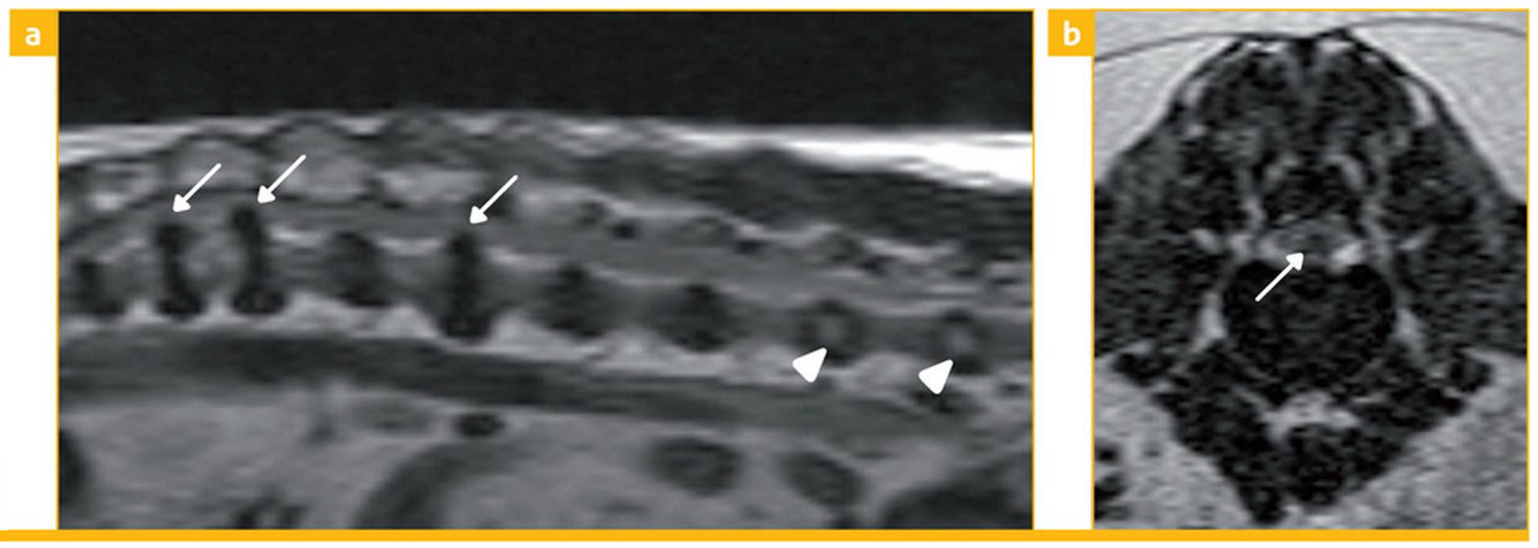


Figura 35. Hernia discal lumbar en un perro. Imágenes de resonancia magnética ponderadas en T2 en secciones sagital (a) y transversal (b). Obsérvese la presencia de material discal con hipointensidad de señal, que protruye hacia el canal vertebral y desplaza la médula espinal (flechas). Compárese la señal del disco intervertebral degenerado con la de los discos intervertebrales aparentemente sanos (núcleo pulposo hiperintenso) (puntas de flecha).

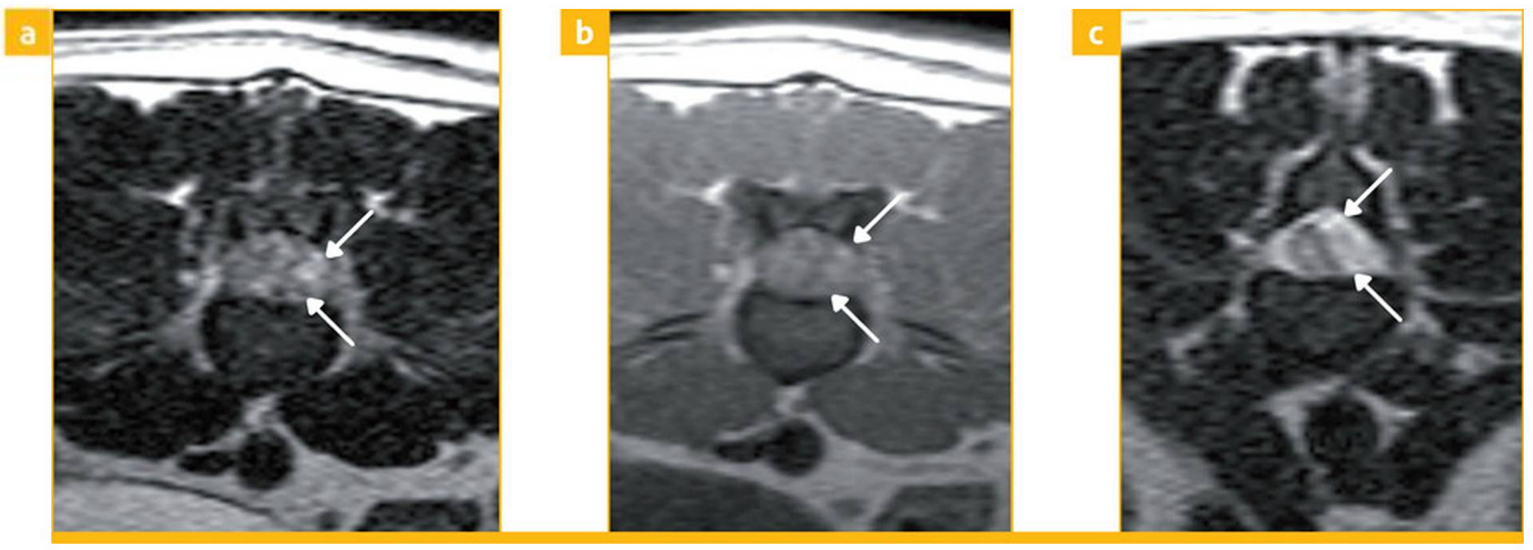


Figura 36. Hernia discal lumbar complicada. Imágenes de resonancia magnética en sección transversal ponderadas en T2 (a) y T1 (b) a través del disco intervertebral L3-L4. Se observa una masa epidural adyacente al disco intervertebral con heterogeneidad de señal en las secuencias T1 y T2 (flechas). Imagen de resonancia magnética en sección transversal en L4-L5 ponderada en T2 (c) en la que se observa una masa epidural dorsolateral derecha con hiperintensidad de señal (flechas). El examen histopatológico de estas lesiones demostró que era material discal asociado a un componente hemorrágico.

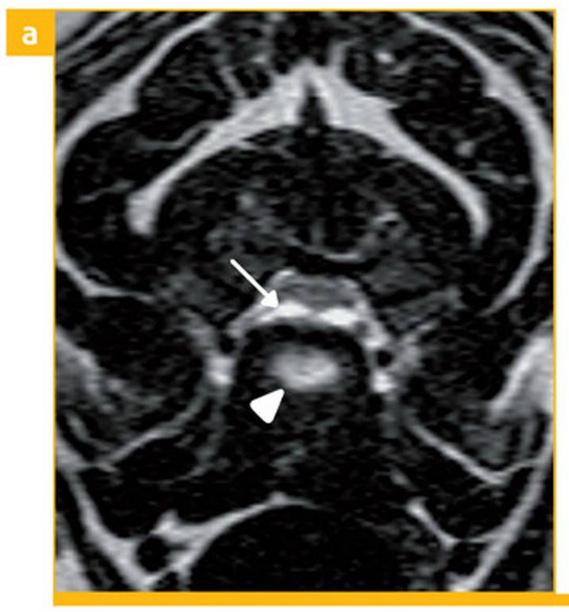
En la columna cervical se ha descrito la presencia de masas epidurales adyacentes al disco intervertebral que presentan hiperintensidad de señal en las secuencias T2. Se describen como quistes espinales ventrales y se cree que tienen relación con procesos degenerativos del disco intervertebral, pero su etiología concreta es todavía desconocida (fig. 37).

Enfermedad lumbosacra

En la enfermedad lumbosacra existe una compresión de las raíces nerviosas producida por una estenosis del canal vertebral. Esta estenosis puede ser congénita u originada por procesos degenerativos como extrusiones o protrusiones discales, hipertrofia de ligamentos o formación de nuevo hueso.

Los cambios radiológicos más frecuentemente encontrados son: espondilosis de la articulación, esclerosis, alineación deficiente de los bordes articulares y osteocondrosis del sacro. (fig. 38).

La interpretación de la mielografía en animales con enfermedad lumbosacra es complicada y muchos autores consideran que esta técnica no ofrece resultados fiables para la interpretación de los cambios producidos en el espacio lumbosacro. En aquellas ocasiones en las que se utilice se recomienda la realización de radiografías de estrés con flexión y extensión de la articulación.



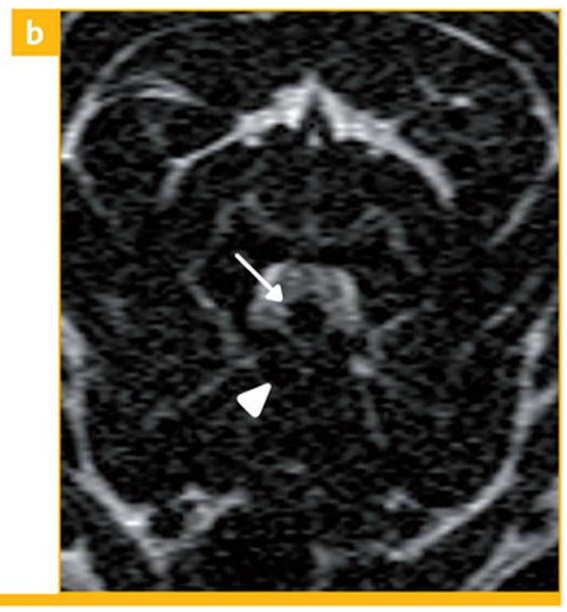


Figura 37. Quiste espinal ventral cervical en el perro. Imágenes de resonancia magnética en secciones transversales a través del disco intervertebral C5-C6 en dos pacientes distintos. Obsérvese la presencia de material discal extruido en el canal (flechas) que presenta una intensidad de señal variable según pacientes -hiperintenso en (a) e hipointenso en (b)-. La médula espinal se encuentra elevada y en contacto con el techo del canal en ambos casos. Estos cambios pueden deberse a un plexo venoso ingurgitado, pero por el momento se desconoce su etiología precisa. Nótese, además, que el disco intervertebral en (a) no está degenerado (núcleo pulposo hiperintenso, punta de flecha), mientras que en (b) sí que lo está (hipointenso, punta de flecha).

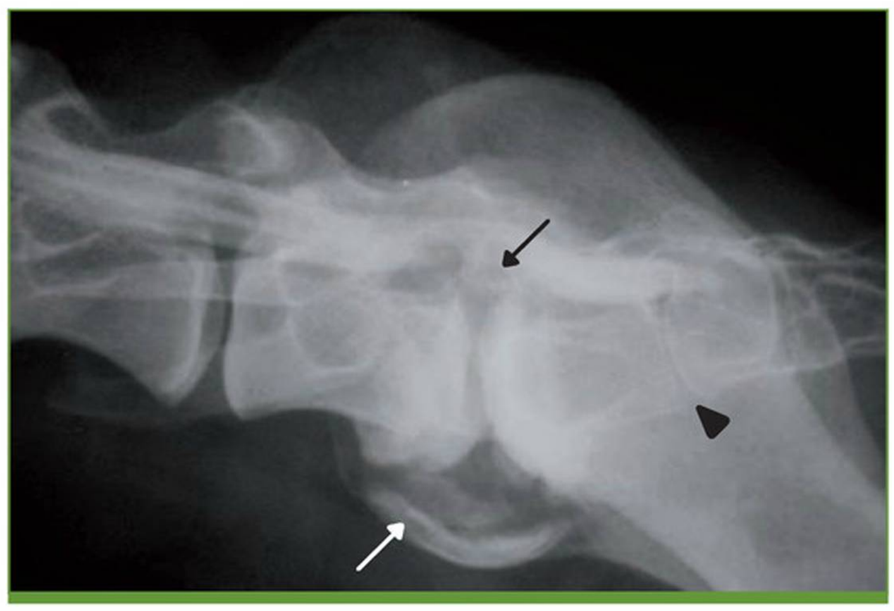


Figura 38. Enfermedad lumbosacra. Proyección radiográfica lateral de la columna lumbosacra tras una mielografía en la que se observa la elevación de la columna de contraste en el disco intervertebral lumbosacro (flecha negra) y los signos de degeneración articular marcados por la presencia de puentes óseos ventrales entre L7 y S1 (flecha blanca). Nótese además la segmentación anómala del sacro (punta de flecha). Imagen cedida por A. Cauduro.

La TC es una prueba más específica para detectar los cambios asociados, especialmente en la determinación de la compresión a nivel de los forámenes intervertebrales, lo cual permite tomar decisiones correctas para un planteamiento quirúrgico. Los cambios observados consisten en: estenosis del canal, pérdida de grasa epidural, desplazamiento del tejido nervioso y proliferación ósea en el foramen, protrusión del disco intervertebral, cambios degenerativos en procesos articulares, metaplasia ósea dural y osteofitosis sacroilíaca, entre otros. Cabe destacar que estos cambios son, en muchos casos, inespecíficos y que podemos encontrarlos en pacientes clínicamente sanos.

En esta enfermedad, además de los cambios óseos, puede haber hipertrofia de los ligamentos amarillo y longitudinal dorsal y/o quistes sinoviales. Los cortes transversales son los más adecuados para la evaluación de los forámenes intervertebrales y generalmente se utilizan secuencias ponderadas en T2 debido a que los cambios degenerativos presentes se observan fácilmente debido a su hipointensidad de señal (fig. 39).

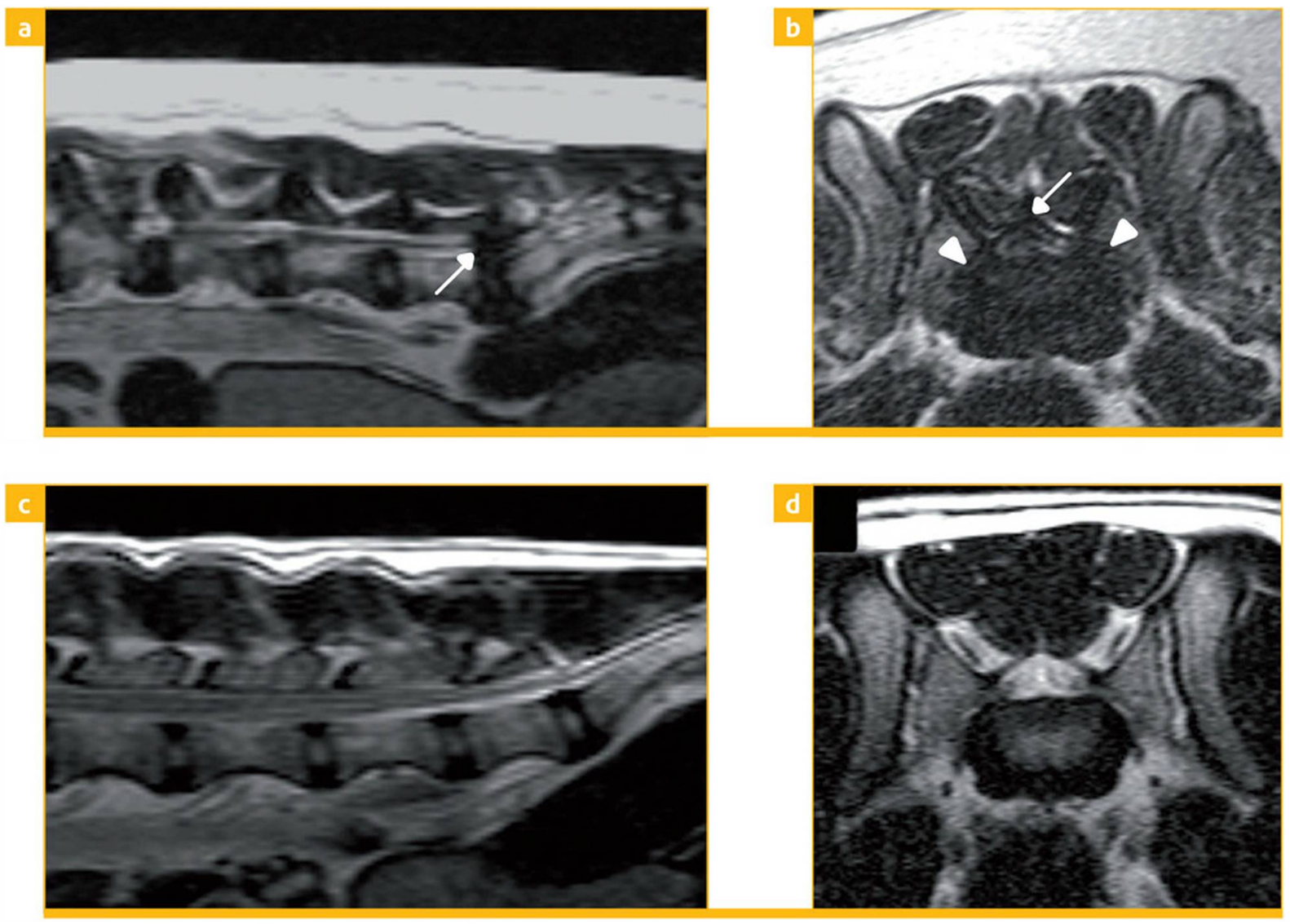


Figura 39. Estenosis lumbosacra. Imágenes de resonancia magnética en secciones sagital (a) y transversal (b) a través del espacio lumbosacro ponderadas en T2. Obsérvese la presencia de material discal en el canal vertebral en la zona lumbosacra (flechas) que estrecha los forámenes intervertebrales comprimiendo las raíces nerviosas correspondientes (puntas de flecha). Compárese con (c) y (d) que representan las mismas secciones en un animal normal.

Lesiones intradurales-extramedulares

Estas lesiones afectan a las meninges pero se localizan fuera del parénquima medular.

Neoplasias

Las más habituales son las de origen meníngeo o de vaina nerviosa, aunque también se pueden localizar en esta zona tumores de células redondas como el linfoma e incluso metástasis.

En estas lesiones se produce una dilatación del espacio subaracnoideo adyacente a la lesión, que da lugar a la característica forma de *tee* de golf cuando se realiza una mielografía (fig. 10). La tomografía permite la detección de algunas de estas lesiones, especialmente cuando se utilizan contrastes yodados intravenosos, ya que se suelen realzar de manera intensa. Los estudios de resonancia magnética permiten una mejor delimitación de la lesión en la mayoría de los casos. La apariencia de estas lesiones es variable, pero generalmente muestran prolongación de los tiempos de relajación en las secuencias T1 y T2 (hipointensidad en secuencias ponderadas en T1 e hiperintensidad en las ponderadas en T2, con una captación de contraste intensa y homogénea -fig. 40-).

Figura 40. Imagen de resonancia magnética en sección transversal en secuencia de saturación de grasa a través de C5 después de la administración de contraste en un perro con un meningioma dural.Obsérvese la presencia de una masa situada dorsalmente en el canal vertebral, que presenta bordes definidos y forma convexa, comprimiendo la médula y realzándose de manera homogénea después de la administración de contraste (flechas).

Lesiones degenerativas

Quistes aracnoideos

A pesar de que éste es el término más utilizado para denominar a las lesiones subaracnoideas con contenido líquido en su interior, se prefiere la denominación de **divertículos**, **cavitaciones** o **pseudoquistes aracnoideos** ya que estas lesiones no tienen revestimiento epitelial. En la mielografía estos quistes pueden aparecer como defectos de llenado en el espacio subaracnoideo (si no tienen comunicación con el mismo). La tomografía no ayudada de una mielografía no es útil para detectar estas lesiones. En la resonancia magnética el quiste aparece isointenso con el LCR en T1 y T2, y no presenta realce tras la administración de contraste paramagnético (fig. 41).

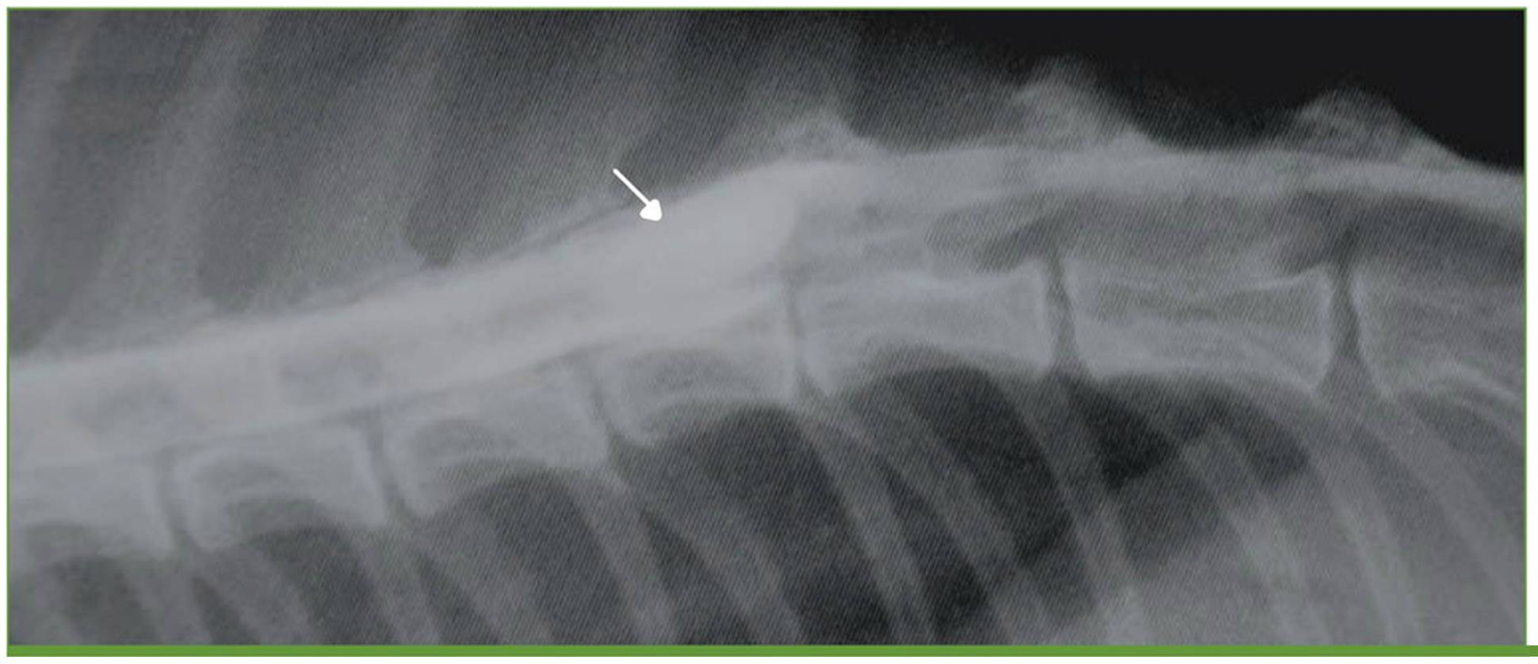


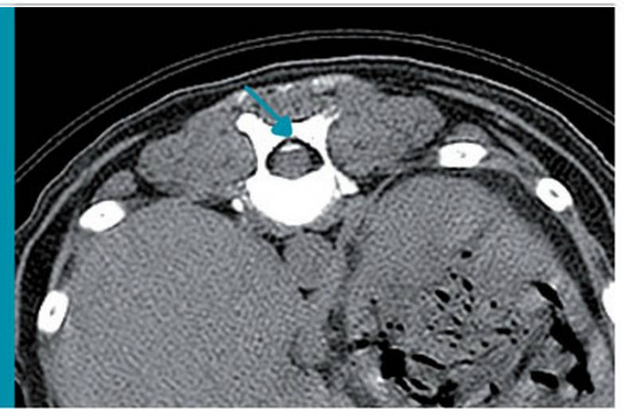
Figura 41. Proyección radiográfica lateral de la columna toracolumbar en la que se observa una dilatación bulbosa del espacio subaracnoideo con acumulación de LCR (flecha) compatible con la presencia de un quiste aracnoideo. Imagen cedida por A. Cauduro.

Osificación dural o metaplasia ósea dural

Estos cambios se producen, generalmente, en animales mayores de razas grandes. Son debidos al depósito zonal de calcio en la duramadre. En general, son hallazgos casuales sin significación clínica salvo en casos graves que provocan paquimeningitis crónicas.

Se pueden ver como una línea radiopaca a lo largo de un corto segmento de la médula espinal. Estas calcificaciones son visibles claramente en la tomografía (fig. 42) y en la resonancia magnética que, en ocasiones, permite identificar el material de su contenido (fig. 43).

Figura 42. Imagen tomográfica en sección transversal de una vértebra torácica en la que se observa una zona de hiperatenuación de señal en la región dorsal compatible con calcificación de la duramadre, no produciendo desplazamiento significativo de la médula espinal.



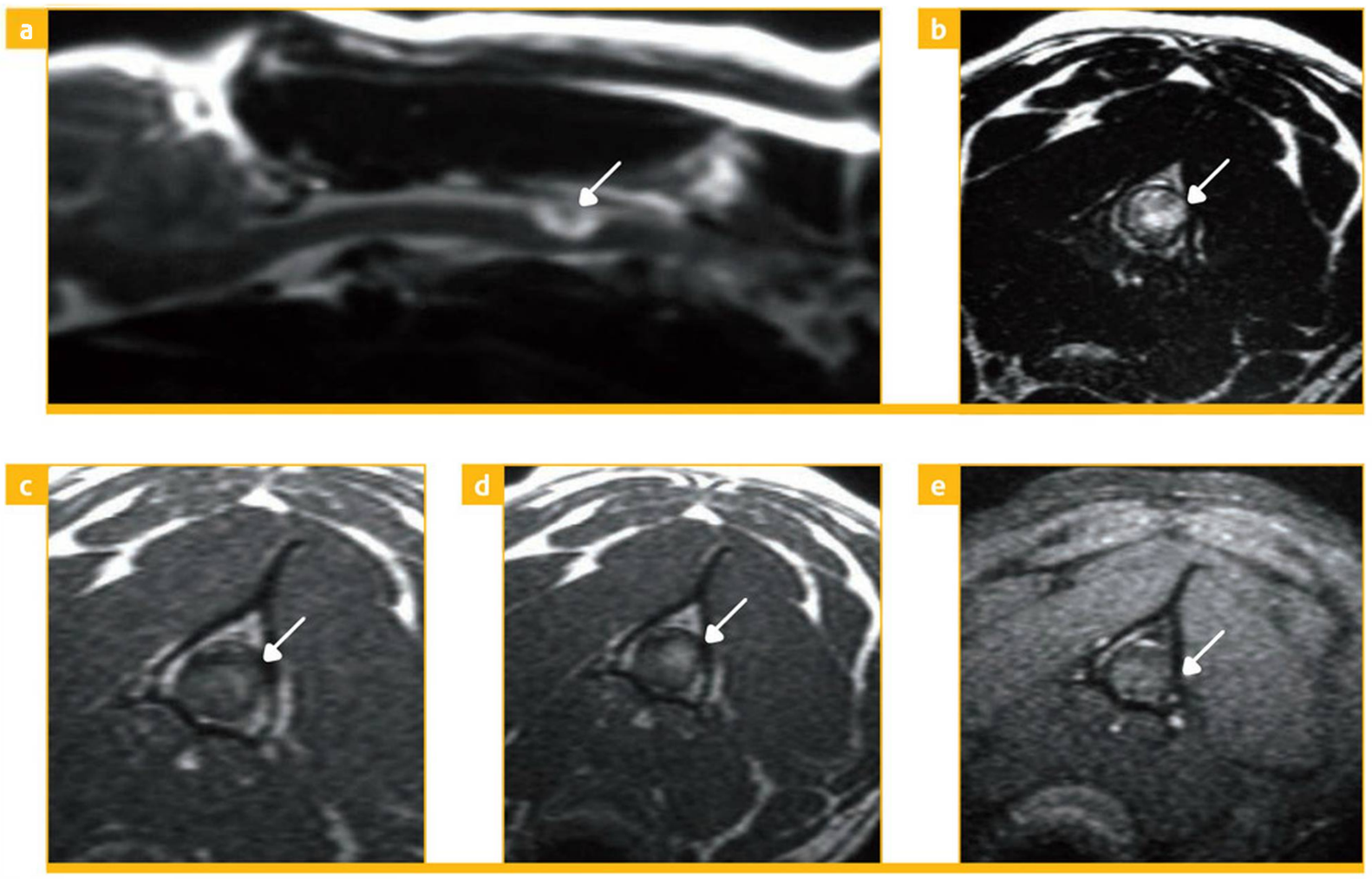


Figura 43. Metaplasia ósea dural. Imágenes de resonancia magnética de la columna vertebral cervical de un perro en sección sagital (a) y transversal (b) ponderadas en T2 e imágenes ponderadas en T1 antes (c) y después (d) de la administración de contraste paramagnético y en secuencia de supresión de grasa (e). Obsérvese la presencia de una lesión intradural-extramedular localizada en el aspecto dorsolateral izquierdo del canal (flechas), que presenta hiperintensidad en las secuencias T2 (a y b) y T1 (c). La masa se realza de manera heterogénea (d) y su señal queda suprimida cuando se utilizan secuencias de saturación de grasa (e), lo que confirma que su contenido tiene un componente graso.

Lesiones intramedulares

Aunque existe un patrón mielográfico representativo de una lesión intramedular (fig. 11), su caracterización precisa no es posible sino con las técnicas de resonancia magnética que presentan un adecuado contraste con el tejido blando para definir su estructura y límites.

De origen vascular

Las lesiones isquémicas intramedulares se caracterizan por presentar prolongación de los tiempos de relajación en las secuencias principales y por ausencia de captación de contraste. Son lesiones que afectan de manera difusa al parénquima medular sin presentar bordes bien delimitados. La causa de los infartos medulares es diversa (en muchos casos no se puede determinar), siendo una de las más frecuentes la formación de trombos de material cartilaginoso, patología que se conoce como **embolismo fibrocartilaginoso**. En estos casos, la zona de alteración de la señal medular está próxima a un disco intervertebral degenerado, el cual no muestra evidencia de hernia (fig. 44).

Las hemorragias intramedulares, encontradas en algunas neoplasias medulares o, más frecuentemente, después de traumatismos espinales, dan lugar al efecto de susceptibilidad magnética, por el cual se observa una pérdida de señal en las secuencias ponderadas en T2 y T2*.

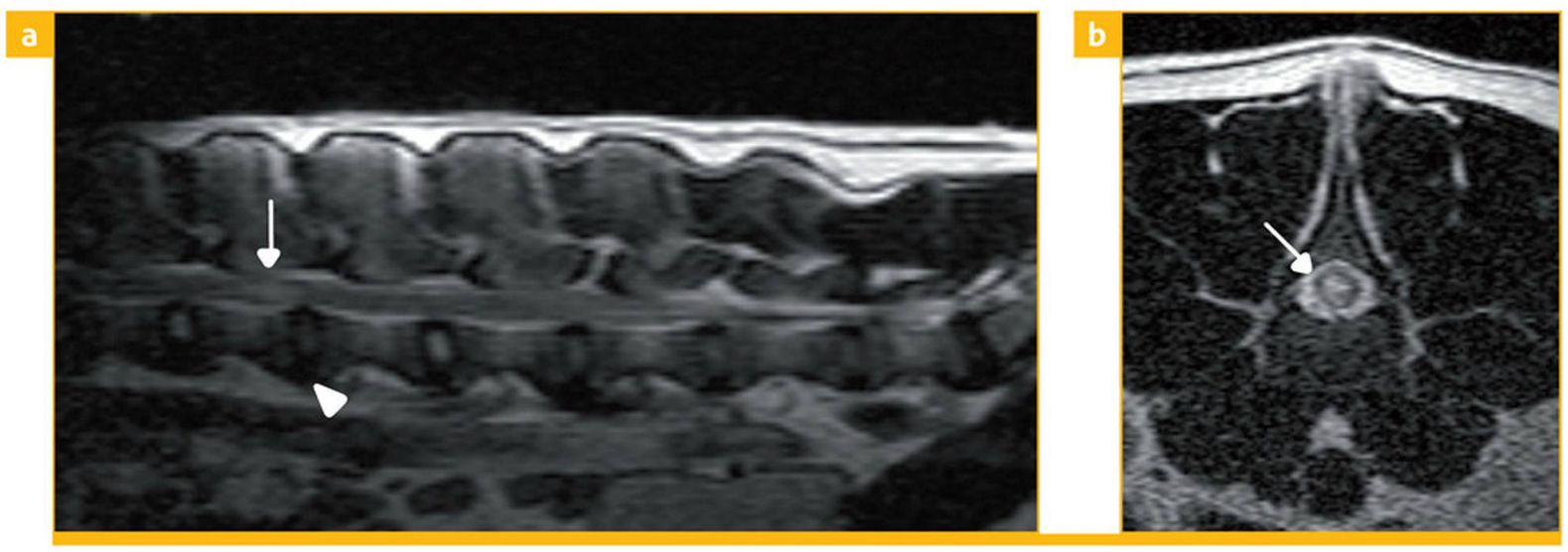


Figura 44. Imágenes de resonancia magnética en secciones sagital (a) y transversal (b) ponderadas en T2 mostrando un embolismo fibrocartilaginoso. Obsérvese el área de señal hiperintensa (flechas) en la médula espinal, localizada cranealmente al disco intervertebral L2-L3 (punta de flecha), el cual presenta menor señal que los discos intervertebrales adyacentes.

Procesos inflamatorios

Las enfermedades inflamatorias no infecciosas tienen una etiología desconocida pero se sospecha que son de origen autoinmune. Estas patologías son, en muchos casos, específicas de ciertas razas y a pesar de que los estudios de imagen pueden aportar información valiosa para el diagnóstico de las mismas, éste debe ser confirmado mediante el análisis del líquido cefalorraquídeo. Las mielitis no producen cambios significativos ni en la mielografía (a veces puede aparecer un aumento del contorno medular por hinchazón) ni en los estudios tomográficos. Los signos característicos de mielitis en la resonancia son la presencia de

alteraciones en la señal intramedular (hiperintensidad en secuencias ponderadas en T2) con aumento de su volumen y perímetro por hinchamiento difuso de la misma y captación tenue de contraste (fig. 45).

Los abscesos intramedulares son raros y captan contraste delimitadamente en la periferia de la lesión.

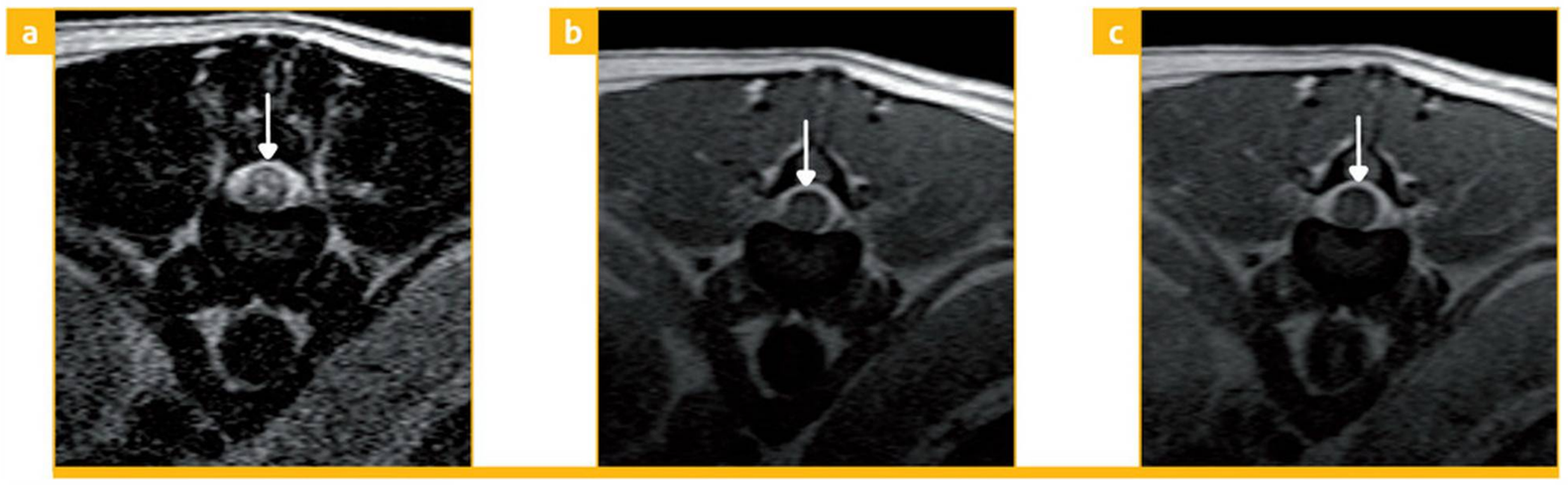


Figura 45. Mielitis autoinmune. Imágenes de resonancia magnética en secciones transversales a través de T13-L1 ponderadas en T2 (a) y T1 antes (b) y después de la administración de contraste paramagnético y realización de secuencia de supresión de grasa (c). Obsérvese el engrosamiento del volumen de la médula espinal que, además, presenta cambios heterogéneos en la señal (flechas). No hay captación de contraste.

Traumatismos

Los traumatismos espinales pueden producir alteraciones medulares sin que haya cambios significativos en las estructuras óseas ni epidurales (y, por tanto, no se pueden detectar mediante técnicas de radiología convencional, mielografía o TC). Esta patología, frecuente en medicina humana y denominada SCIWORA (acrónimo de *spinal cord injury without radiological abnormalities*: lesión de la médula espinal sin alteraciones radiológicas) no está bien reconocida en los animales domésticos. Únicamente son evidentes los cambios en el parénquima medular y en las estructuras ligamentosas y musculares de los tejidos paravertebrales e intracanales. En estos casos, se evidencia hiperintensidad en secuencias ponderadas en T2 que pueden ser reversibles en 24 o 48 horas (fig. 46).

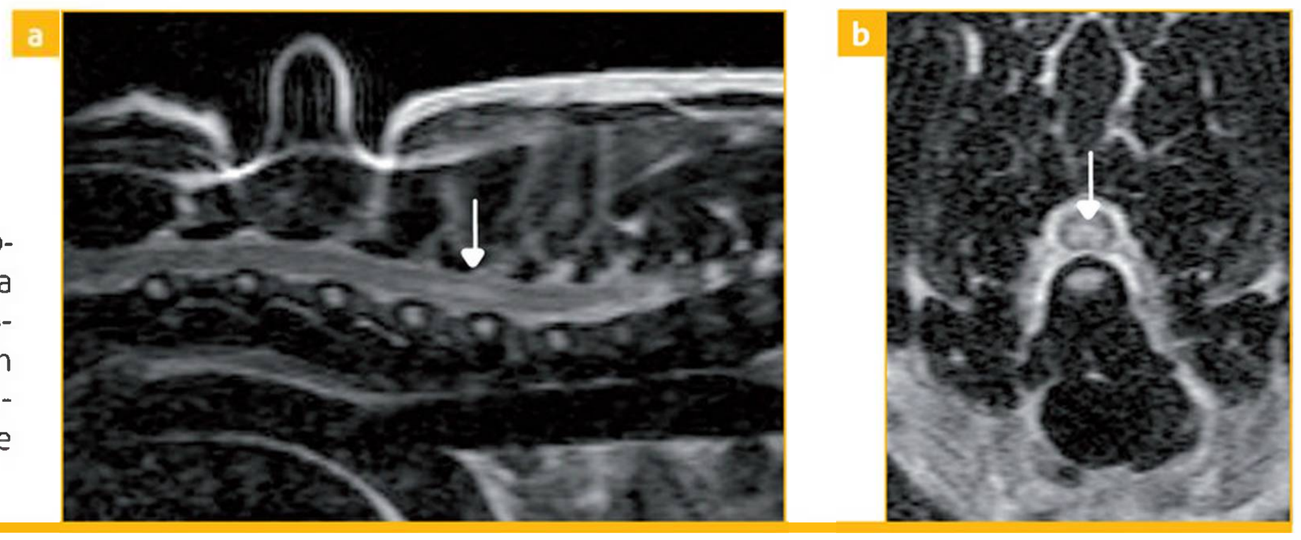
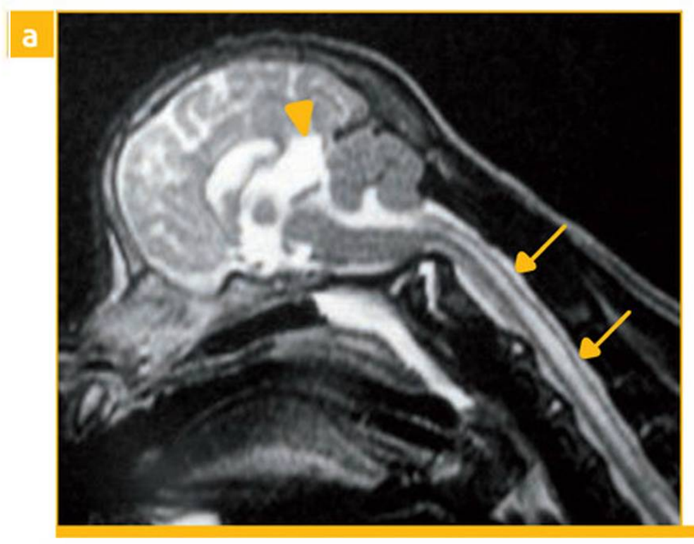


Figura 46. SCIWORA (*spinal cord injury without radiological abnormalities*). Imágenes de resonancia magnética de la columna vertebral lumbar de un perro en secciones sagital (a) y transversal (b) ponderadas en T2 en un traumatismo. Obsérvese la alteración en la señal intramedular que afecta a la metámera de L3 (flecha) y que no se asocia a fenómeno compresivo alguno.

Anomalías congénitas

Hidromielia/siringomielia

Se denomina hidromielia a una dilatación del canal ependimario y siringomielia a una dilatación no centroependimaria, aunque frecuentemente se emplea el término hidrosiringomielia. Su origen puede ser congénito o adquirido debido a alteraciones en el flujo del LCR. En muchos casos están causadas por malformaciones occipitales, especialmente en los animales afectados por malformaciones tipo Chiari. Se ven como cavitaciones o dilataciones del canal central medular con contenido isointenso al LCR (hiperintensidad en secuencias T2 e hipointensidad en las secuencias en T1), de forma filiforme o lobulada según el grado de dilatación (fig. 47).



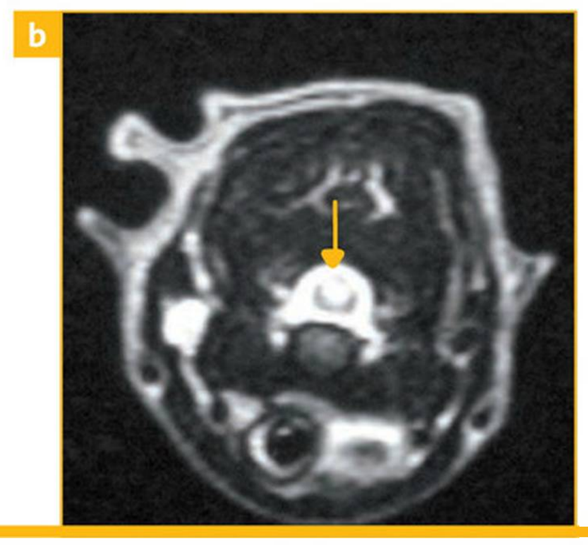


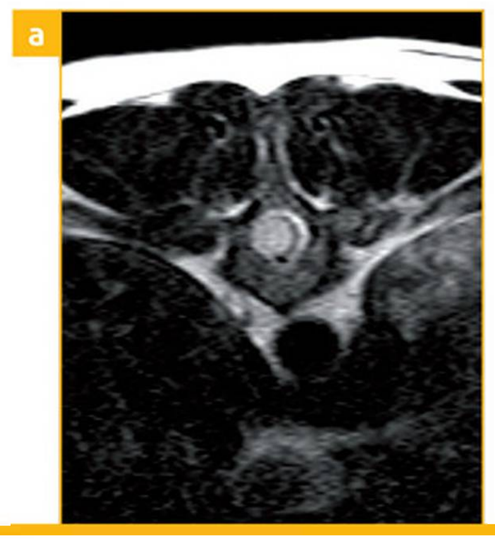
Figura 47. Siringomielia cervical causada por una hidrocefalia obstructiva. Imágenes de resonancia magnética de la columna vertebral cervical en secciones sagital (a) y transversal (b) ponderadas en T2 en un perro. Obsérvese la presencia de una cavidad con contenido quístico en la médula espinal (flechas). Existe, además, una lesión hiperintensa supravermiana que comprime el tectum mesencefálico en relación con un quiste de la placa cuadrigémina o retrotectal (punta de flecha).

Otras

Con resonancia magnética se pueden caracterizar diversas alteraciones congénitas que afectan a la médula espinal como la diastematomielia, la diplomielia o la médula anclada. Son patologías que se diagnostican de manera esporádica y, muchas veces, post mórtem.

Neoplasias

Los tumores intramedulares primarios son generalmente gliomas, aunque también se han descrito ependimomas y nefroblastomas. Otros tumores que afectan al parénquima medular son las metástasis y los linfomas. Las características radiológicas de los mismos son heterogéneas, aunque en general presentan prolongación de los tiempos de relajación y una captación de contraste variable. La utilización de secuencias de saturación de grasa facilita su identificación y caracterización (fig. 48).



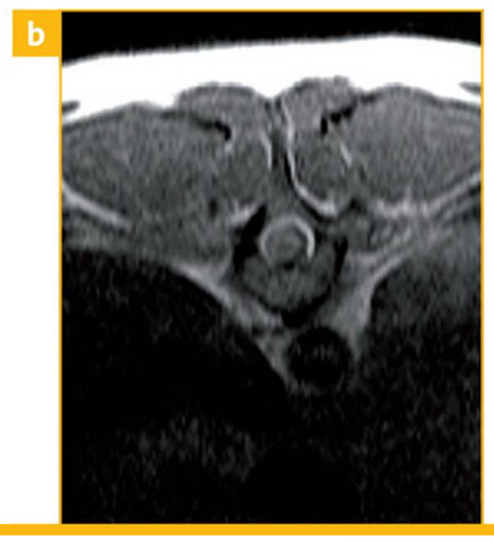


Figura 48. Neoplasia intramedular. Imágenes de resonancia magnética en secciones transversales a través del cuerpo de T10, ponderadas en T2 (a) y T1 antes (b) y después (c) de la administración de contraste paramagnético. Obsérvese una lesión infiltrativa intramedular que sustituye el parénquima normal, ensanchando el contorno medular y con hiperintensidad de señal (a), así como captación marcada de contraste (c).

Lesiones de las raíces nerviosas

Neoplasias

Los tumores de las vainas nerviosas son relativamente frecuentes en los perros, y más raros en los gatos. En muchas ocasiones, el tumor de la raíz nerviosa accede al canal vertebral produciendo compresión medular y facilitando la visualización del mismo. Cuando esto sucede, se puede detectar en la mielografía como una lesión intradural-extramedular. En la tomografía se observará desplazamiento de la médula espinal cuando el tumor accede al canal vertebral (fig. 49).

Las características radiológicas de la resonancia magnética de estos tumores son: engrosamiento del nervio afectado, hiperintensidad respecto del músculo adyacente en secuencias ponderadas en T2 e isointensos en T1, así como captación homogénea de contraste. La utilización de secuencias de supresión de grasa es de gran utilidad, ya que permite delimitar la extensión de los tumores eliminando la señal de la grasa epidural (fig. 50).

Infecciones

Las neuritis infecciosas son muy raras y tienen características radiológicas diferentes a los tumores de vaina nerviosa, fundamentalmente por el grosor filiforme y regular, y porque suele ser menor tras la administración de contraste.

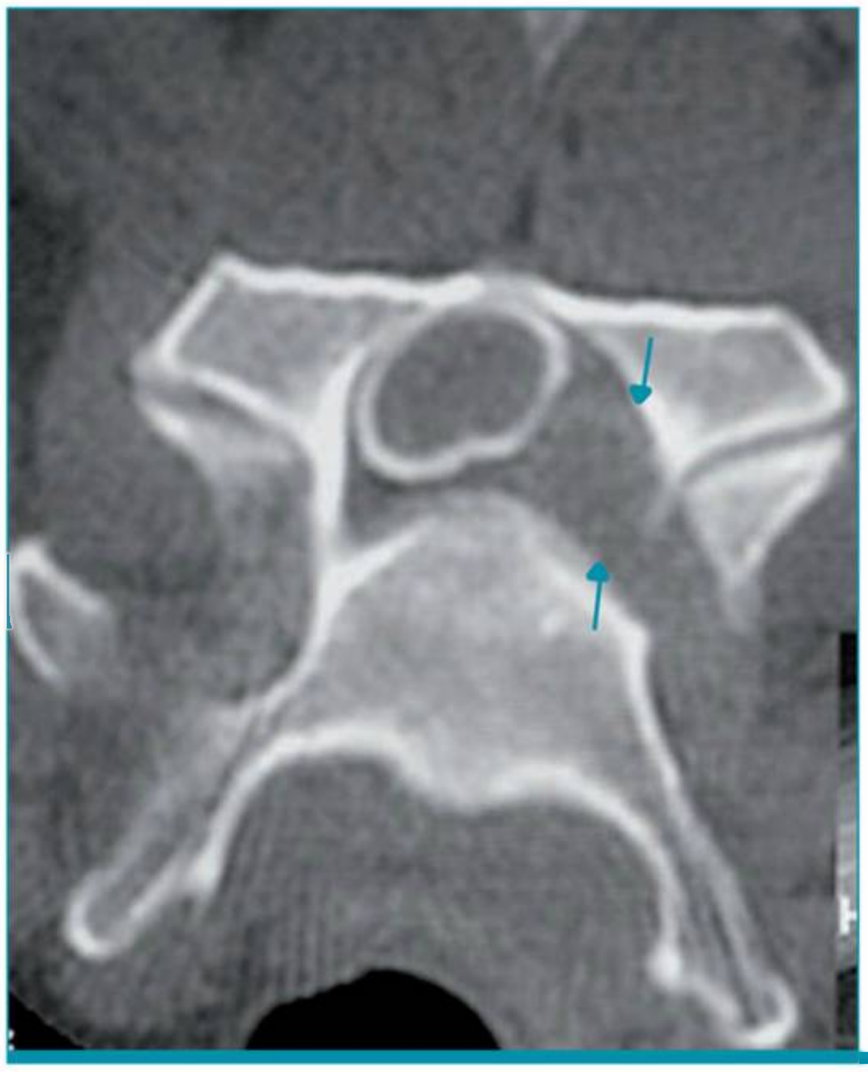


Figura 49. Neoplasia de vaina nerviosa en un perro. Imagen tomográfica transversal a nivel de C5-C6 en la que se observa un ensanchamiento del foramen vertebral debido al engrosamiento de la raíz nerviosa izquierda (flechas) que desplaza la médula dorsalmente y a la derecha.

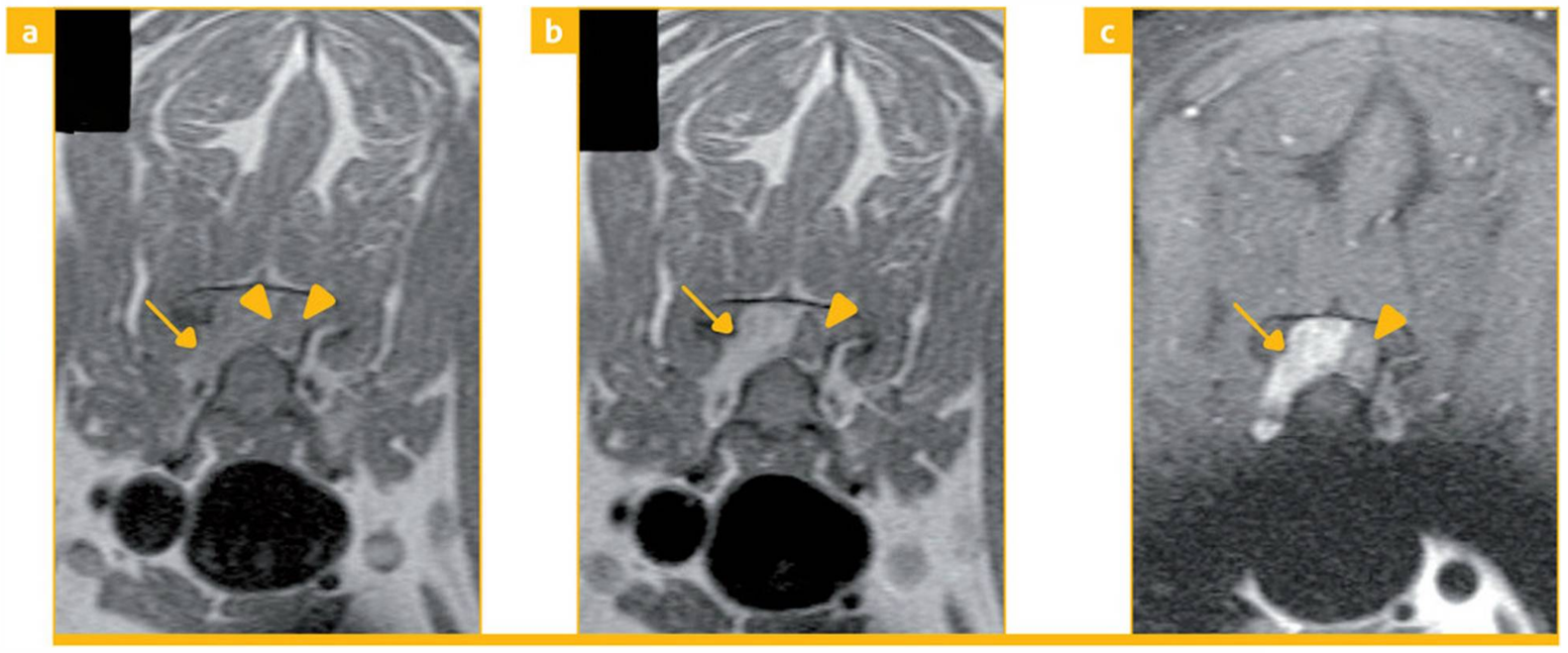


Figura 50. Neoplasia de vaina nerviosa intra-extradural con morfología de "reloj de arena". Imágenes de resonancia magnética en secciones transversales ponderadas en T1 antes (a) y después (b) de la administración de contraste paramagnético y supresión de grasa (c). Obsérvese la extensa lesión que se origina en la raíz nerviosa ventral del lado derecho (flecha), que comprime y desplaza la médula (puntas de flecha) y capta contraste de manera intensa y homogénea (b y c).

Bibliografía

Adams, W.H. *The spine. Clinical Techniques in Small Animal Practice, 1999;* 14:148-159.

Axlund, T.W., Hudson, J.A. Computed tomography of the normal lumbosacral intervertebral disc in 22 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 2003; 44:630-4.

Barthez, P.Y., Morgan, J.P., Lipsitz, D. Discography and epidurography for evaluation of the lumbosacral junction in dogs with cauda equina syndrome. *Vet Radiol Ultrasound*, 1994; 35:152-157.

Burk, R., Feeney, D. *Small Animal Radiology and Ultrasound: A Diagnostic Atlas and Text.* Saunders, 2003.

Chambers, J.N., Selcer, B.A., Butler, T.W. *et al.* A comparison of computed tomography to epidurography for the diagnosis of suspected compressive lesions at the lumbosacral junction in dogs. *Prog Vet Neurol,* 1994; 5:30-34.

Drost, W.T., Love, N.E., Berry, C.R. Comparison of radiography, myelography and computed tomography for the evaluation of canine vertebral and spinal cord tumors in sixteen dogs. *Vet Radiol Ultrasound,* 1996; 37:28-33.

Farrow, C.S. *Veterinary Diagnostic Imaging - The Dog and Cat.* Mosby, 2003.

Fingeroth, J.M., Prata, R.G., Patnaik, A.K. Spinal meningiomas in dogs: 13 cases (1972-1987). *J Am Vet Med Assoc*, 1987; 191:720-726.

Frendin, J., Funkquist, B., Hanson, K. *et al.* Diagnostic imaging of foreign body reactions in dogs with diffuse back pain. *J Small Anim Pract,* 1999; 40:278-285.

Gavin, P.R., Bagley, R.S. *Practical Small Animal MRI.* Wiley-Blackwell, 2009.

Gnirs, K., Ruel, Y., Blot, S. *et al.* Spinal subarachnoid cysts in 13 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 2003; 44:402-8.

Gonzalo-Orden, J.M., Altonaga, J.R., Orden, M.A. *et al.* Magnetic resonance, computed tomographic and radiologic findings in a dog with discospondylitis. *Vet Radiol Ultrasound*, 2000; 41:142-144.

Hanna, F.Y. Lumbosacral osteochondrosis: radiological features and surgical management in 34 dogs. *J Small Anim Pract*, 2001; 42:272-278.

Jensen, V.F., Arnbjerg, J. Development of intervertebral disc calcification in the Dachshund: a prospective longitudinal radiographic study. *J Am Anim Hosp Assoc*, 2001; 37:274-282.

Jones, J.C., Inzana, K.D. Subclinical CT abnormalities in the lumbosacral spine of older large-breed dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 2000; 41:19-26.

Lobetti, R.G. Subarachnoid abscess as a complication of discospondylitis in a dog. *J Small Anim Pract*, 1994; 35:480-483.

MORGAN, J.P. Spinal dural ossification in the dog: incidence and distribution based on a radiographic study. *J Am Vet Radiol Soc*, 1969; 10:43-48.

MORGAN, J.P., MIYABAYASHHI, T. Degenerative changes in the vertebral column of the dog: a review of radiographic findings. *Vet Radiol*, 1988; 29:72-77.

MORGAN, J.P., BAHR, A., FRANTI, C.E. *et al.* Lumbosacral transitional vertebra is a predisposing cause of cauda equina syndrome in German Shepherd dogs: 161 cases (1987-1990). *J Am Vet Med Assoc*, 1993; 202:1877-1882.

MUNANA, K.R., OLBY, N.J., SHARP, N.J.H. *et al.* Intervertebral disk disease in 10 cats. *J Am Anim Hosp Assoc*, 2001; 37:384-389.

NAKAMIYAMA, M. Intraoperative spinal ultrasonography in dogs: normal findings and case history reports. *Vet Radiol Ultrasound*, 1993; 34:264-268.

OLBY, N.J., DYCE, J., HOULTON, J.E.F. Correlation of plain radiographic and lumbar myelographic findings with surgical findings in thoracolumbar disc disease. *J Small Anim Pract*, 1994; 35:345.

OLBY, N.J., MUNANA, K.R., SHARP, N.H.J., THRALL, D.E. The computed tomographic appearance of acute thoracolumbar intervertebral disc herniations in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 2002; 41:396-402.

SHARP, N.J.H., WHEELER, S.J., COFONE, M. Radiological evaluation of "wobbler" syndrome: caudal cervical spondylomyelopathy. *J Small Anim Pract*, 1992; 33:491-499.

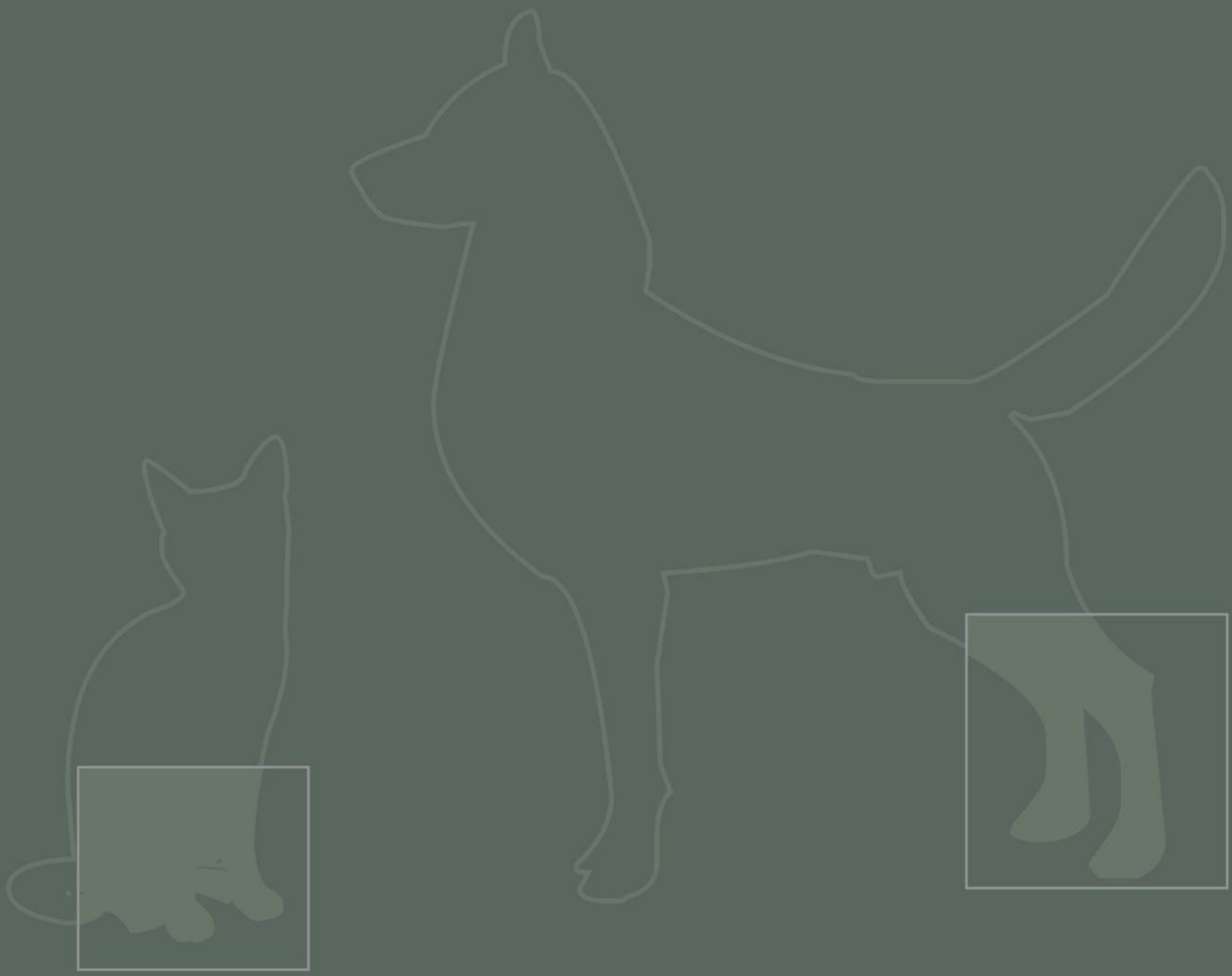
SHARP, N.J.H., COFONE, N., ROBERTSON, I.A. *et al.* Computed tomography in the evaluation of caudal cervical spondylomyelopathy of the Doberman pinscher. *Vet Radiol Ultrasound*, 1995; 36:100-108.

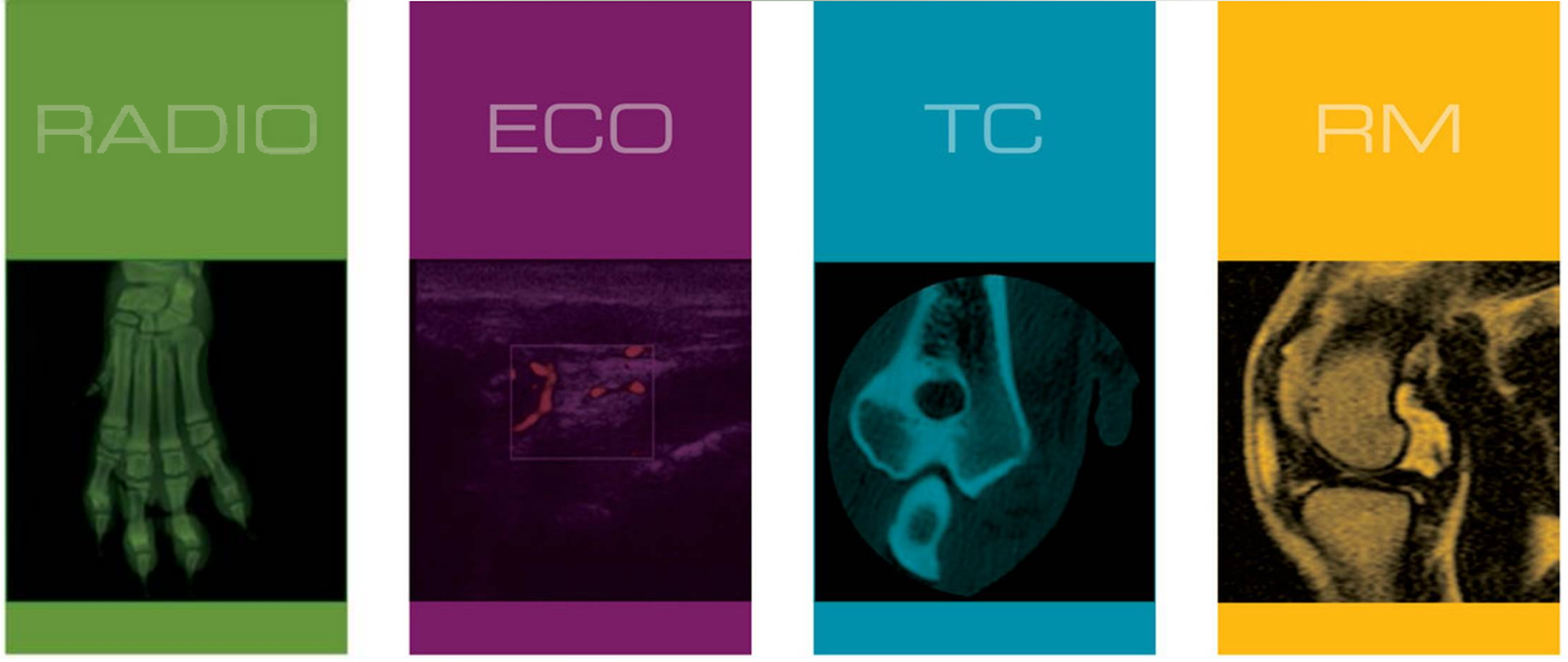
THRALL, D.E. *Textbook of veterinary diagnostic radiology.* Saunders Elsevier, 2007.

WIDMER, W.R., BLEVINS, W.E., JAKOVLJEVIC, S. *et al.* Iohexol and iopamidol myelography in the dog: clinical trial comparing adverse effects and myelographic quality. *Vet Radiol Ultrasound*, 1992; 33:327-333.

6 DIAGNÓSTICO POR IMAGEN DE LAS EXTREMIDADES

Sergio P. Monteagudo Franco





Conceptos generales 240

Miembro torácico 242

Miembro pelviano y cadera 250

Enfermedades óseas del crecimiento 259

Enfermedad articular degenerativa 269

Fracturas y luxaciones 273

Lesiones óseas agresivas y no agresivas 279

Bibliografía 287

Conceptos generales

El conocimiento anatómico y biomecánico de las extremidades, así como la comprensión de los mecanismos que intervienen en el crecimiento de los huesos y en su reparación, son esenciales para la realización de una correcta interpretación radiológica. Esta aseveración se fundamenta en las diferencias anatómicas, mecánicas e inmunológicas que se encuentran correlacionadas directamente con la edad, raza, sexo o algunas enfermedades sistémicas de los animales.

La evaluación radiográfica del sistema musculoesquelético debe ser realizada minuciosamente, debido a que la detección de pequeñas alteraciones radiográficas en el tejido óseo puede explicar graves alteraciones funcionales de una extremidad. Una imagen radiográfica es un plano de dos dimensiones. Por tanto, describe lo que sucede en un momento dado en un área anatómica determinada, condensando el volumen tridimensional del organismo a una perspectiva bidimensional. Por este motivo, el examen radiográfico de una extremidad siempre contemplará, al menos, dos proyecciones ortogonales a través de las que se consigue realizar una interpretación tridimensional de la misma.

La interpretación radiográfica del sistema musculoesquelético debe realizarse de manera sistemática atendiendo al siguiente esquema:

1. Buscar posibles soluciones de continuidad corticales o medulares (fisuras y/o fracturas).
2. Verificar el correcto alineamiento y aposición de los huesos en solitario o en torno a una articulación.
3. Evaluar los posibles cambios focales o difusos en la densidad radiográfica de los huesos.
4. Examinar posibles defectos óseos en las porciones subcondrales en torno a los cartílagos articulares en las articulaciones sinoviales.
5. Evaluar el tejido blando en relación con el hueso: cápsulas articulares, cartílagos, ligamentos, músculos y sus tendones, nódulos linfáticos, etc.).

La radiografía convencional no ofrece la resolución necesaria para diferenciar los distintos tejidos blandos que rodean al tejido óseo, a no ser que concurran circunstancias adicionales que contrasten las diferentes estructuras. Un ejemplo de ello puede ser la presencia de gas en las fascias musculares tras un traumatismo, o la presencia de tejido adiposo intrarticular, como sucede en la articulación de una rodilla normal.

La visualización de las estructuras asociadas al hueso (músculos, tendones, ligamentos y cartílago, nervios, vasos sanguíneos, etc.) deberá complementarse con otras técnicas de diagnóstico por imagen, como son la resonancia magnética y la ecografía. En este sentido, la tomografía computerizada (TC) ofrece mejor resolución en la definición de los tejidos blandos que la radiología convencional, pero no supera a la resonancia magnética (RM).

Figura 1. Radiografía lateral de un codo normal de un perro. Obsérvese el patrón trabeculado del olécranon (1), las corticales óseas (2) y la cavidad medular (3).

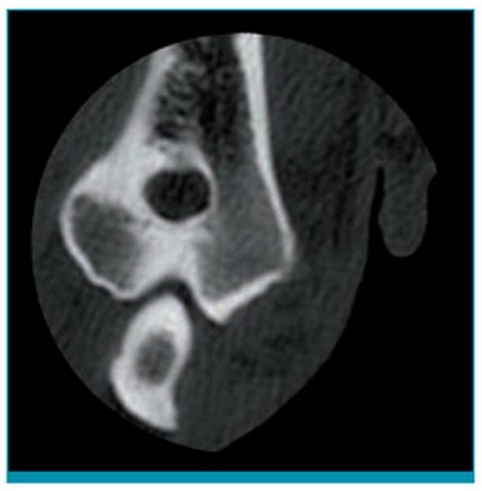


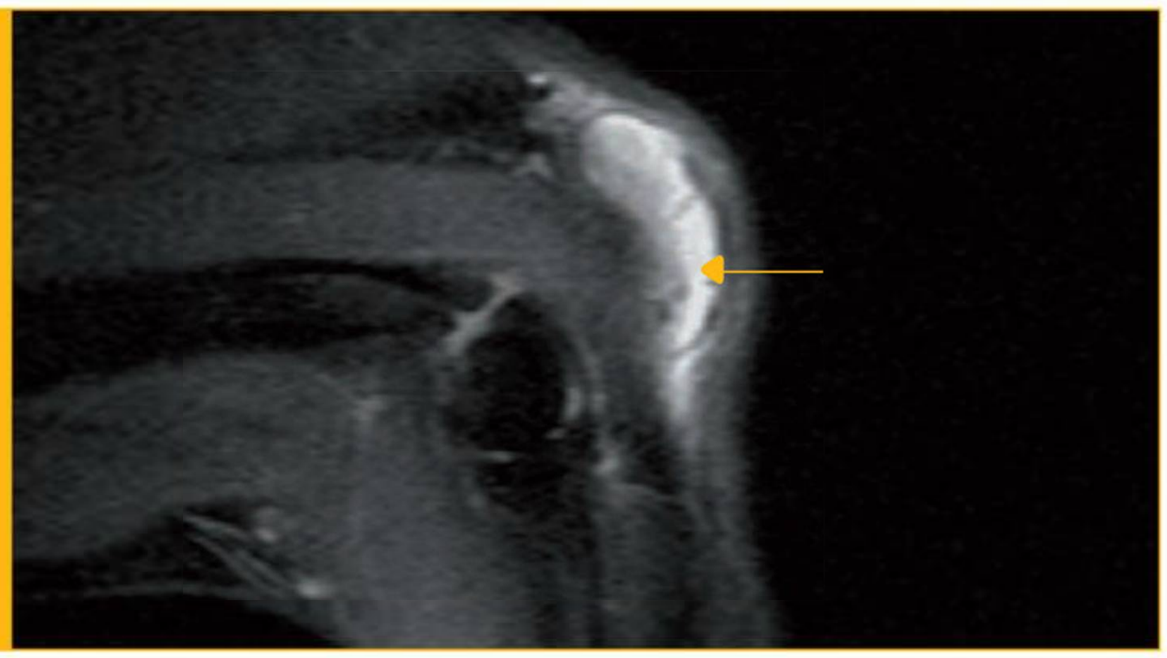
Figura 2. Reconstrucción tomográfica mediante sección dorsal de un codo normal en un perro a nivel del orificio supratroclear. Obsérvese la mayor resolución de la TC frente a la radiografía convencional debido a las variaciones de atenuación que presentan las diferentes densidades óseas.

El hueso presenta diferencias en su radiopacidad y textura radiográfica dependiendo de la cantidad y calidad de tejido óseo que se encuentre en sus diferentes áreas anatómicas. Por ejemplo, la porción cortical de un hueso presenta un tejido óseo de tipo compacto, por lo que se observa más radiopaco que la porción ósea esponjosa, que muestra un patrón trabeculado característico (fig. 1). En cambio, el canal medular del hueso es un área más radiolúcida y de textura más homogénea que la porción esponjosa, debido a que es una región hueca en la que hay menos cantidad de hueso compacto para absorber la radiación. Las distintas radiopacidades y texturas óseas van a verse de manera más precisa con TC, que caracteriza al hueso cortical con atenuaciones próximas a 800 unidades Hounsfield (UH) y al hueso esponjoso, con alrededor de 400 UH (fig. 2).

Un hueso largo consta de varias regiones anatómicas a considerar. En sus extremos se encuentran las **epífisis**; posteriormente y avanzando hacia el centro, se encuentran las líneas epifisarias o cartílagos de crecimiento, que se observan como una línea radiolúcida debido a su naturaleza cartilaginosa en los huesos en crecimiento. Si se continúa avanzando hacia el centro, se encuentran las **metáfisis**. Por último, el cuerpo o porción central del hueso se denomina **diáfisis**. Todo el hueso se encuentra cubierto con periostio, lámina fibrosa con gran aporte vascular y nervioso que se muestra muy sensible a las alteraciones del hueso, pudiendo reaccionar frente a múltiples estímulos traumáticos o de otro tipo.

El tejido muscular y conjuntivo de los tendones y ligamentos, e incluso el tejido cartilaginoso, se puede evaluar de manera precisa con la RM y la ecografía de alta definición. Actualmente, el desarrollo tecnológico de ambas técnicas ha avanzado de tal manera que pueden investigarse alteraciones en grupos musculares, examinando la homogeneidad del patrón de sus fibras y estroma, nervios y vascularización. Adicionalmente, también es posible realizar estudios dinámicos y de evaluación funcional. La RM presenta una mejor resolución que la ecografía, aportando más información acerca de la estructura afectada. Por ejemplo, las secuencias T2 y STIR muestran una elevada sensibilidad en la detección de la región anatómica que presenta edema, el cual tiene con frecuencia un origen inflamatorio (fig. 3).

Figura 3. Imagen de RM en corte sagital ponderada en T2 del codo de un perro con bursitis. Obsérvese la hiperintensidad de la lesión situada caudal al olécranon que presenta abundante cantidad de agua (flecha).



Miembro torácico

El hombro

La articulación del hombro está integrada por dos huesos: el húmero y la escápula. Muchas veces, y con mayor frecuencia en gatos, se observan restos vestigiales de la clavícula en posición craneomedial respecto de la articulación (figs. 4 a 7).

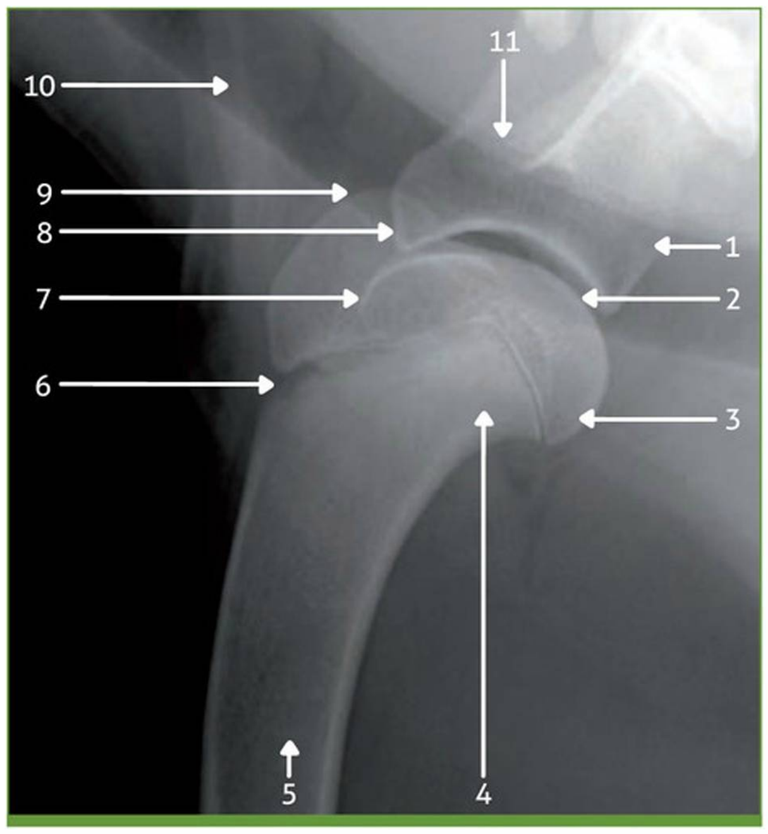


Figura 4. Radiografía lateral del hombro de un Pastor Alemán de 6,5 meses de edad. 1. Tuberosidad infraglenoidea, 2. Cavidad glenoidea, 3. Cabeza del húmero, 4. Cresta del tubérculo menor, 5. Cuerpo del húmero, 6. Línea de crecimiento, 7. Tubérculo menor del húmero, 8. Tubérculo supraglenoideo, 9. Tubérculo mayor del húmero, 10. Tráquea, 11. Acromion.

Figura 5. Radiografía craneocaudal del hombro de un perro mestizo de 6 años de edad. 1. Espina de la escápula, 2. Acromion, 3. Cabeza del húmero, 4. Tubérculo mayor, 5. Tubérculo supraglenoideo, 6. Clavícula, 7. Tubérculo menor, 8. Fosa glenoidea; 9. Cuerpo de la escápula.

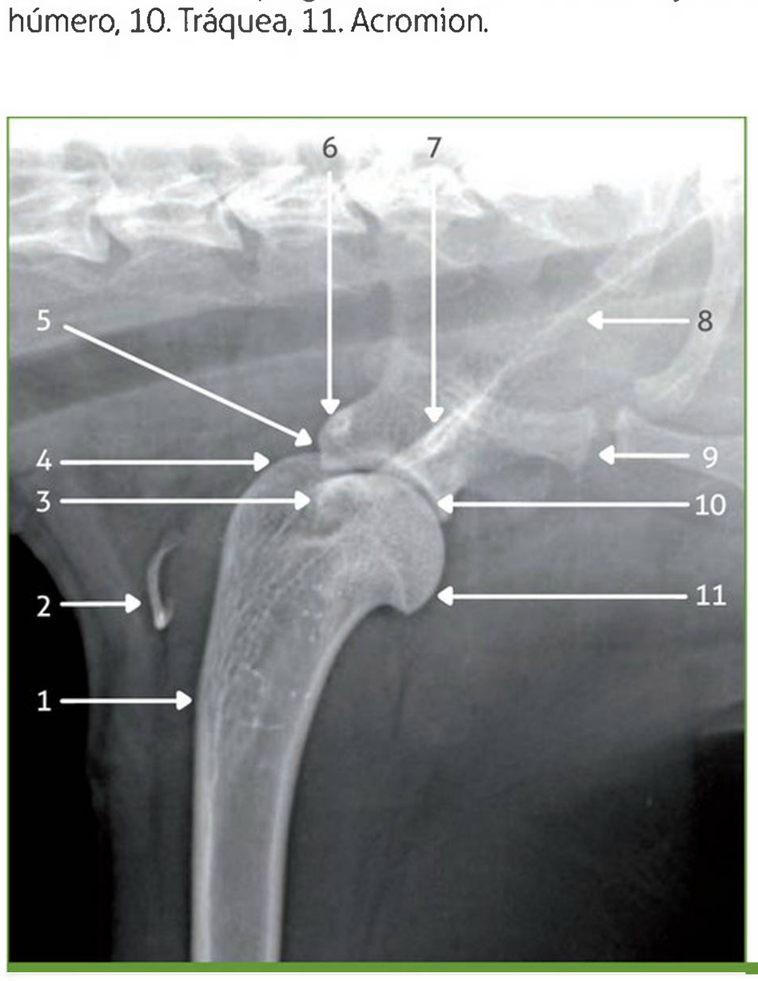


Figura 6. Radiografía lateral del hombro de un gato Bosque de Noruega de 11 años de edad.

1. Tuberosidad deltoidea.
2. Clavícula.
3. Tubérculo menor.
4. Tubérculo mayor.
5. Tubérculo supraglenoideo.
6. Proceso coracoides.
7. Acromion.
8. Espina de la escápula.
9. Manubrio esternal.
10. Fosa glenoidea.
11. Aspecto caudal de la cabeza del húmero.

Figura 7. Radiografía caudocraneal del hombro de un gato Común Europeo de 4 años de edad.

1. Espina de la escápula.
2. Metacromion.
3. Acromion.
4. Tubérculo mayor del húmero.
5. Tubérculo supraglenoideo.
6. Clavícula.
7. Tubérculo menor del húmero.
8. Proceso coracoides.
9. Cavidad glenoidea.
10. Fosa subescapular.

La evaluación mediante radiología convencional comprende, al menos, dos proyecciones radiográficas: una caudocraneal y otra lateral, intentando que en esta última la articulación se superponga con el gas contenido en la tráquea para optimizar así la visualización del espacio articular.

Las técnicas de diagnóstico por imagen más destacadas para la evaluación del hombro son la radiología convencional, la ecografía, la tomografía computerizada y la resonancia magnética.

La radiología convencional puede necesitar la inoculación de contrastes yodados dentro de la articulación para detectar fragmentos de cartílago no mineralizados.

La ecografía del hombro es útil para reconocer los tejidos blandos extracapsulares que rodean a la articulación escapulohumeral, como los tendones supraespinoso, infraespinoso y bicipital y el músculo redondo menor, y para examinar la presencia de ratones articulares, efusión sinovial e irregularidades en los bordes articulares compatibles con la enfermedad articular degenerativa.

La TC también se emplea con frecuencia para la investigación de osteocondrosis y osteocondritis disecante, ya que suelen producirse alteraciones del hueso subcondral asociadas al desprendimiento del cartílago articular. La resolución que aporta esta técnica para la evaluación del hueso subcondral y fracturas es excelente (fig. 8).

Por su parte, la resonancia magnética es una técnica no invasiva que muestra una elevada sensibilidad y especificidad frente a la detección de patologías de ligamentos, tendones, cartílagos articulares, músculos y huesos.

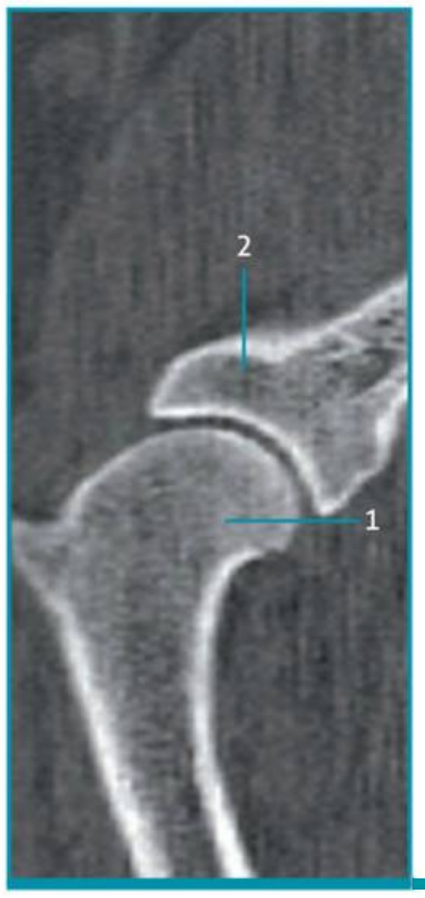


Figura 8. Tomografía computerizada de un hombro canino normal. Reconstrucción sagital.

1. Húmero.
2 Escápula.

El codo

El examen completo de la articulación humerorradiocubital mediante radiología convencional incluye cuatro proyecciones radiográficas:

1. Lateral en posición neutral, con ≈ 90º de apertura articular craneal (figs. 9, 13 y 15).
2. Craneocaudal (figs. 10 y 14).
3. Lateral en flexión extrema, con ≈ 30º de apertura articular craneal (fig. 11).
4. Oblicua en proyección craneolateral-caudomedial (fig. 12).

Con estas imágenes se pretenden ilustrar los detalles anatómicos y superficies óseas que, con mayor frecuencia, se muestran afectados en los procesos patológicos del codo.

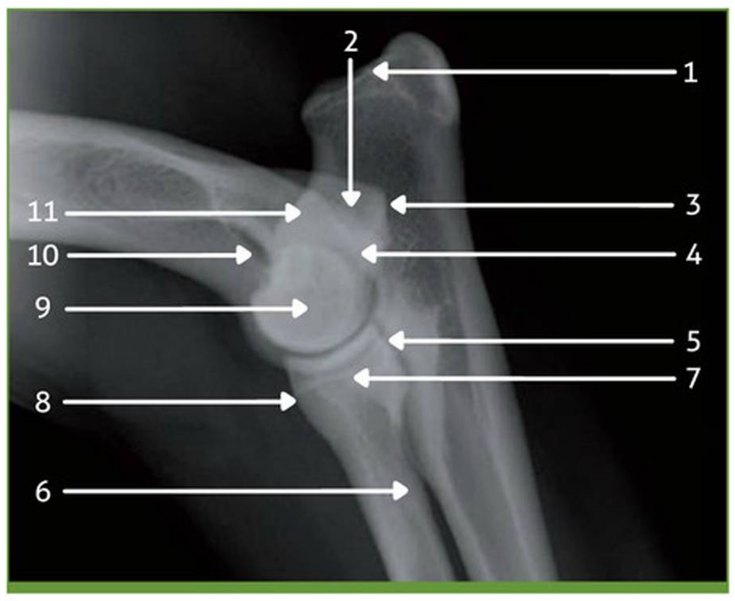


Figura 9. Radiografía lateral del codo de un Golden Retriever de 1 año de edad. Obsérvese el ángulo de apertura craneal mayor de 90º. 1. Olécranon, 2. Epicóndilo lateral, 3. Epicóndilo medial, 4. Surco troclear, 5. Proceso coronoideo lateral del cúbito, 6. Eminencia ósea donde se inserta el ligamento colateral del codo, 7. Proceso coronoideo medial del cúbito, 8. Cabeza del radio, 9. Cóndilo, 10. Agujero supratroclear, 11. Proceso ancóneo.

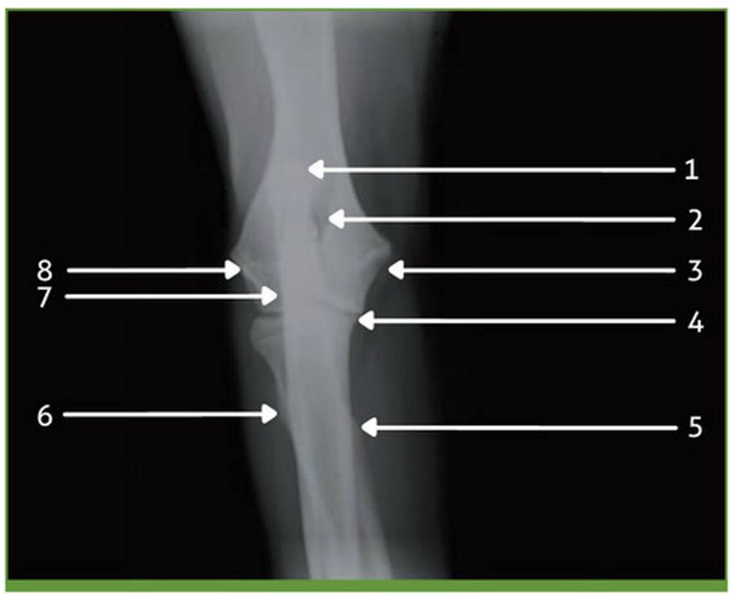


Figura 10. Radiografía craneocaudal del codo de un Golden Retriever de 1 año de edad. 1. Olécranon, 2. Fosa del olécranon, 3. Epicóndilo medial, 4. Proceso coronoideo medial del cúbito, 5. Tuberosidad radial, 6. Eminencia ósea, 7. Aspecto lateral del capítulo, 8. Epicóndilo lateral.

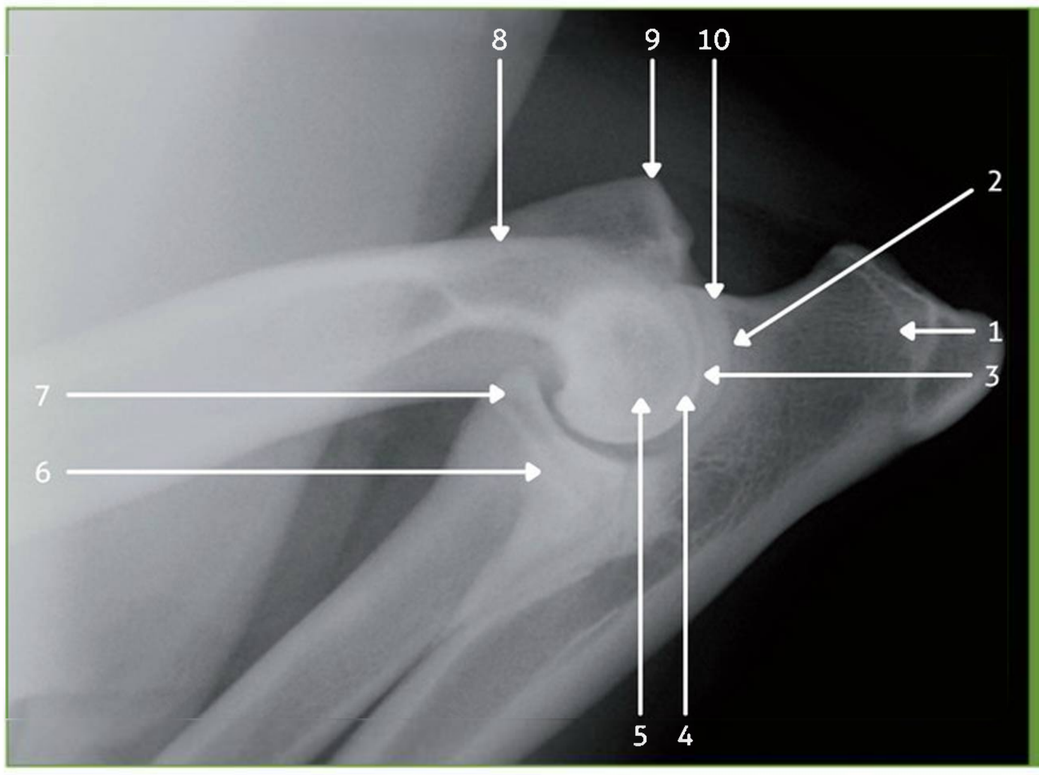


Figura 11. Radiografía lateral del codo en flexión de un Golden Retriever de 1 año de edad. Obsérvese el ángulo de apertura craneal en torno a 30º.

1. Olécranon.
2. Aspecto medial de la tróclea.
3. Aspecto lateral del capítulo.
4. Surco troclear.
5. Cóndilo.
6. Proceso coronoideo medial.
7. Cabeza del radio.
8. Epicóndilo lateral.
9. Epicóndilo medial.
10. Superficie dorsal del proceso ancóneo.

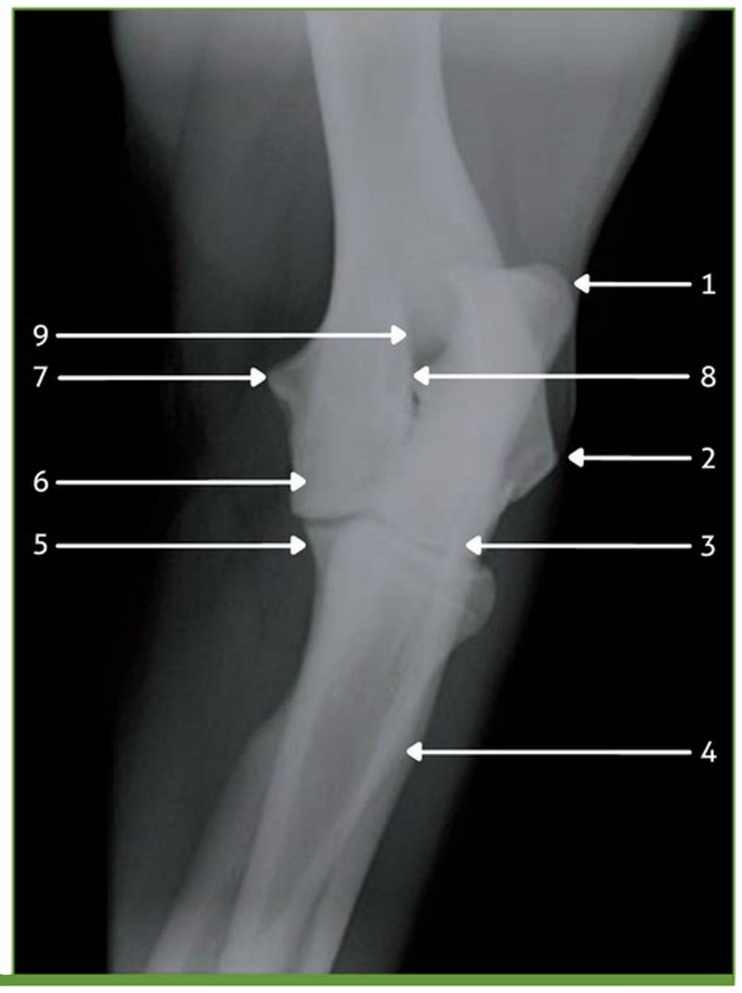


Figura 12. Radiografía oblicua craneolateral-caudomedial del codo de un Golden Retriever de 1 año de edad.

1. Olécranon.
2. Epicóndilo lateral.
3. Proceso coronoideo lateral.
4. Eminencia lateral.
5. Proceso coronoideo medial.
6. Aspecto medial de la tróclea.
7. Epicóndilo medial.
8. Proceso ancóneo.
9. Agujero supratroclear.

Figura 13. Radiografía lateral del codo de un gato adulto Común Europeo. 1. Olécranon, 2. Epicóndilo medial, 3. Proceso coronoideo lateral;, 4. Tuberosidad radial, 5. Cabeza del radio, 6. Cóndilo humeral, 7. Proceso ancóneo, 8. Fosa del olécranon.

Figura 14. Radiografía craneocaudal del codo de un gato Bosque de Noruega de 11 años de edad.

1. Olécranon.
2. Foramen supratroclear.
3. Proceso ancóneo.
4. Epicóndilo medial.
5. Tróclea.
6. Proceso coronoideo medial.
7. Epicóndilo lateral.

Figura 15. Radiografía lateral del codo de un gato Común Europeo de 18 semanas de edad. 1. Olécranon, 2. Líneas de crecimiento abiertas, 3. Proceso coronoideo lateral, 4. Tuberosidad radial, 5. Cóndilo humeral, 6. Epicóndilo lateral, 7. Proceso ancóneo.

El codo es una articulación compleja, formada por tres huesos dispuestos de tal manera que su evaluación es difícil con la radiología convencional, debido a la superposición de las múltiples estructuras óseas. Esta dificultad se encuentra superada por la TC, que es capaz de obtener imágenes tomográficas de un milímetro de grosor de la articulación en distintos planos, mostrando los detalles óseos del húmero, del cúbito y del radio evitando la superposición estructural (figs. 16, 17 y 18). Además, esta técnica de imagen es capaz de realizar reconstrucciones en 3D (figs. 19, 20, 21 y 22), lo que puede ser de gran utilidad cuando existen fracturas complejas.

Figura 16. Imagen tomográfica en sección transversal del codo de un Golden Retriever de 1 año de edad a nivel del proceso coronoideo medial en ventana de hueso. 1. Proceso coronoideo medial, 2. Epicóndilo medial.

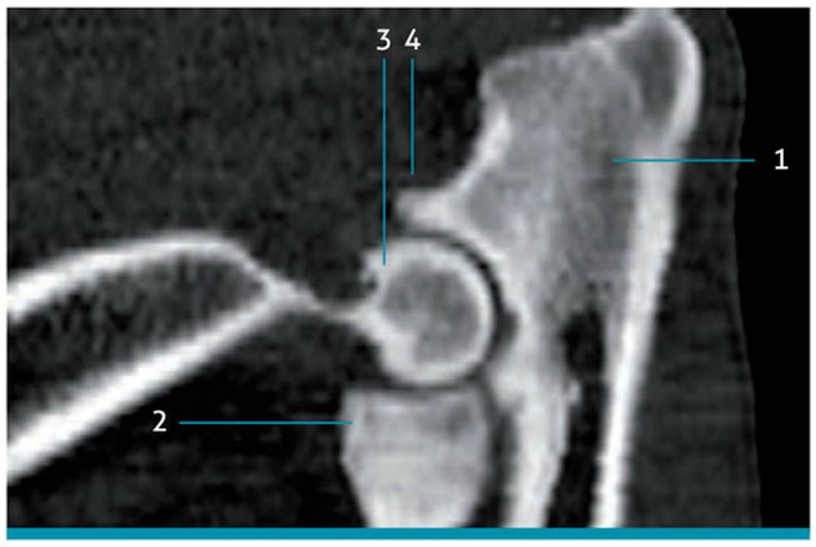


Figura 17. Reconstrucción tomográfica en sección sagital del codo de un Golden Retriever de 1 año de edad a nivel del proceso ancóneo en ventana de hueso. 1. Olécranon, 2. Cabeza del radio, 3. Tróclea, 4. Proceso ancóneo.

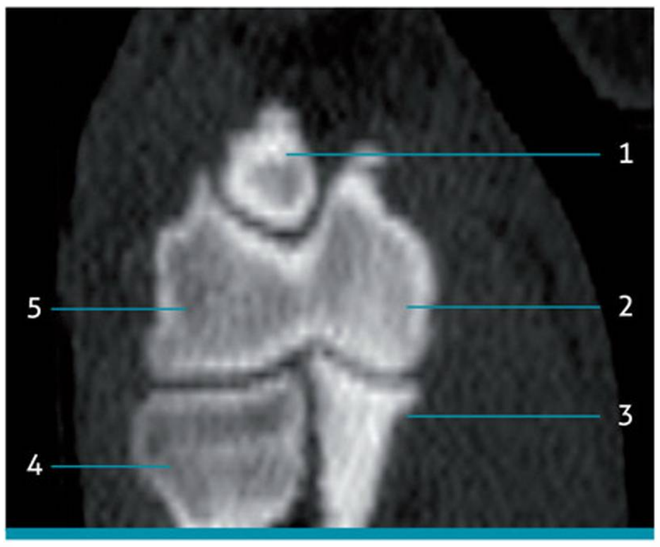


Figura 18. Reconstrucción tomográfica en sección dorsal del codo de un Golden Retriever de 1 año de edad en ventana de hueso. 1. Olécranon, 2. Epicóndilo medial del humero, 3. Cúbito, 4. Cabeza del radio, 5. Epicóndilo lateral del húmero.

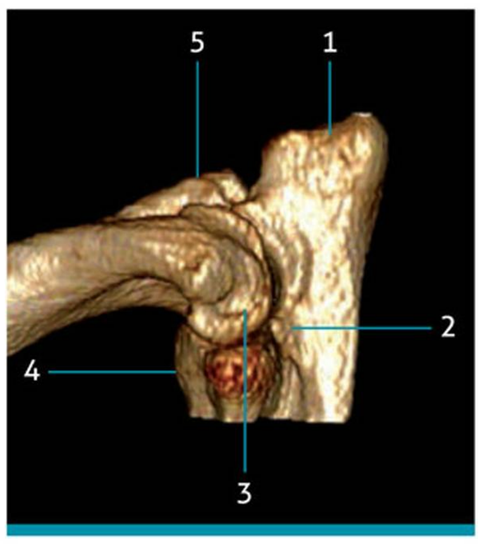


Figura 19. Reconstrucción tomográfica tridimensional en aproximación lateral de un codo en flexión en un Golden Retriever de 1 año de edad. 1. Olécranon, 2. Proceso coronoideo lateral, 3. Epicóndilo lateral del húmero, 4. Cabeza del radio, 5. Epicóndilo medial del húmero.

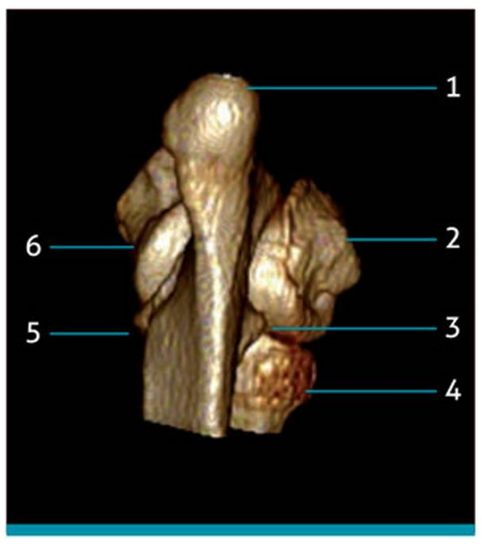


Figura 20. Reconstrucción tomográfica tridimensional en aproximación caudal de un codo en flexión en un Golden Retriever de 1 año de edad. 1. Olécranon, 2. Epicóndilo lateral de húmero, 3. Proceso coronoideo lateral, 4. Cabeza del radio, 5. Proceso coronoideo medial, 6. Epicóndilo medial del húmero.

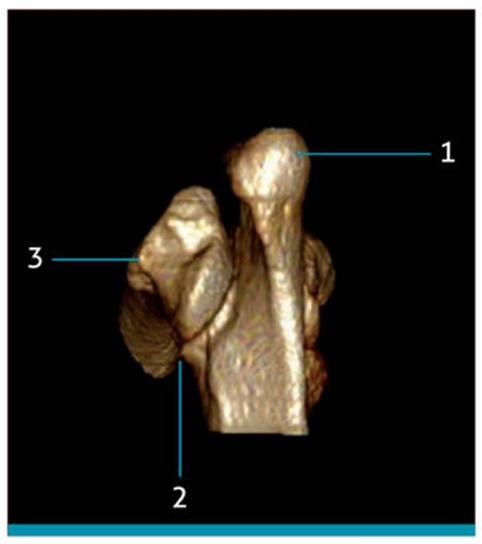


Figura 21. Reconstrucción tomográfica tridimensional en aproximación oblicua caudal de un codo en flexión en un Golden Retriever de 1 año de edad. 1. Olécranon, 2. Proceso coronoideo medial, 3. Epicóndilo medial del húmero.

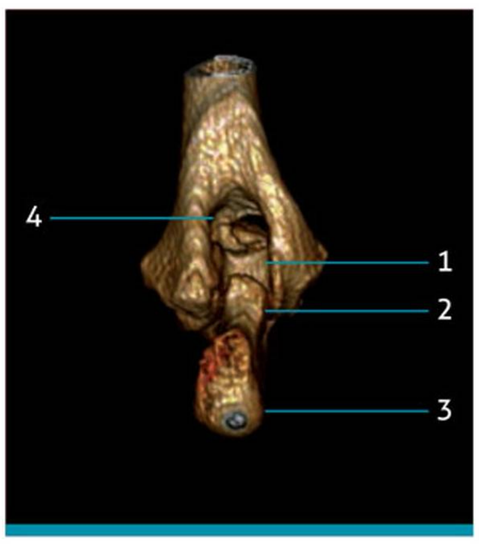
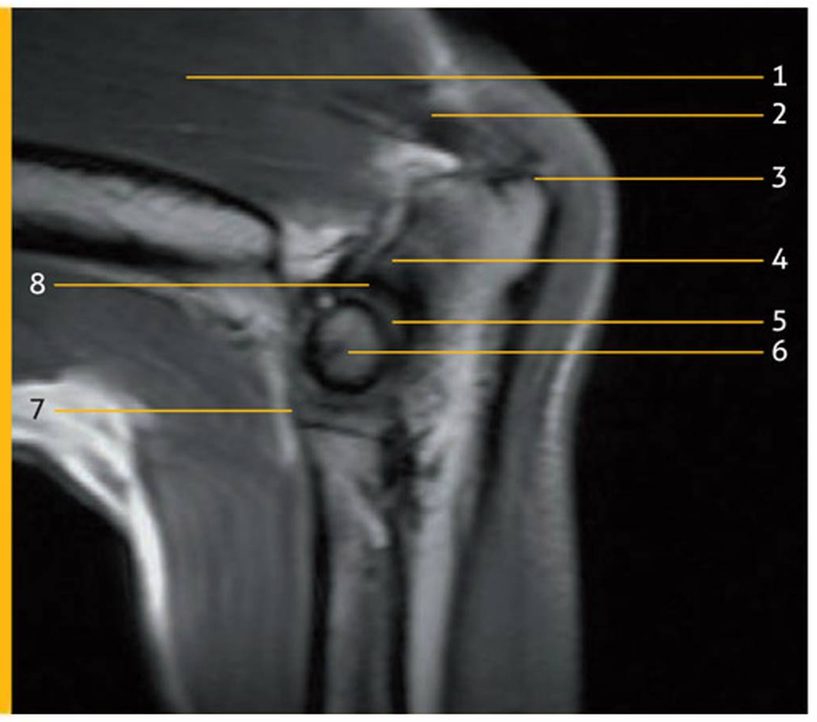


Figura 22. Reconstrucción tomográfica tridimensional en aproximación caudodorsal de un codo en flexión en un Golden Retriever de 1 año de edad. 1. Tróclea del húmero, 2. Proceso ancóneo, 3. Olécranon, 4. Foramen supratroclear.

No obstante, la ecografía y la resonancia magnética son técnicas complementarias de la radiología y la TC a la hora de investigar el codo. La RM muestra con detalle las estructuras periarticulares, pero no supera el detalle óseo que ofrece la TC (fig. 23).

Figura 23. Imagen de resonancia magnética ponderada en T1 mostrando una sección sagital del codo de un perro.

1. Tríceps.
2. Tendón del tríceps.
3. Olécranon.
4. Proceso ancóneo.
5. Cartílagos articulares del húmero y del cúbito.
6. Cóndilo lateral del húmero.
7. Cabeza del radio.
8. Hueso subcondral.



Se ha descrito la técnica ecográfica del codo y su mayor utilidad se ha observado en la evaluación de desmitis, músculos, vasos sanguíneos, nervios e incluso superficies óseas del ancóneo o del proceso coronoideo medial, aunque la visualización del tejido óseo presenta grandes limitaciones.

El carpo y la mano

La articulación del carpo del perro y del gato está formada por quince huesos. En sentido proximodistal y mediolateral pueden identificarse:

- Las epífisis distales del radio y cúbito.
- El hueso sesamoideo del tendón del músculo abductor largo del primer dedo.
- El hueso carporradial, carpocubital y accesorio o pisiforme en la fila proximal.
- Los huesos de la fila distal llamados carpales I, II, III y IV.
- Los 5 huesos metacarpianos.

Para una correcta evaluación de esta articulación se requieren, al menos, dos proyecciones, una lateral (figs. 24, 28 y 30) y otra dorsopalmar (figs. 25, 26, 27, 29 y 31). Puede requerir, además, exploraciones radiográficas dinámicas en las que se aplica una fuerza de estiramiento no usual sobre determinados ligamentos, para optimizar la visualización de los espacios articulares e investigar su integridad.

La ecografía está descrita en esta articulación para la evaluación del canal del carpo, las superficies óseas y el nervio mediano. La resonancia magnética ofrece una excelente información sobre estas estructuras. La TC aporta un excelente detalle óseo.

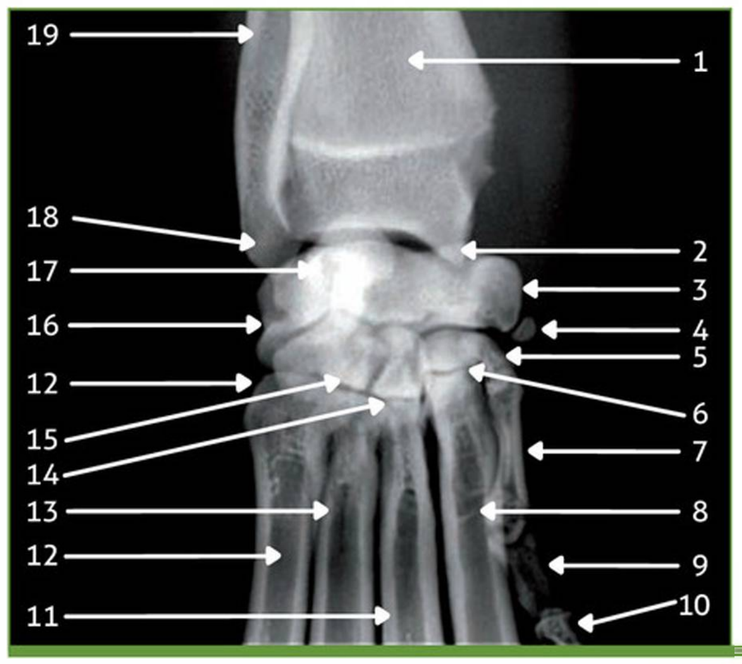
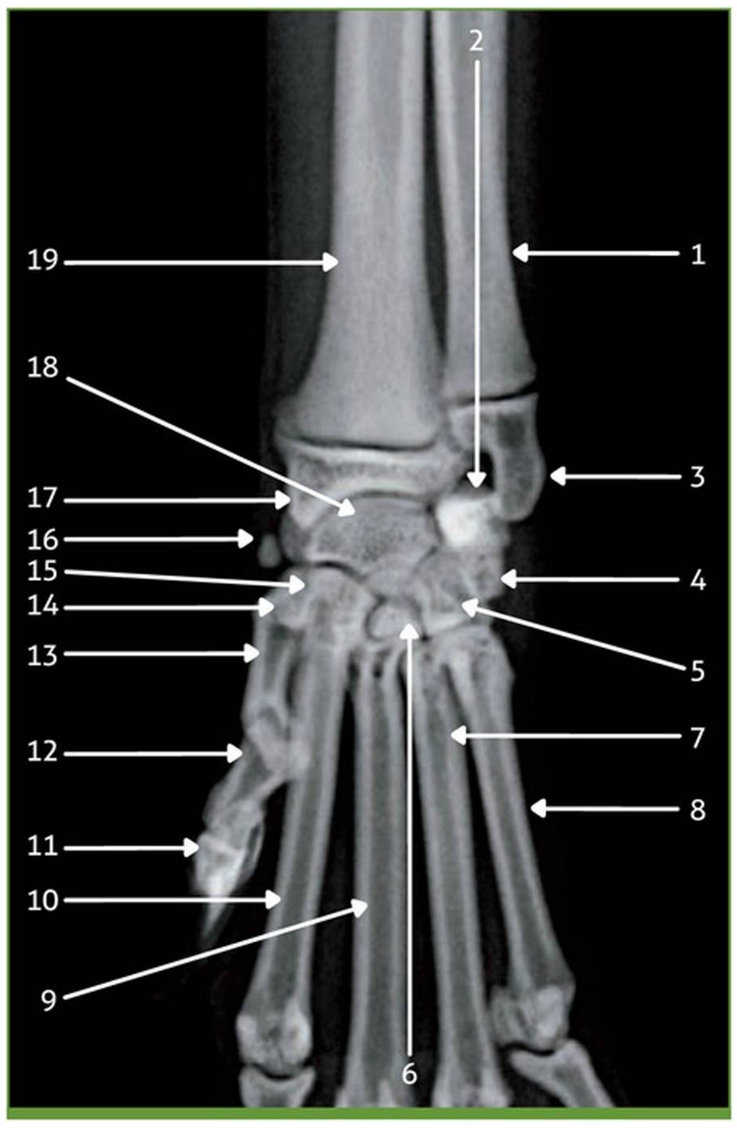


Figura 25. Radiografía dorsopalmar del carpo de un perro adulto. 1. Radio, 2. Proceso estiloides medial del radio, 3. Hueso carporradial, 4. Hueso sesamoideo del tendón del músculo abductor largo del primer dedo, 5. Hueso carpal I, 6. Hueso carpal II, 7. Metacarpiano I, 8. Metacarpiano II, 9. Falange proximal del primer dedo, 10. Falange distal del primer dedo, 11. Metacarpiano III, 12. Metacarpiano V, 13. Metacarpiano IV, 14. Hueso del carpo III, 15. Hueso del carpo IV, 16. Hueso ulnar, 17. Hueso accesorio del carpo, 18. Proceso estiloides lateral del cúbito, 19. Cúbito.

Figura 24. Radiografía lateral del carpo de un Pastor Alemán de 7 meses de edad. 1. Cúbito, 2. Radio, 3. Hueso accesorio del carpo, 4. Proceso estiloides lateral del cúbito, 5. Hueso ulnar del carpo, 6. Hueso carpal III y IV, 7. Metacarpiano I, 8. Sesamoideo proximal, 9. Falange proximal del primer dedo, 10. Falange distal del primer dedo, 11. Metacarpiano, 12. Hueso carpal I, 13. Hueso carpal II, 14. Hueso carporradial, 15. Epífisis del radio.



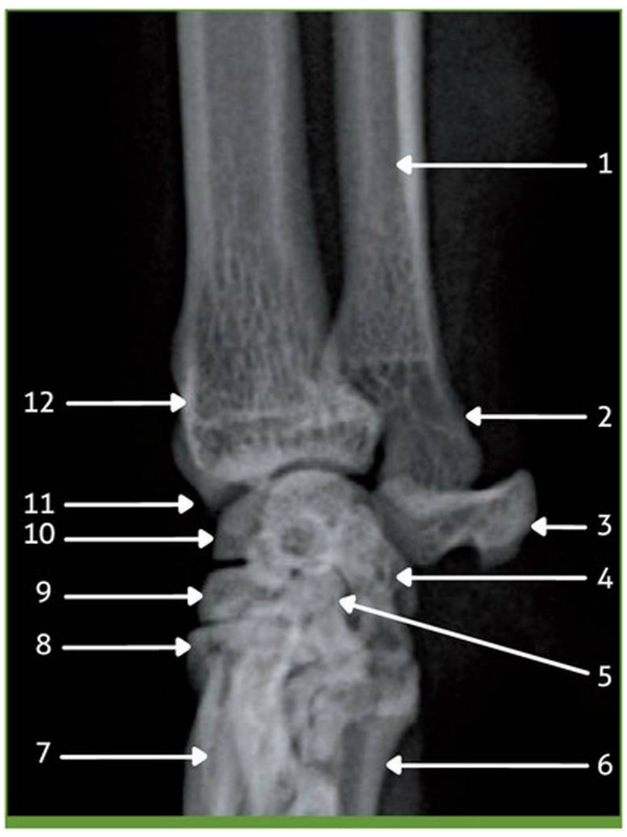


Figura 26. Radiografía dorsopalmar de la mano de un perro adulto. 1. Metacarpo V, 2. Epífisis del metacarpo V, 3. Falange proximal, 4. Falange media, 5. Falange distal, 6. Sesamoideos proximales.

Figura 27. Radiografía dorsopalmar del carpo de un gato Común Europeo de 7 meses.1. Cúbito, 2. Hueso accesorio del carpo, 3. Proceso estiloides lateral, 4. Hueso ulnar, 5. Hueso carpal IV, 6. Hueso carpal III, 7. Metacarpiano IV, 8. Metacarpiano V, 9. Metacarpiano III, 10. Metacarpiano II, 11. Falange distal, 12. Falange proximal, 13. Metacarpiano I, 14. Hueso carpal I, 15. Hueso carpal II, 16. Hueso sesamoideo del músculo abductor largo del pulgar, 17. Proceso estiloides medial del radio, 18. Hueso carporradial, 19. Radio.

Figura 28. Radiografía lateral del carpo de un gato Bosque de Noruega de 11 años de edad. 1. Cúbito, 2. Proceso estiloides lateral del cúbito, 3. Hueso accesorio del carpo, 4. Hueso ulnar, 5. Hueso carpal IV, 6. Metacarpiano I, 7. Metacarpiano, 8. Hueso carpal III, 9. Hueso carpal II, 10. Hueso carporradial, 11. Proceso estiloides medial, 12. Radio.

Figura 29. Radiografía dorsopalmar del carpo de un perro de dos meses de edad. 1. Metacarpo V, 2. Epífisis del metacarpo V, 3. Falange proximal, 4. Falange media, 5. Falange distal, 6. Sesamoideos proximales, 7. Falange distal, 8. Falange media, 9. Metacarpiano I.

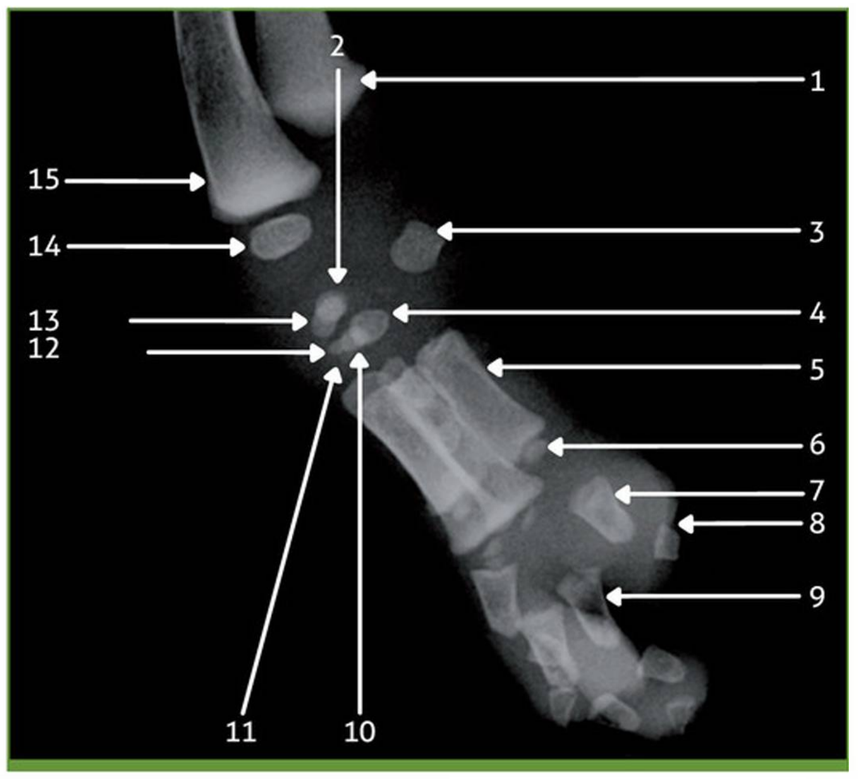


Figura 30. Radiografía lateral del carpo de un mastín de 3 semanas. 1. Cúbito, 2. Hueso ulnar del carpo, 3. Hueso accesorio del carpo, 4. Hueso del carpo IV, 5. Metacarpiano, 6. Epífisis del metacarpiano, 7. Falange proximal del primer dedo, 8. Falange distal del primer dedo, 9. Falange media, 10. Hueso carpal III, 11. Hueso carpal II, 12. Hueso carpal I, 13. Hueso carporradial, 14. Epífisis del radio, 15. Radio.

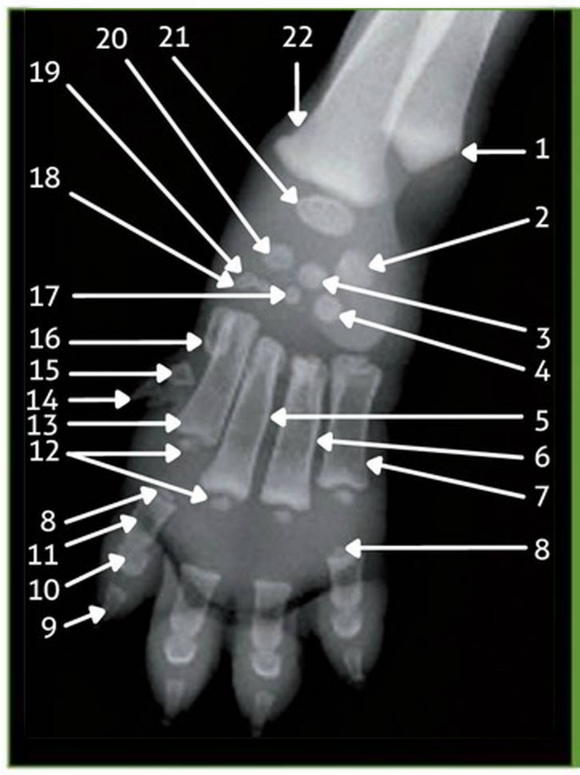


Figura 31. Radiografía dorsopalmar del carpo de un Mastín de 3 semanas.

1. Cúbito.
2. Hueso accesorio del carpo.
3. Hueso ulnar.
4. Hueso IV del carpo.
5. Metacarpiano III.
6. Metacarpiano IV.
7. Metacarpiano V.
8. Epífisis de la falange proximal.
9. Falange distal.
10. Falange media.
11. Falange proximal.
12. Epífisis metacarpianas.
13. Metacarpiano II.
14. Falange distal del primer dedo.
15. Falange proximal del primer dedo.
16. Metacarpiano I.
17. Hueso carpal III.
18. Hueso carpal I.
19. Hueso carpal II.
20. Hueso carporradial.
21. Epífisis del radio.
22. Radio.

La mano de los perros y gatos está compuesta por metacarpos, falanges proximales, medias, distales y sesamoideos palmares y proximales, que conforman la distintas articulaciones de carácter sinovial en esta región. Las alteraciones de las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas suelen evaluarse mediante radiología convencional, debido a que la masa muscular es muy pequeña y no existe apenas superposición de estructuras óseas en las radiografías.

La ecografía puede ser empleada para la localización de cuerpos extraños o el examen de superficies óseas (fig. 32).

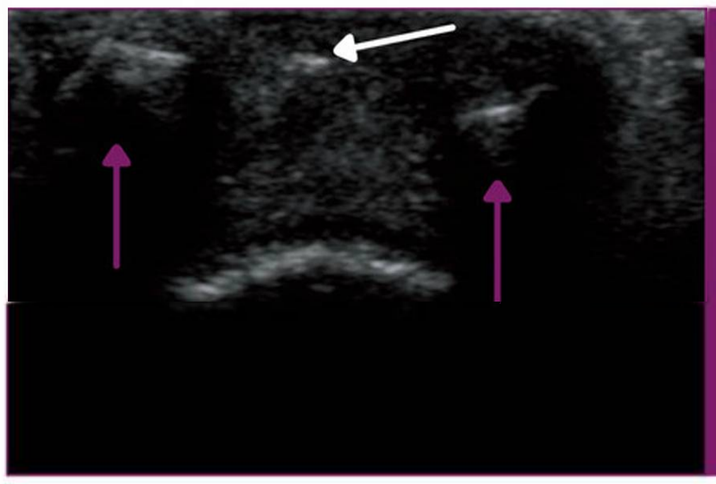


Figura 32. Imagen ecográfica mostrando una sección transversal de un dedo de un perro a nivel de su falange proximal. Obsérvese entre la segunda y tercera falange (flechas moradas), el punto hiperecogénico con sombra acústica posterior (flecha blanca) que resultó ser una espiga.

Miembro pelviano y cadera

La cadera

La cintura pélvica está formada por una estructura simétrica llamada cadera a ambos lados derecho e izquierdo.
A su vez, la cadera está compuesta por cuatro huesos:

1. Ilion.
2. Isquion.
3. Hueso acetabular.
4. Pubis.

El acetábulo, formado por la unión de estos cuatro huesos, acoge a la cabeza del fémur en la articulación coxofemoral.

Otra de las articulaciones de la cintura pélvica es la sacroilíaca, la cual se encarga de transmitir el impulso del miembro pelviano a la columna vertebral para dirigirla hacia delante. Esta articulación, pese a ser de tipo sinovial, no presenta superficies desplazables entre sí, siendo prácticamente inmóvil y aportando estabilidad a la cintura pélvica.

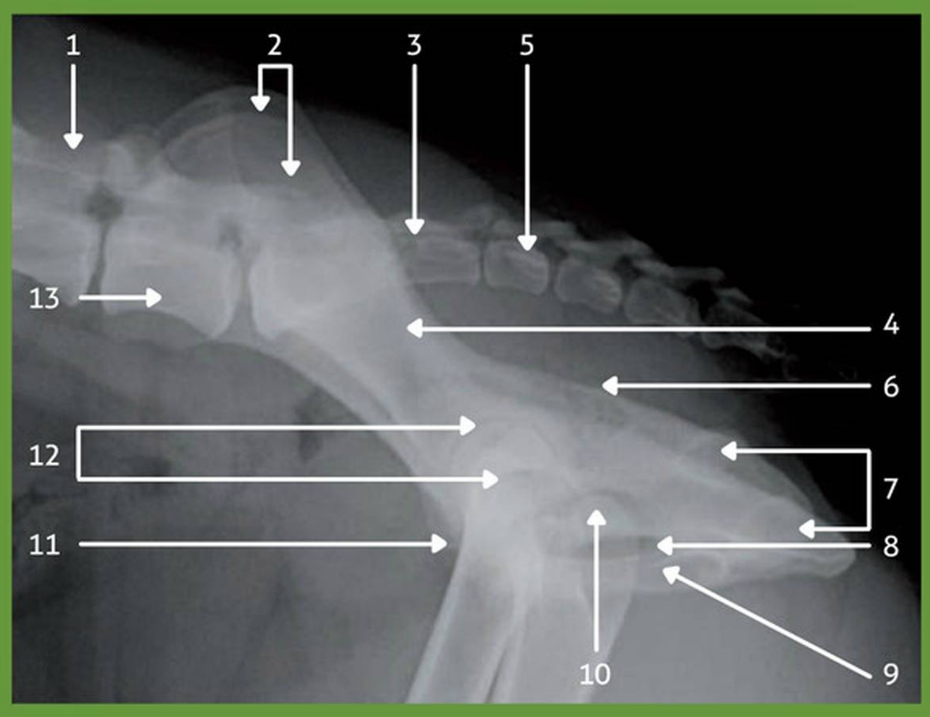


Figura 33. Radiografía lateral de la cadera de un perro adulto. 1. Sexta vértebra lumbar, 2. Alas del ilion, 3. Sacro, 4. Cuerpo del ilion, 5. Primera vértebra coccígea, 6. Espina isquiática, 7. Tuberosidades isquiáticas, 8. Agujero obturado, 9. Sínfisis púbica, 10. Trocánter mayor del fémur, 11. Eminencia iliopúbica, 12. Articulaciones coxofemorales, 13. Séptima vértebra lumbar.

La evaluación radiológica de la cadera (figs. 33 a 37) requiere mucha precisión en el posicionamiento, especialmente cuando nos referimos a la investigación explícita de la displasia de cadera en el perro. En estos casos, se requiere una posición ventrodorsal dinámica con ambas articulaciones en extensión. Además, es necesario aplicar una fuerza interna de rotación medial sobre las tibias, alejando a las cabezas femorales de sus respectivos acetábulos para intentar demostrar una subluxación articular.

La radiografía ventrodorsal de una cadera correctamente posicionada en el caso de una investigación de displasia tiene las siguientes características (fig. 34):

- Las alas del ilion y los agujeros obturados de ambos lados deben presentar un aspecto lo más similar posible.
- Los fémures han de situarse paralelos entre sí.
- Las rótulas deben estar centradas entre los cóndilos femorales.

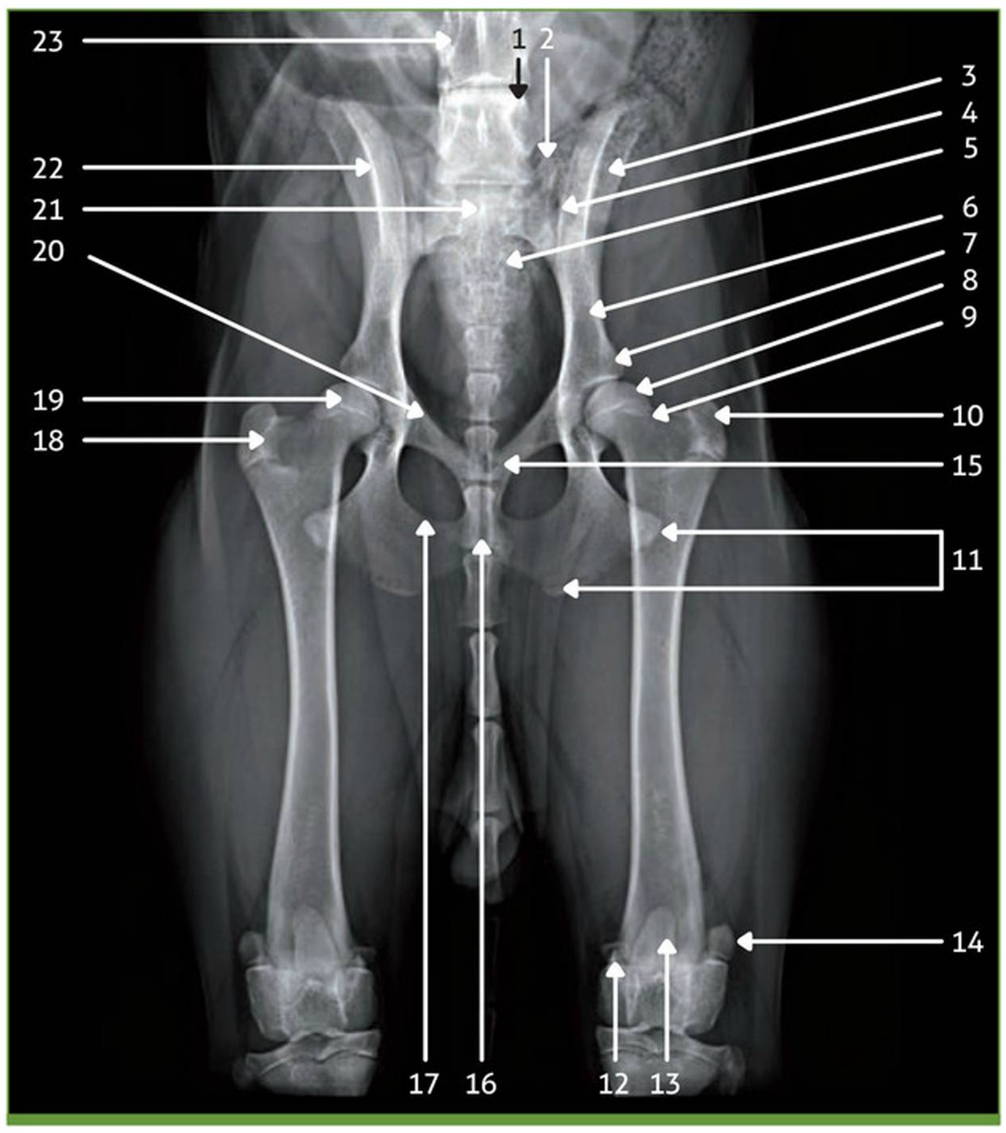


Figura 34. Radiografía ventrodorsal de la cadera de un perro de 11 meses. 1. Séptima vértebra lumbar, 2. Ala del sacro, 3. Ala del ilion, 4. Articulación sacroilíaca, 5. Primera vértebra coccígea, 6. Cuerpo del ilion, 7. Borde craneal acetabular, 8. Cabeza femoral, 9. Cuello femoral, 10. Trocánter mayor, 11. Tuberosidades isquiáticas, 12. Fabela medial, 13. Rótula, 14. Fabela lateral, 15. Pubis, 16. Sínfisis púbica, 17. Agujero obturado, 18. Fosa trocantérica, 19. Borde dorsal acetabular, 20. Pecten, 21. Cresta del sacro, 22. Espina ilíaca dorsal, 23. Sexta vértebra lumbar.

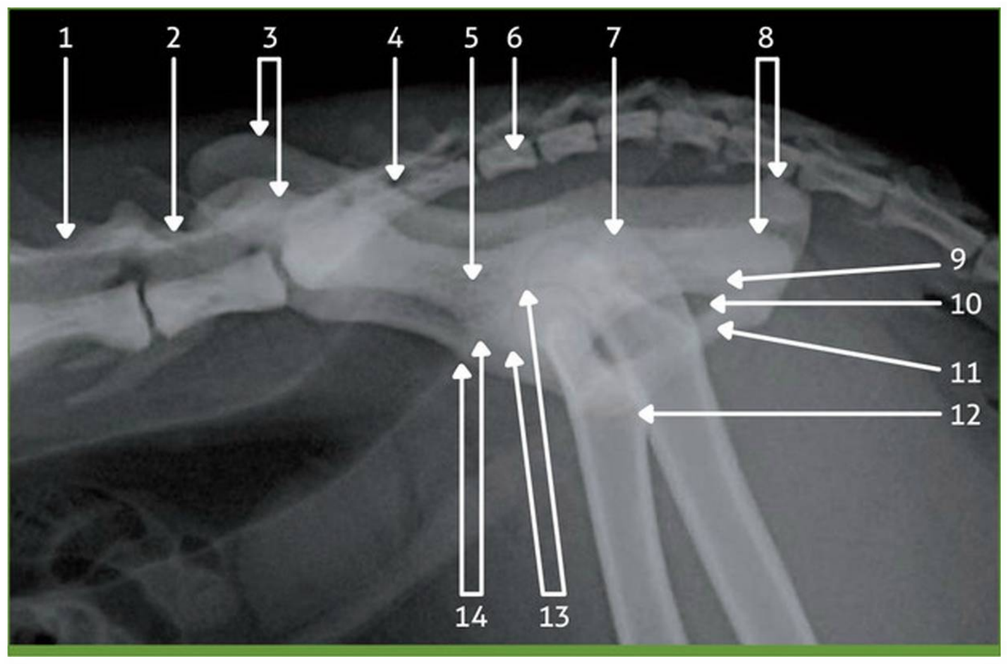


Figura 35. Radiografía lateral de la cadera de un gato adulto. 1. Sexta vértebra lumbar, 2. Séptima vértebra lumbar, 3. Alas del ilion, 4. Sacro, 5. Cuerpo del ilion, 6. Primera vértebra coccígea, 7. Trocánter mayor, 8. Tuberosidades isquiáticas, 9. Isquion, 10. Agujero obturado, 11. Sínfisis púbica, 12. Trocánter menor, 13. Articulaciones coxofemorales, 14. Eminencia iliopúbica.

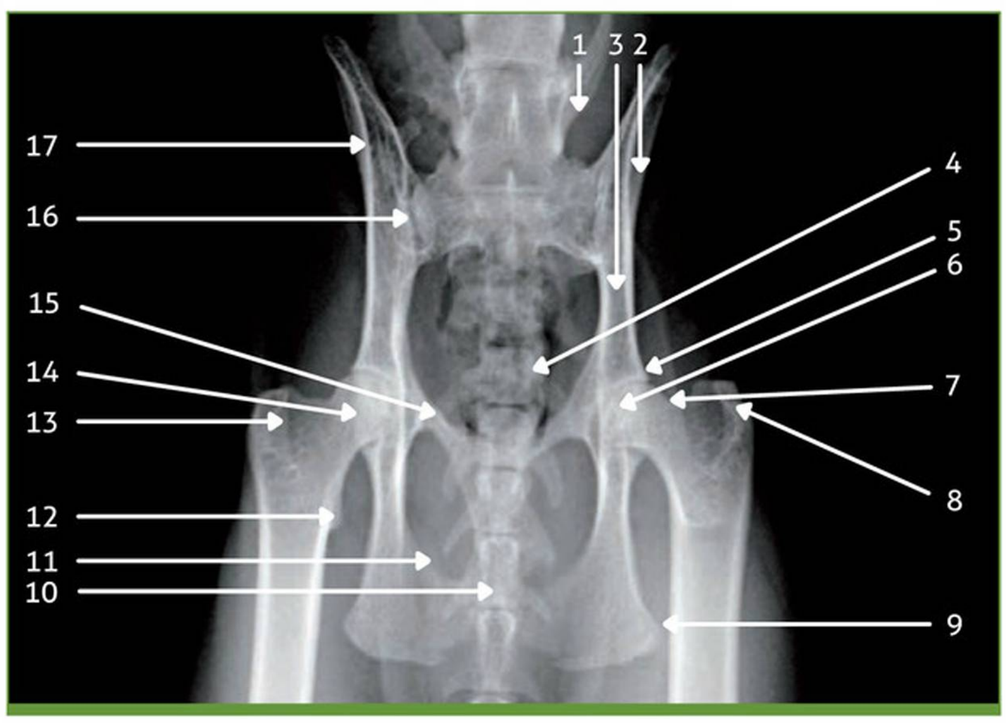


Figura 36. Radiografía ventrodorsal de la cadera de un gato adulto. 1. Séptima vértebra lumbar, 2. Ala del ilion, 3. Cuerpo del ilion, 4. Primera vértebra coccígea, 5. Borde craneal acetabular, 6. Cabeza femoral, 7. Cuello femoral, 8. Trocánter mayor, 9. Tuberosidad isquiática, 10. Sínfisis púbica, 11. Agujero obturado, 12. Trocánter menor, 13. Fosa trocantérica, 14. Borde dorsal acetabular, 15. Pecten, 16. Articulación sacroilíaca, 17. Espina ilíaca dorsal.

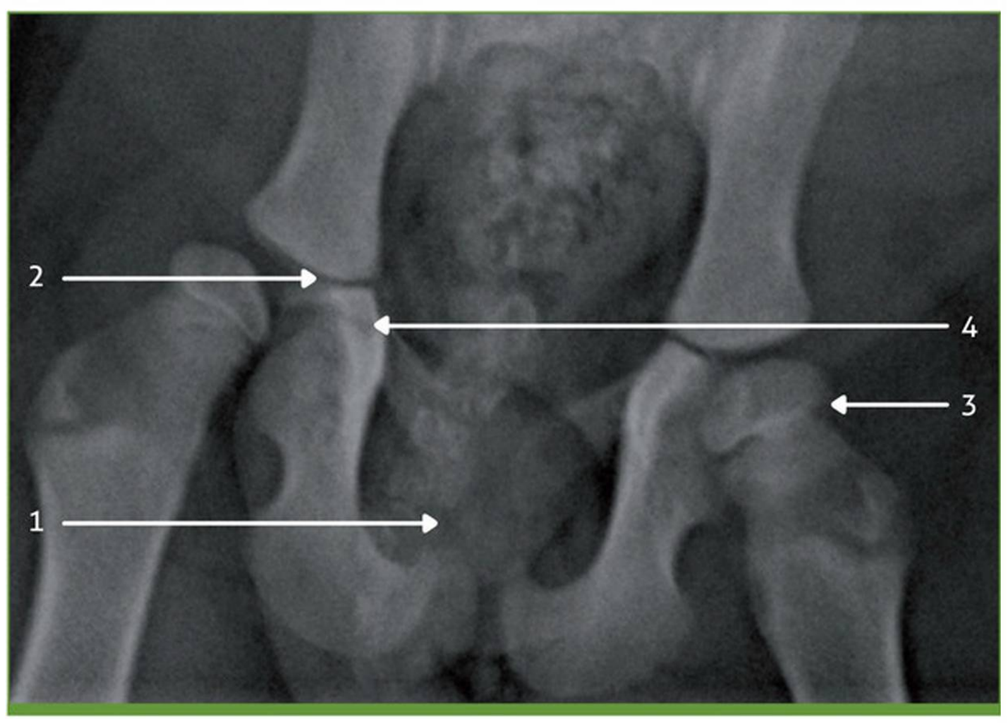
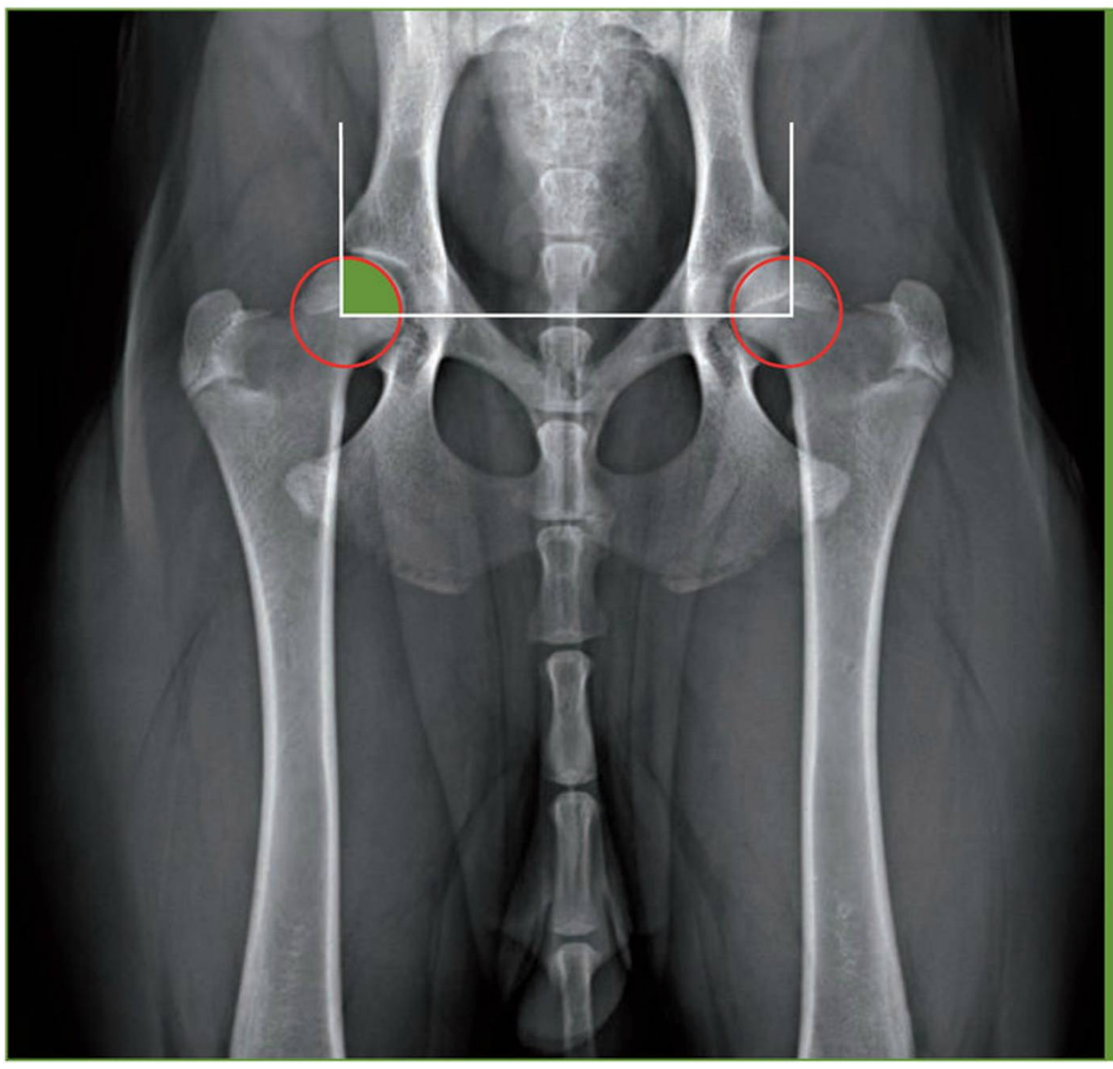


Figura 37. Radiografía ventrodorsal de la cadera de un Bulldog Inglés de 6 semanas de edad. Obsérvense las placas de crecimiento abiertas: 1. Isquiopúbica, 2. Ilioisquial, 3. Proximal del fémur, 4. Isquiopúbica.

Una vez obtenida la proyección ventrodorsal en la posición anteriormente descrita, se puede aplicar el **ángulo de Norberg**. Este ángulo correlaciona la posición de la cabeza femoral con la profundidad del acetábulo. Para ello, se traza un punto en cada centro de las cabezas femorales y se unen por una línea recta. Después, y a efectos de obtener un ángulo evaluable, se traza otra línea desde el centro de las cabezas femorales que recorra el espacio articular coxofemoral y alcance el borde craneodorsal del acétabulo (ver esquema). En las caderas normales se considera que el ángulo de Norberg debe ser igual o mayor de 105º. Por tanto, un ángulo de Norberg inferior a 105º indica un grado de subluxación coxofemoral. Existen otros métodos con mayor sensibilidad para examinar la laxitud de la cápsula articular en esta articulación, como es el **método PennHip**. Este método consiste en la aplicación de una fuerte tracción mecánica lateral de los fémures para así comprimir la cabeza femoral medialmente, obteniendo en este momento una imagen radiográfica en el punto de máxima congruencia articular, y posteriormente se obtiene una segunda radiografía aplicando una tracción mecánica medial, donde las cabezas femorales se situarán en la posición más excéntrica posible; así se obtiene un **índice de distracción**. Existen índices de distracción típicos para cada raza canina, pero en cualquier caso se considera anómalo si es superior a 0,3.

La ecografía, TC y RM están descritas para la evaluación de la articulación de la cadera, aunque no se utilizan de manera rutinaria.



Esquema de la aplicación del ángulo de Norberg para la evaluación del grado de subluxación coxofemoral.

La rodilla

En una imagen radiográfica de la región de la rodilla pueden identificarse siete huesos:

1. Fémur.
2. Rótula.
3. Fabela del gastrocnemio lateral.
4. Fabela del gastrocnemio medial.
5. Hueso sesamoideo del tendón del músculo poplíteo.
6. Tibia.
7. Peroné.

La visualización radiográfica (figs. 38 a 45) de esta articulación se encuentra favorecida por la presencia de tejido adiposo infrarrotuliano, lo que mejora la resolución entre el tendón rotuliano y la cápsula articular. La visualización de los ligamentos y demás estructuras no mineralizadas que contribuyen a la estabilidad de la articulación requiere otras técnicas de diagnóstico por imagen, como son la RM y la ecografía.

La ecografía permite la evaluación de múltiples estructuras tanto extrarticulares como intrarticulares. Por ello, esta técnica de imagen está siendo empleada cada vez con mayor frecuencia para el examen de esta articulación (figs. 46 y 47).

La TC requiere de artrografía para una correcta observación de los ligamentos cruzados y otras estructuras intrarticulares. Existen estudios que afirman que la artrografía combinada con TC, presenta similar especificidad y sensibilidad que la RM para la evaluación de alteraciones traumáticas en los meniscos.

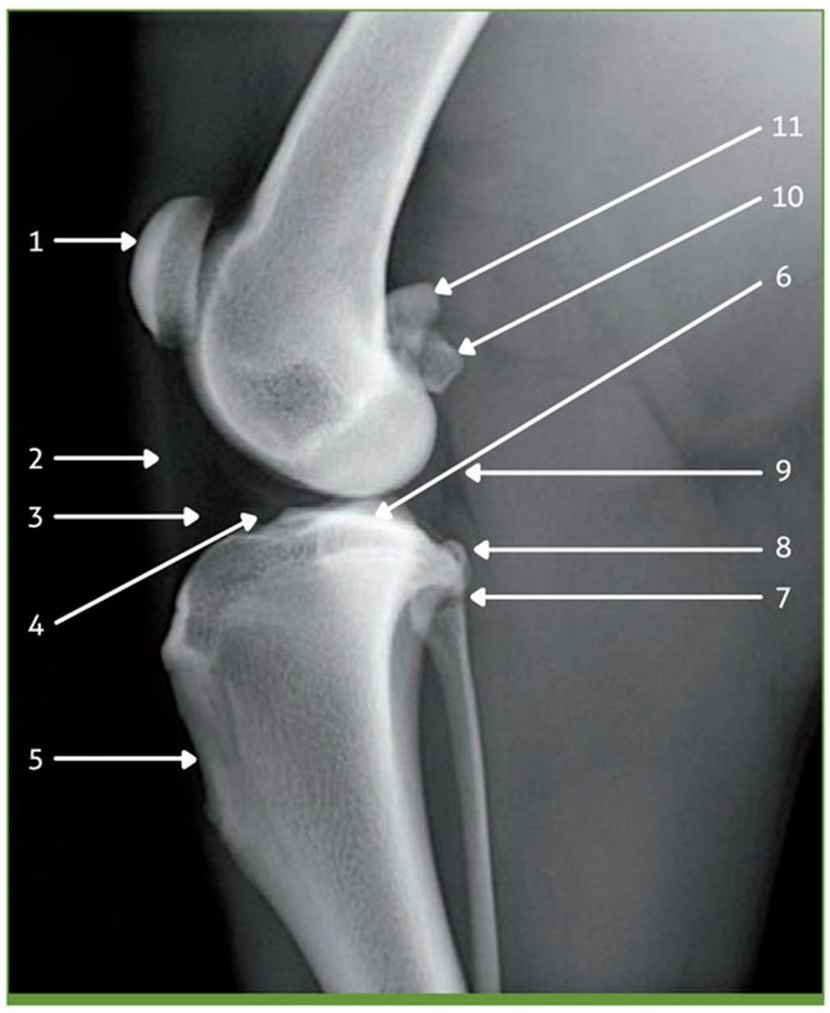
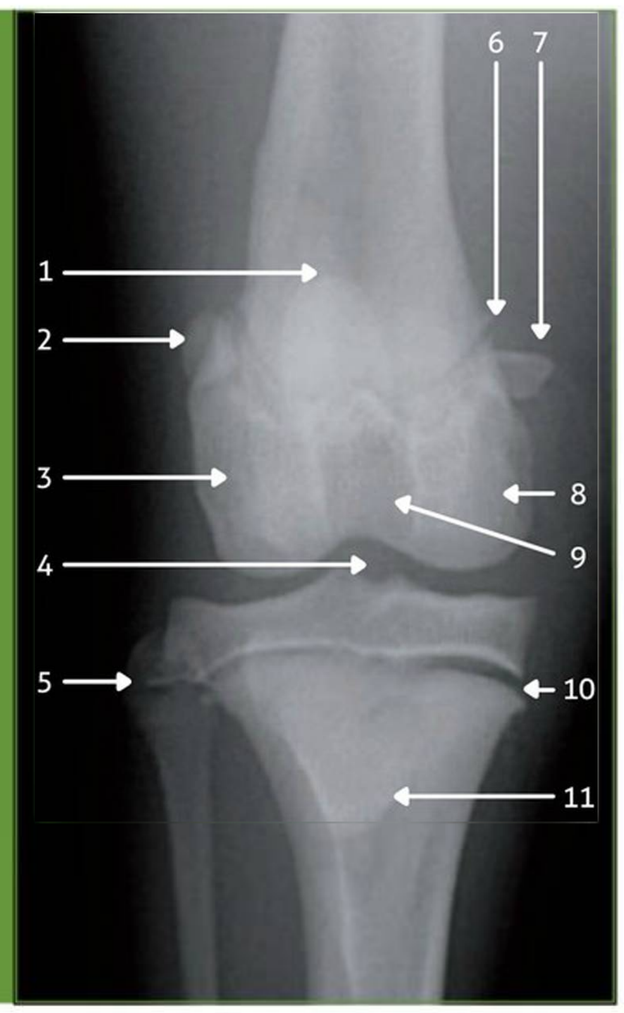


Figura 38. Radiografía lateral de la rodilla de un perro de 4 años. 1. Rótula, 2. Ligamento rotuliano, 3. Grasa infrarrotuliana, 4. Cápsula sinovial, 5. Cresta tibial, 6. Eminencia intercondilar, 7. Cabeza del peroné, 8. Fabela del músculo poplíteo, 9. Grasa en fascia, 10. Fabela medial, 11. Fabela lateral.

Figura 39. Radiografía caudocraneal de la rodilla en un perro de 4 meses.

1. Rótula.
2. Fabela lateral del músculo gastrocnemio.
3. Cóndilo lateral.
4. Eminencia intercondílea tibial.
5. Cartílago epifisario de crecimiento proximal del peroné.
6. Cartílago epifisario de crecimiento distal del fémur.
7. Fabela medial del músculo gastrocnemio.
8. Cóndilo medial del fémur.
9. Tróclea.
10. Cartílago epifisario de crecimiento proximal de la tibia.
11. Tuberosidad tibial.



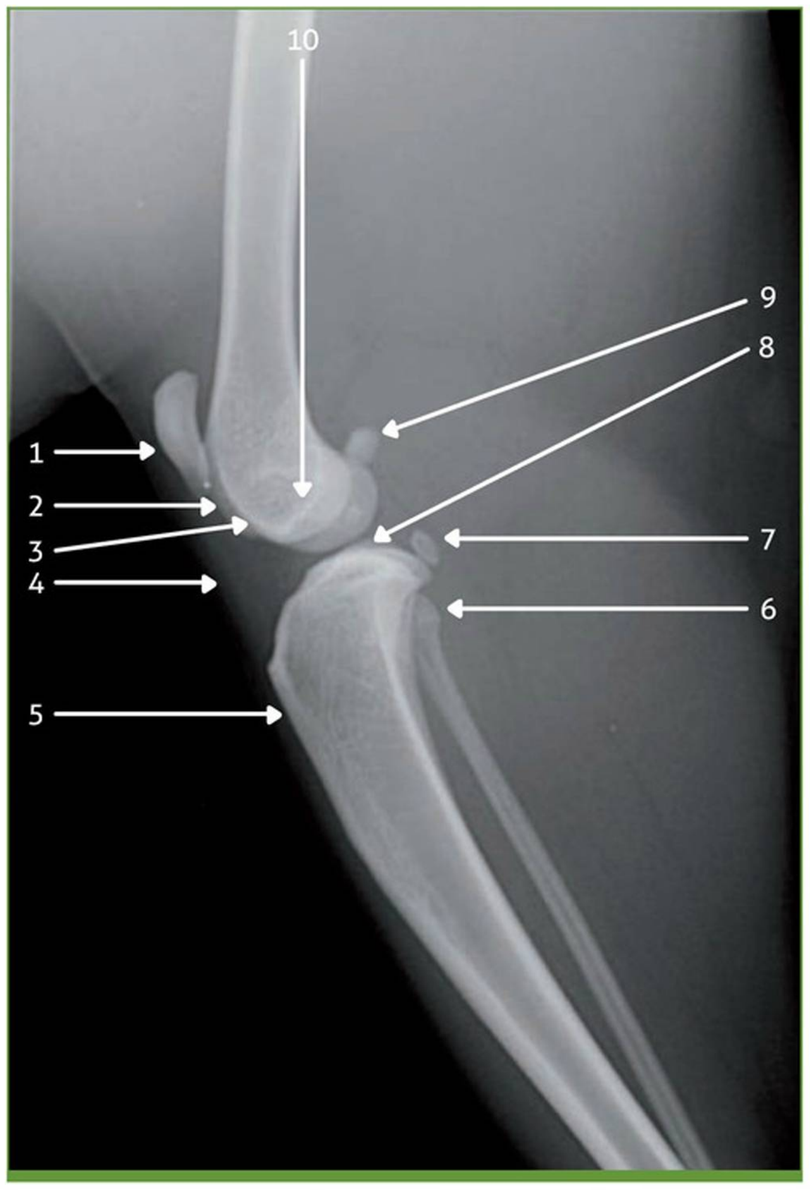


Figura 40. Radiografía lateral de la rodilla de un gato adulto. 1. Rótula, 2. Superficie medial troclear, 3. Superficie lateral troclear, 4. Ligamento rotuliano, 5. Cresta tibial, 7. Fabela del músculo poplíteo, 8. Eminencia intercondílea tibial, 9. Fabela lateral del músculo gastrocnemio, 10. Fosa intercondílea del fémur.

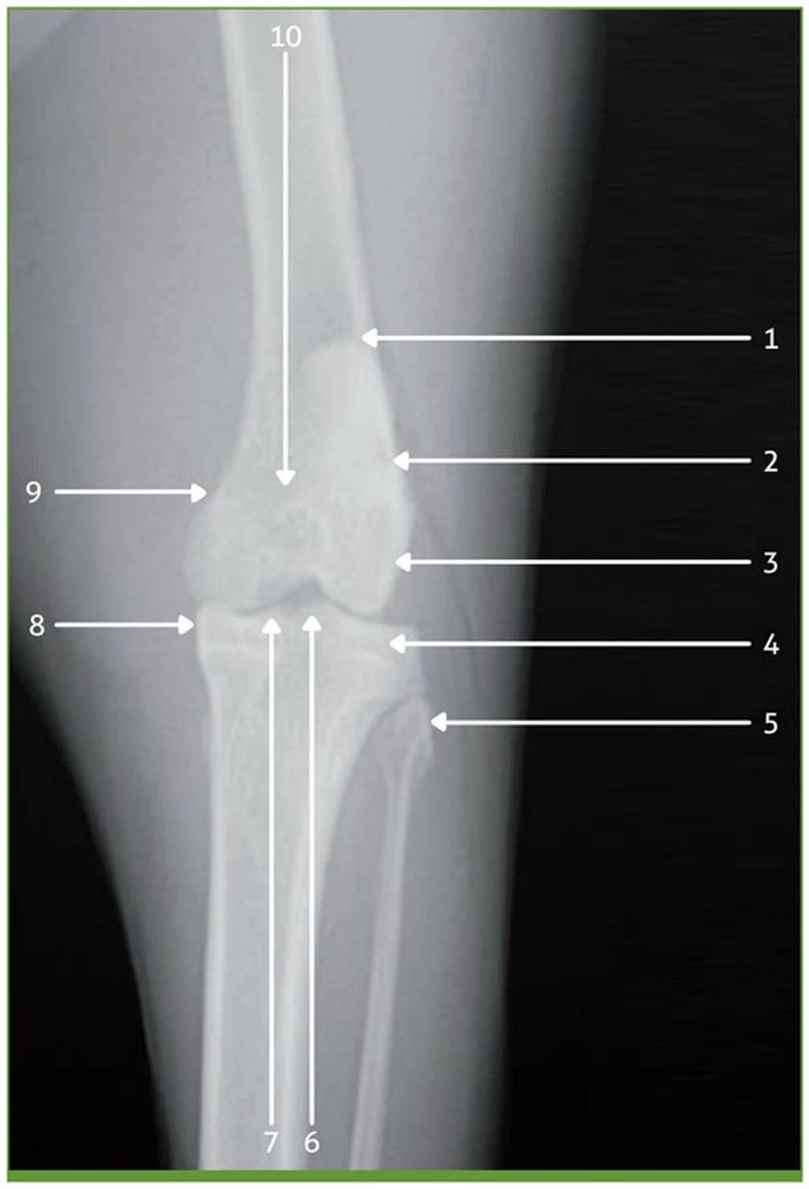


Figura 41. Radiografía caudocraneal de la rodilla de un gato adulto. 1. Rótula, 2. Fabela lateral, 3. Cóndilo lateral, 4. Fabela del músculo poplíteo superpuesta al cóndilo lateral de la tibia, 5. Peroné, 6. Tubérculo lateral, 7. Tubérculo medial, 8. Cóndilo medial de la tibia, 9. Cóndilo medial del fémur, 10. Fosa intercondílea del fémur.

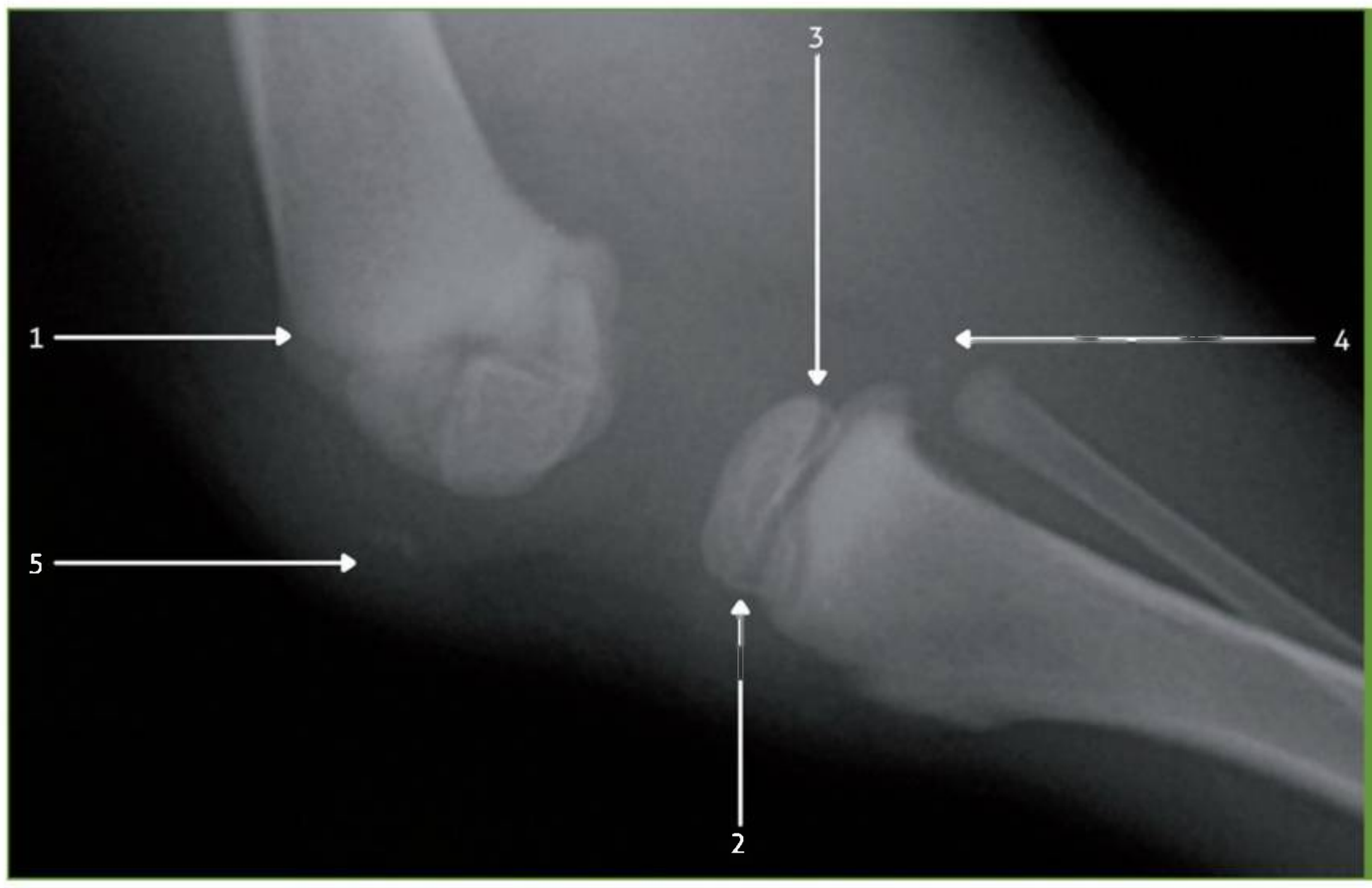


Figura 42. Radiografía lateral de la rodilla en un perro de 1 mes de edad.

1. Cartílago epifisario de crecimiento distal del fémur.
2. Cartílago epifisario de crecimiento proximal de la tibia.
3. Epífisis proximal de la tibia.
4. Epífisis proximal del peroné.
5. Obsérvese el inicio del proceso de mineralización de la rótula.

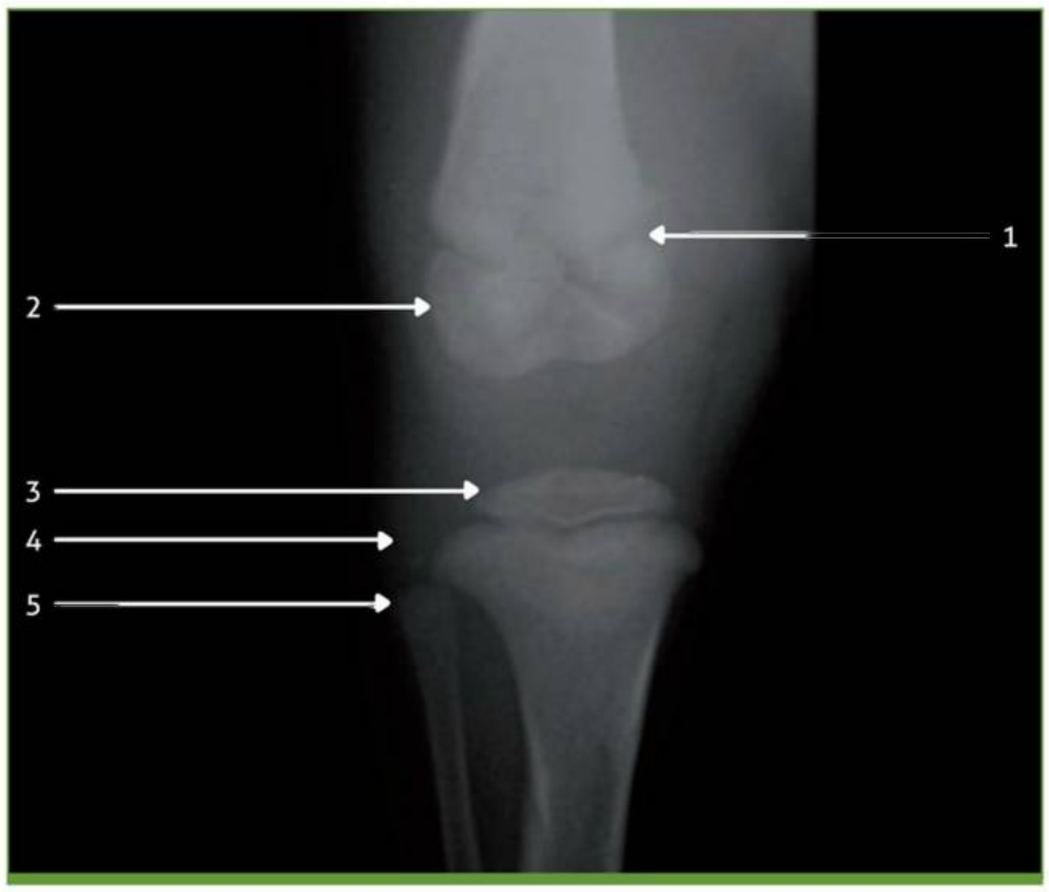


Figura 43. Radiografía caudocraneal de la rodilla en un perro de 1 mes de edad. 1. Cartílago epifisario de crecimiento distal del fémur, 2. Epífisis distal del fémur, 3. Epifisis proximal de la tibia, 4. Epífisis proximal del peroné, 5. Peroné.

Figura 44. Radiografía lateral de la rodilla en un gato de 1,5 meses. Obsérvese la escasa mineralización que presenta la rótula a esta edad (flecha).

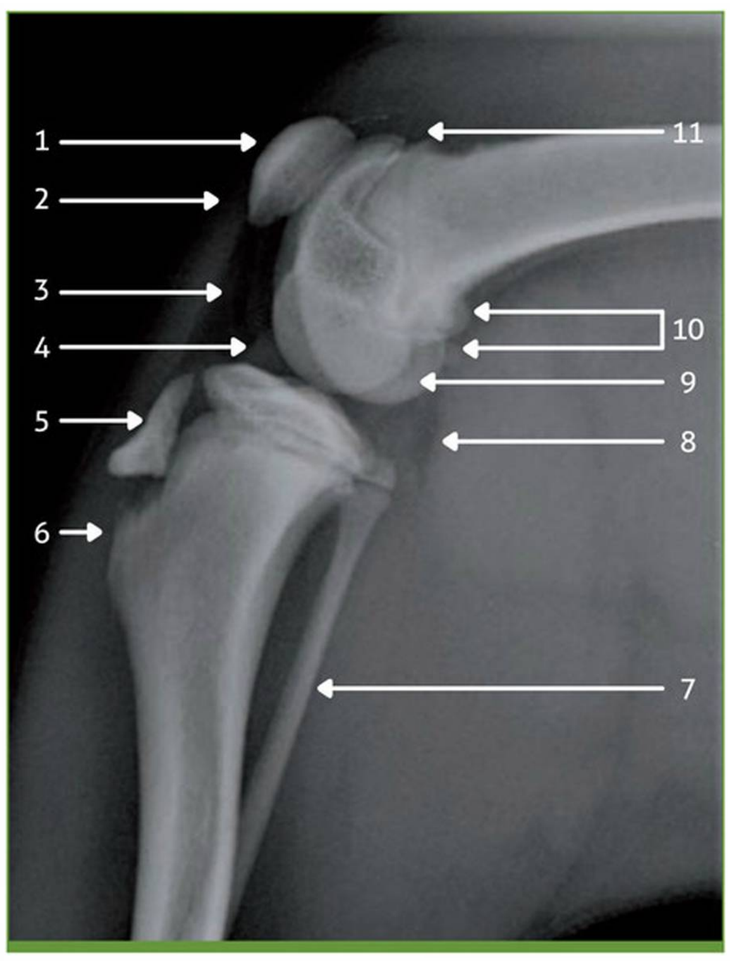


Figura 45. Radiografía lateral de la rodilla de un perro Bulldog Francés de 2,5 meses de edad. 1. Rótula, 2. Tendón rotuliano, 3. Tejido adiposo infrarrotuliano, 4. Límite craneal infrarrotuliano de la cápsula articular, 5. Tuberosidad tibial, 6. Cresta tibial, 7. Peroné, 8. Tejido adiposo de la fascia que delimita caudalmente la cápsula articular, 9. Cóndilos femorales, 10. Fabelas, 11. Cartílago epifisario de crecimiento distal del fémur.

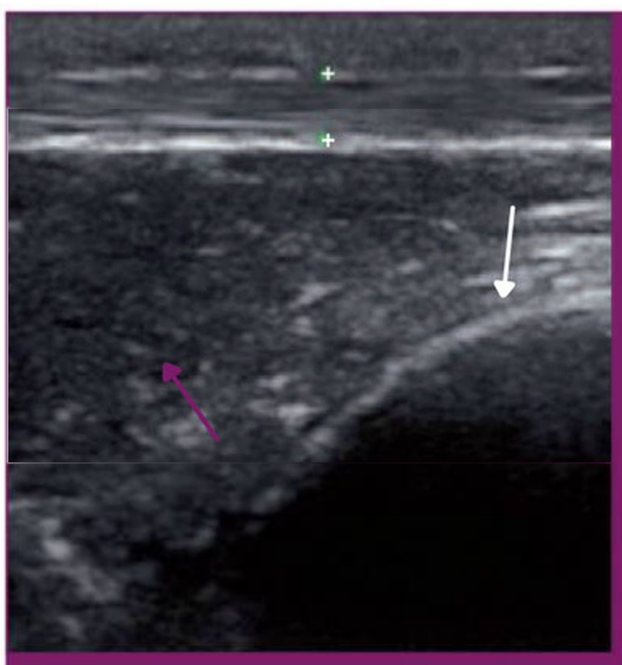


Figura 46. Imagen ecográfica del ligamento rotuliano en una sección sagital de la articulación en un abordaje infrarrotuliano craneal en un perro adulto. Obsérvese la disposición de las fibras y la morfología normal del ligamento rotuliano (entre +); cóndilo femoral (flecha blanca), grasa infrapatelar (flecha morada).

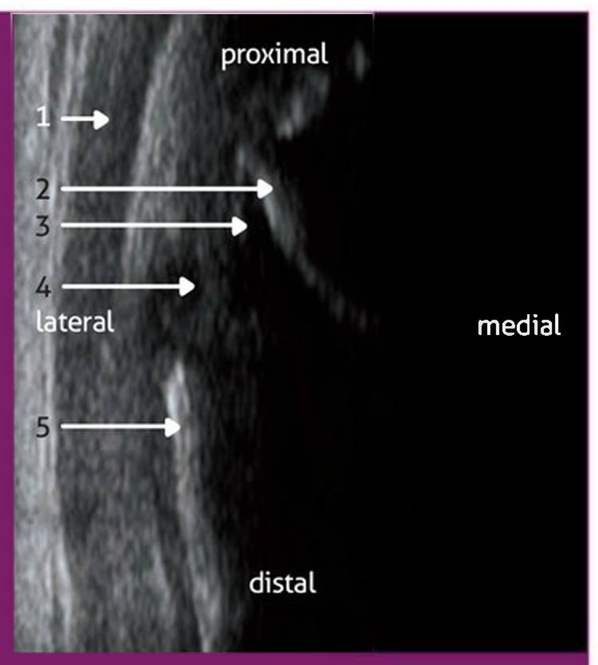


Figura 47. Imagen ecográfica de las estructuras laterales de la articulación de la rodilla en sección sagital mediante un abordaje lateral. La figura original está rotada 90º en sentido contrario a las agujas del reloj para simular la apariencia radiográfica de la rodilla en su proyección lateral. 1. Ligamento colateral-lateral, 2. Hueso subcondral del cóndilo femoral, 3. Cartílago articular, 4. Menisco lateral, 5. Tibia.

Sin embargo, la RM es la técnica de diagnóstico por imagen "gold estándar" en medicina humana porque ofrece una buena resolución entre las estructuras de tejido blando que componen la articulación de la rodilla, llegando a visualizarse los ligamentos cruzados, colaterales e incluso los meniscos, entre otras estructuras (figs. 48 y 49).

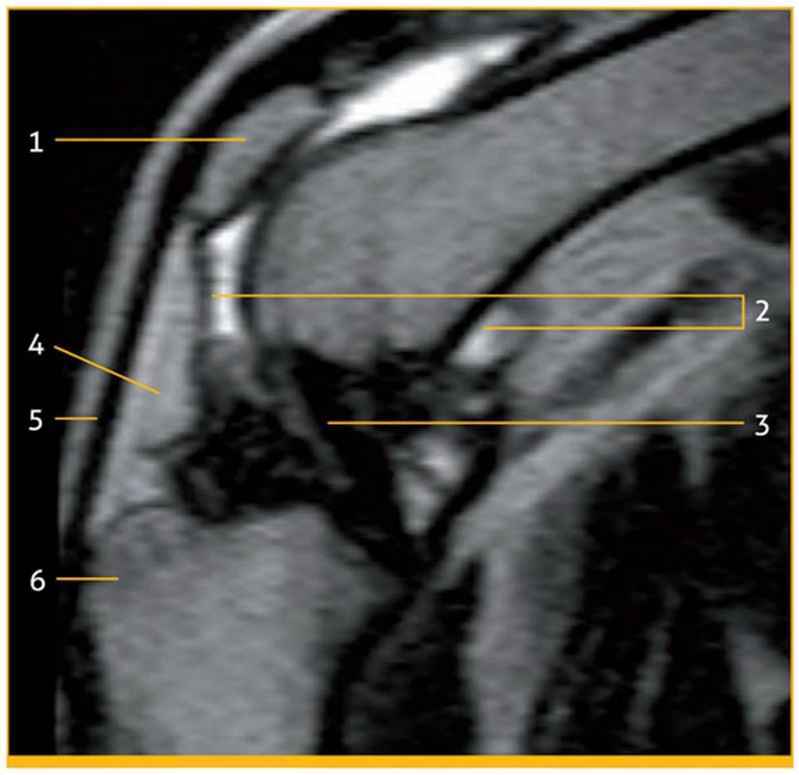


Figura 48. Imagen de resonancia magnética de la rodilla de un perro adulto ponderada en T2 en corte sagital. 1. Rótula, 2. Cápsula sinovial, 3. Ligamento cruzado anterior, 4. Grasa infrarrotuliana, 5. Ligamento rotuliano, 6. Tibia.

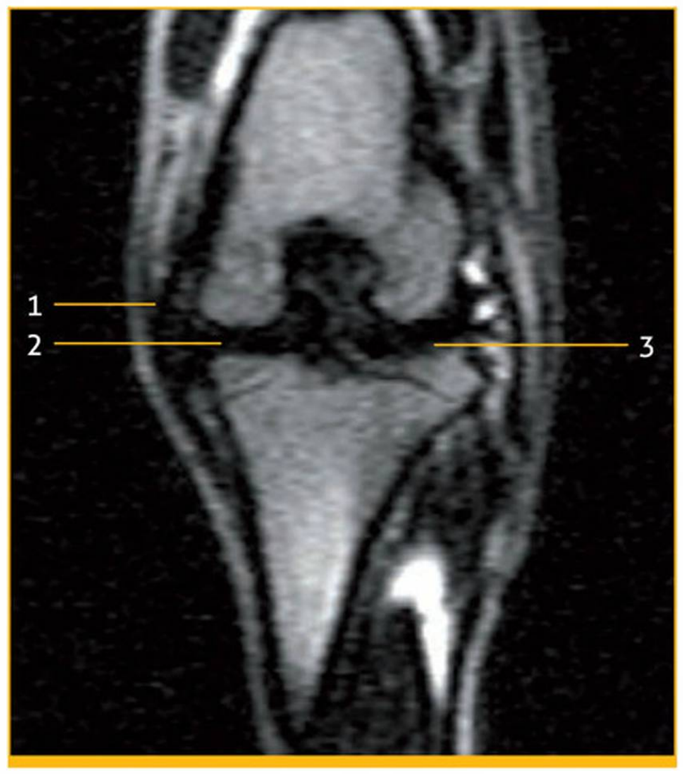


Figura 49. Imagen de resonancia magnética de la rodilla de un perro adulto ponderada en T2 en corte dorsal. 1. Ligamento colateral medial, 2. Menisco medial, 3. Menisco lateral

Región del tarso y pie

La articulación del tarso la componen varios huesos en tres filas. Los huesos más proximales serían la tibia y el peroné, con el astrágalo y el calcáneo distalmente, cuatro huesos más distales (numerados por orden de sucesión de medial a lateral) y, finalmente, cinco metatarsianos en el extremo más distal de la articulación. Las distintas articulaciones de carácter sinovial que encontramos de proximal a distal en el tarso son:

1. **Tarsocrural** (entre la cóclea tibial y la tróclea del astrágalo): es una articulación muy móvil, de apertura dorsal con amplios movimientos extensores y flexores.
2. **Intertarsiana proximal**: entre las superficies distales del astrágalo y el calcáneo y las superficies proximales de los huesos de la fila central.
3. **Intertarsiana distal**: entre las superficies distales de los huesos de la fila central y las superficies proximales de los huesos de la fila distal.
4. **Tarsometatarsiana**: entre las superficies distales de los huesos de la fila distal y las cabezas de los metatarsianos. La intertarsiana proximal y la tarsometatarsiana son, funcionalmente, artrodias sinoviales con escasos movimientos de deslizamiento entre sus superficies de relación.

Esta articulación es difícil de analizar radiográficamente, debido a la superposición de los huesos que la componen. Por ello, la evaluación minuciosa de las superficies articulares en busca de osteofitos u otras alteraciones interarticulares, es esencial para localizar la lesión. El examen de los planos fasciales periarticulares, al igual que con otras articulaciones, puede corroborar el aumento de volumen de la cápsula articular debido a la consecuente efusión sinovial postraumática.

Al igual que en el carpo, la evaluación del tarso puede requerir proyecciones dinámicas en las que se aplique una fuerza inusual en un plano distinto al de la articulación, para un correcto análisis de la funcionalidad de los ligamentos colaterales.

La técnica más empleada para la evaluación del tarso y del pie es la radiología convencional (figs. 50 a 55), empleándose otras técnicas que evitan la superposición de estructuras como la TC y la RM cuando se requiere un examen de las estructuras periarticulares u ósea más minuciosa. La ecografía también puede ser útil para la evaluación periarticular y articular, aunque muestra más limitaciones que las técnicas anteriormente mencionadas en lo que respecta al examen óseo. Los ligamentos, cartílagos y el tendón del calcáneo pueden ser evaluados mediante ecografía.

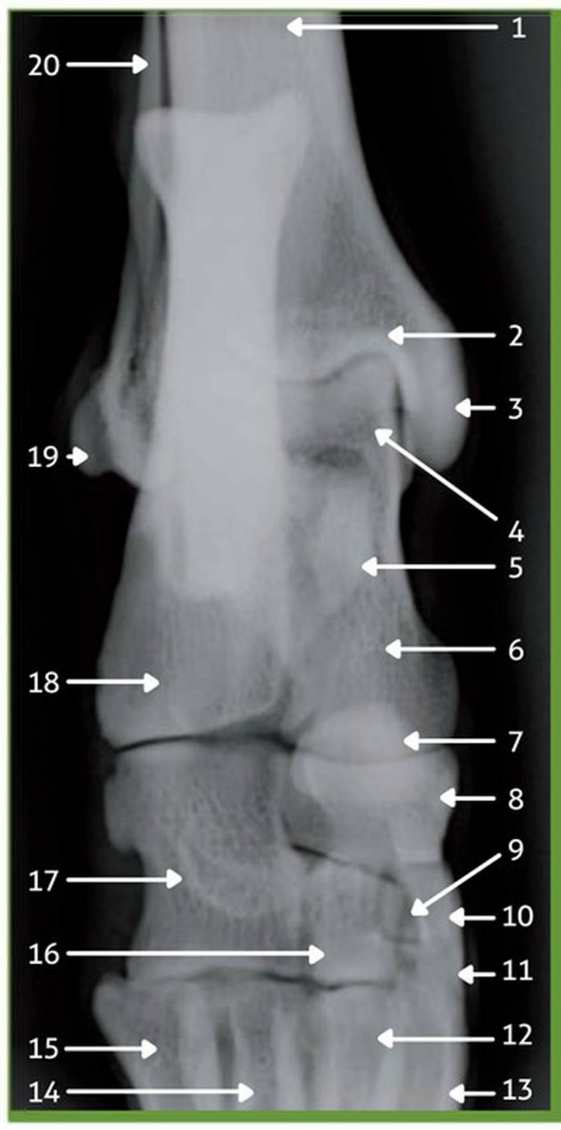


Figura 51. Radiografía dorsoplantar del tarso de un perro adulto.

1. Tíbia.
2. Cóclea medial.
3. Maléolo lateral.
4. Labio medial de la tróclea del astrágalo.
5. Sustentáculo del astrágalo.
6. Astrágalo.
7. Proceso plantar del hueso central del tarso.
8. Hueso central del tarso.
9. Tarsal II.
10. Tarsal I.
11. Metatarsiano I.
12. Metarsiano III.
13. Metatarsiano II.
14. Metatarsiano IV.
15. Metatarsiano V.
16. Tarsal III.
17. Tarsal IV.
18. Calcáneo.
19. Maléolo lateral.
20. Peroné.

Figura 50. Radiografía lateral del tarso de un perro adulto. 1. Tendón del calcáneo, 2. Tróclea lateral, 3. Tubérculo del calcáneo, 4. Calcáneo, 5. Sustentáculo del astrágalo, 6. Proceso plantar del hueso central, 7. Tarsal IV, 8. Tarsal I, 9. Metatarsiano V, 10. Metatarsiano I, 11. Metatarsiano III, 12. Tarsal III, 13. Tarsal II, 14. Tarsal IV, 15. Hueso central del tarso, 16. Astrágalo, 17. Tróclea, 18. Maléolo medial, 19. Peroné, 20. Tibia.

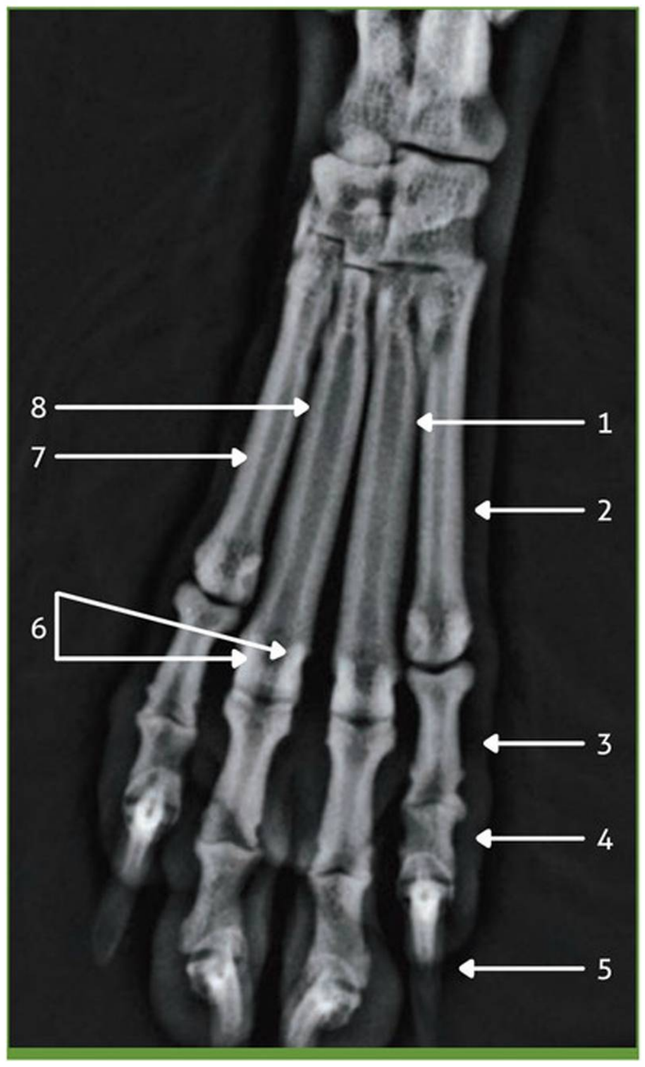


Figura 52. Radiografía dorsoplantar del pie de un perro adulto. 1. Metatarsiano IV, 2. Metatarsiano V, 3. Falange proximal, 4. Falange media, 5. Falange distal, 6. Sesamoideos proximales, 7. Metatarsiano II, 8. Metatarsiano III.

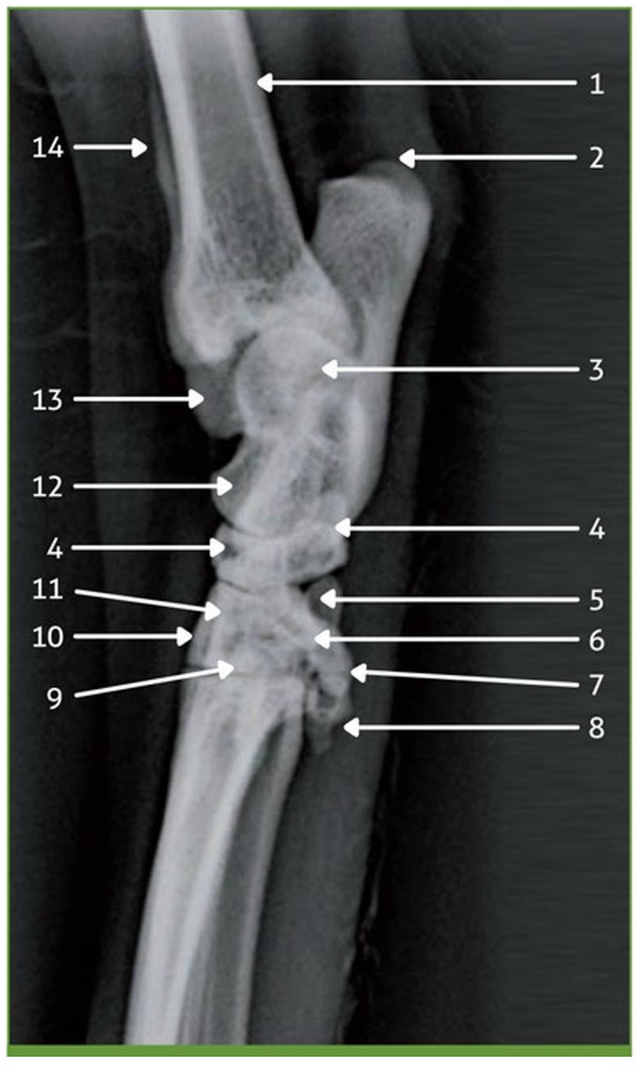


Figura 53. Radiografía lateral del tarso de un gato Común Europeo de 8 años de edad. 1. Tibia, 2. Calcáneo, 3. Maléolo medial, 4. Hueso central del tarso, 5. Tarsal I, 6. Tarsal IV, 7. Metatarsiano V, 8. Metatarsiano I, 9. Metatarsiano II, 10. Tarsal III, 11. Tarsal II, 12. Astrágalo, 13. Maléolo lateral del peroné, 14. Peroné.

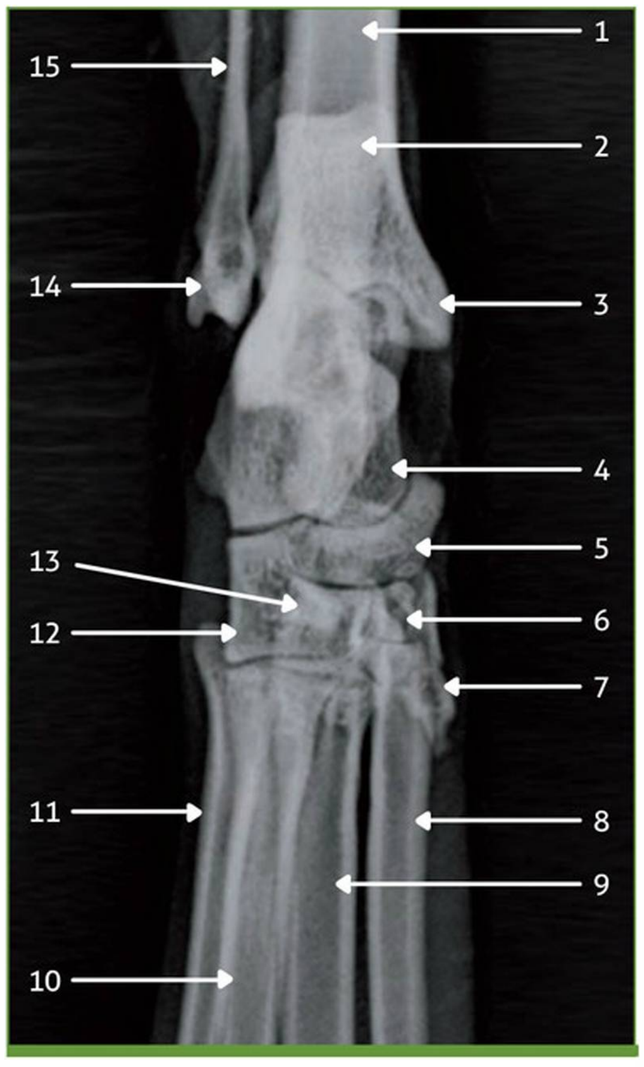


Figura 54. Radiografía dorsoplantar del tarso de un gato Común Europeo 8 años de edad. 1. Tibia, 2. Calcáneo, 3. Maléolo medial, 4. Astrágalo, 5. Hueso central del tarso, 6. Superposición de los huesos tarsales I y II, 7. Metacarpiano I, 8. Metacarpiano II, 9. Metacarpiano III, 10. Metacarpiano IV, 11. Metacarpiano V, 12. Tarsal IV, 13. Tarsal III, 14. Maléolo lateral, 15. Peroné.

Figura 55. Radiografía lateral del tarso de un gato de 12 semanas de edad. Obsérvese la línea de crecimiento del calcáneo que comenzará a cerrarse sobre las 28 semanas (flecha).

Enfermedades óseas del crecimiento

Las enfermedades óseas del crecimiento son aquéllas que se manifiestan durante el desarrollo de los huesos. Por lo tanto, este tipo de enfermedades presentan sus signos clínicos antes del año de edad, pudiendo inducir con el paso del tiempo una lesión degenerativa secundaria que puede llegar a enmascarar radiológicamente la lesión primaria que ha iniciado el proceso. En este apartado se van a tratar las enfermedades del desarrollo óseo más frecuentes.

Osteocondrosis/osteocondritis

La patogénesis de la osteocondrosis (OC) se debe a una condromalacia progresiva del cartílago epifisario por una inadecuada vascularización del cartílago. Por ello, se forman fisuras cartilaginosas hasta el hueso subcondral que suele mostrarse afectado en las radiografías.

El término **osteocondrosis** se aplica en aquellos casos en los que se desconoce si existe un fragmento condral o subcondral intrarticular. En cambio, el término **osteocondritis disecante** (OCD) se emplea en aquellos casos en los que se identifica la presencia de un fragmento tisular desprendido mediante cualquiera de las técnicas de diagnóstico por imagen a las que nos vamos a referir. Estos fragmentos o "ratones" intrarticulares no suelen presentarse mineralizados, por lo que no se observan mediante radiología convencional a no ser que se realice una artrografía de contraste, a través de la cual se observa el defecto de relleno articular de contraste provocado por el colgajo cartilaginoso. En cambio, tanto la resonancia magnética como la ecografía son capaces de identificar estos fragmentos no mineralizados. En la tomografía computerizada se observarán cambios en el hueso subcondral provocados por el desprendimiento tisular.

Esta patología se presenta mayoritariamente en la especie canina, aunque existen casos publicados en la especie felina. Existe predisposición en los machos, y se suele presentar entre los 5 y 7 meses de edad.

Aparece con mayor frecuencia en las siguientes localizaciones anatómicas:

1. Aspecto caudal de la cabeza del húmero.
2. Cóndilos femorales.
3. Labio medial de la tróclea del húmero.
4. Labio medial de la tróclea femoral.
5. Labio medial o lateral de la tróclea del astrágalo.

Existen otras regiones muy poco frecuentes, como la columna vertebral, donde la osteocondrosis se puede llegar a desarrollar.

Hallazgos de imagen en osteocondrosis

En las radiografías de la articulación escapulohumeral y, concretamente, en el aspecto caudal de la cabeza humeral, suele observarse un aplanamiento o concavidad en el borde del hueso subcondral. Este hallazgo se acompaña, con frecuencia, de esclerosis subcondral adyacente en profundidad al defecto previamente descrito. El fragmento cartilaginoso no puede evidenciarse mediante radiografías simples, a no ser que se encuentre mineralizado (fig. 56). En el resto de las articulaciones (fig. 57) se manifiesta mediante la aparición de una concavidad o radiolucidez en la superficie del hueso subcondral afectado, con esclerosis subcondral adicional, como ocurre en la cabeza del húmero.

La tomografía computerizada nos permite realizar una evaluación más minuciosa de la articulación, observando con mayor precisión los cambios degenerativos que puedan haberse iniciado. A su vez, el defecto subcondral se puede examinar con mayor detalle (fig. 58). Esta técnica, al igual que la radiología convencional, no es capaz de evaluar la superficie del cartílago articular sin el uso de contrastes intrarticulares.

La ecografía puede emplearse en esta patología para localizar el fragmento, evaluar las estructuras periarticulares, los posibles cambios degenerativos, la distensión de la cápsula articular, detectar el defecto subcondral y estimar el grosor de los cartílagos articulares.

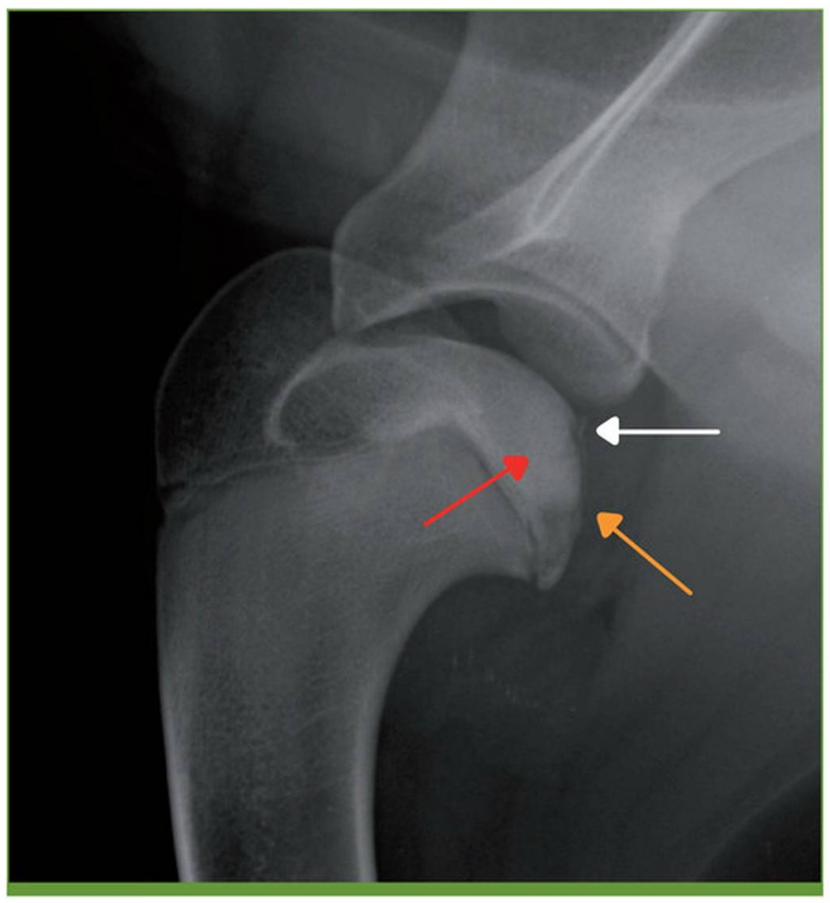


Figura 56. Radiografía lateral de la articulación escapulohumeral de un cachorro. Obsérvese el aplanamiento del aspecto caudal de la cabeza del húmero (flecha naranja), la esclerosis subcondral (flecha roja) y el colgajo tisular mineralizado desprendiéndose del hueso subcondral (flecha blanca).

Figura 57. Radiografía caudocraneal de la articulación de la rodilla con osteocondrosis de un cachorro de Pastor Alemán de 7 meses. Obsérvese la radiolucidez focal (flecha) del cóndilo lateral del fémur debido al defecto del hueso subcondral.

Figura 58. Imagen tomográfica de la articulación escapulohumeral obtenida a partir de cortes dorsales en un perro con osteocondrosis. Obsérvese el defecto subcondral (flecha) y la esclerosis asociada en la cabeza humeral.

La resonancia magnética puede detectar el fragmento condral, aunque el pequeño tamaño de las articulaciones caninas puede requerir la realización de una artrografía con contraste paramagnético. Esta técnica aporta información, mayoritariamente, sobre el grado de inflamación de la articulación, de las estructuras periarticulares y de la afección del hueso subcondral.

Displasia de codo

Ésta es una patología de frecuente aparición que se desarrolla en mayor medida en razas caninas de gran tamaño. Suele ser bilateral y desarrollar sintomatología a partir de los 6-8 meses de edad. La edad mínima para excluir radiológicamente al animal de este tipo de patología son los 12 meses.

Esta enfermedad del desarrollo engloba cuatro lesiones primarias, que pueden aparecer en el individuo aisladas o de forma conjunta en la misma articulación.

1. **Fragmentación del proceso coronoideo medial del cúbito**: mayor predisposición en machos. Entre las razas, Labrador Retriever, Golden Retriever, Boyero de Berna, Rottweiler y Terranova.
2. **No unión del proceso ancóneo**: el núcleo de osificación secundario del cúbito para el proceso ancóneo debe cerrarse antes de los 5 meses. Un retraso en este hecho implica el fenómeno de **no unión**. Las razas predispuestas son Pastor Alemán, Gran Danés, Setter Gordon, Basset Hound e Irish Wolfhound.
3. **Osteocondrosis del cóndilo medial del húmero**: se debe diferenciar la osteocondrosis de la **"lesión en beso"**, consecuencia de la fragmentación del proceso coronoideo medial hallada en el cóndilo medial del húmero.
4. **Incongruencia articular**: el Boyero de Berna presenta una mayor predisposición. Consiste en un déficit de articulación entre el radio, el cúbito y la tróclea humeral. Se considera una incongruencia severa cuando el espacio articular supera los 2 mm. Se ha observado que la incongruencia articular puede inducir presiones sobre el proceso coronoideo medial o el ancóneo, lo que provoca el desarrollo de alguna de estas dos lesiones antes del año de edad.

Hallazgos de imagen en displasia de codo

La técnica más empleada es la radiología convencional. Con esta técnica es posible observar, en algunas ocasiones, el proceso primario de la displasia de codo, aunque en estados avanzados es posible no poder diferenciar la lesión primaria de la osteoartrosis secundaria.

La fragmentación del proceso coronoideo medial del cúbito origina la presencia de osteofitos en el aspecto dorsal del proceso ancóneo y caudales al epicóndilo medial del húmero, y esclerosis del hueso subcondral en las proximidades de la tróclea humeral y en la articulación radiocubital (figs. 59 y 60). El fragmento coronoideo es visible en muy pocas ocasiones mediante radiología convencional, y tan sólo cuando éste se encuentra fracturado. Otra lesión que puede sugerir la fragmentación del proceso coronoideo medial del cúbito es la "lesión en beso" en el hueso subcondral, en el aspecto medial del cóndilo humeral, consecuencia de la inestabilidad provocada por la fragmentación del proceso coronoideo medial del cúbito. Sin embargo, la tomografía ofrece la posibilidad de apreciar estos cambios degenerativos con mayor detalle, pudiendo precisarse, en ocasiones, el punto de separación de la apófisis del resto del hueso (fig. 61).

La RM muestra, junto con la TC, una elevada sensibilidad y especificidad. La RM además aporta información acerca de los cartílagos articulares, interfase cartílago/hueso subcondral y lesiones de la médula ósea. En cambio la TC aporta mejor detalle de las estructuras óseas de interés.

La ecografía es capaz de evaluar los músculos y tendones de la articulación. La observación de fragmentación del proceso coronoideo medial del cúbito es bastante dificultosa.

La no unión del proceso ancóneo se observa con buen detalle en las radiografías laterales de codo en flexión (fig. 62), en las que se observa una línea radiolúcida atravesando el proceso ancóneo en perros de más de 5 meses de edad. Se puede observar remodelación ósea en casos crónicos.

La osteocondrosis del cóndilo medial del húmero produce aplanamiento de esta zona con irregularidades en su superficie y se suele observar también una zona de mayor radiolucidez provocada por el defecto subcondral. Es frecuente encontrar esclerosis alrededor del defecto subcondral y esta lesión puede venir acompañada con la fragmentación del proceso coronoideo medial del cúbito. Esta lesión es difícil de identificar mediante ecografía, y muy sencilla de visualizar mediante RM y TC.

En lo que a la incongruencia articular se refiere, las radiografías convencionales presentan una alta sensibilidad para la detección de cambios moderados a severos (espacio articular mayor de 2 mm). En cambio, hay autores que consideran que estas medidas se ven alteradas por el posicionamiento de la extremidad y la incidencia de los rayos X sobre la articulación, no otorgando esta elevada sensibilidad a la radiología convencional. Se ha demostrado mediante TC que la incongruencia articular puede verse afectada por el posicionamiento de la articulación.

Figura 59. Radiografía lateral de la articulación humerorradiocubital de un perro con fragmentación coronoidea medial del cúbito. Obsérvese la formación de osteofitos en la superficie dorsal del ancóneo (flecha roja) y la esclerosis radiocubital (flecha blanca).

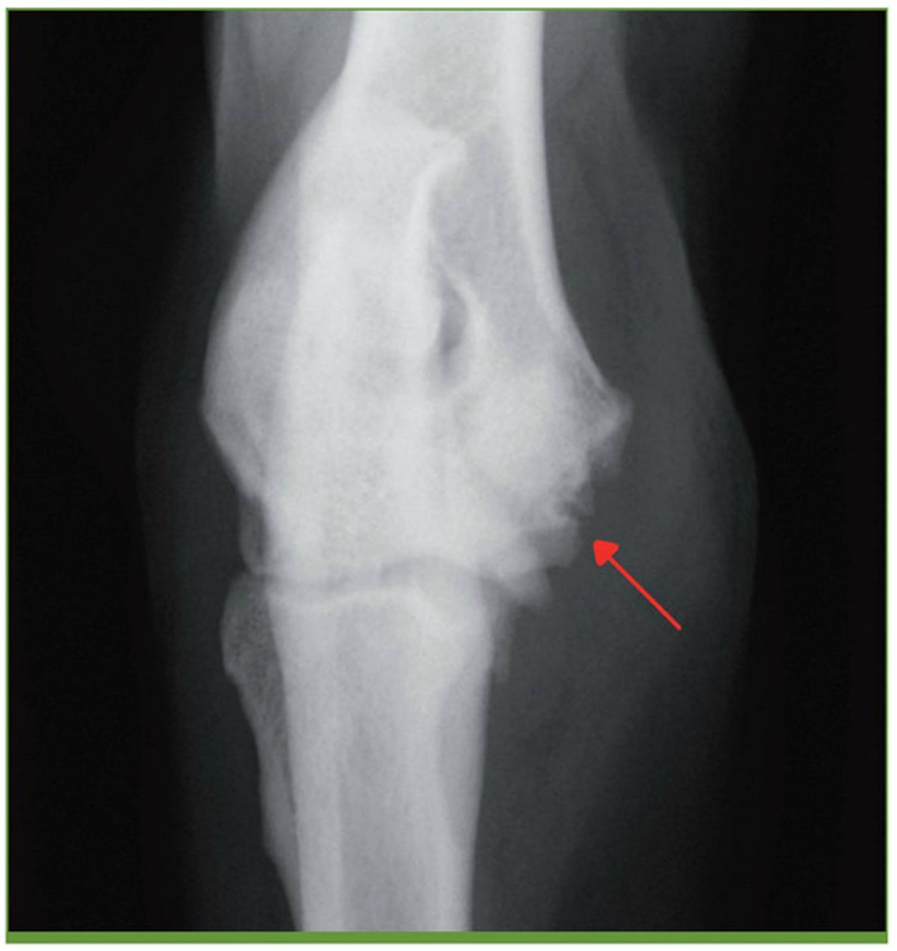


Figura 60. Radiografía craneocaudal de la articulación humerorradiocubital de un perro con fragmentación coronoidea medial del cúbito. Obsérvese la formación de osteofitos en la superficie caudal del epicóndilo medial del húmero (flecha).

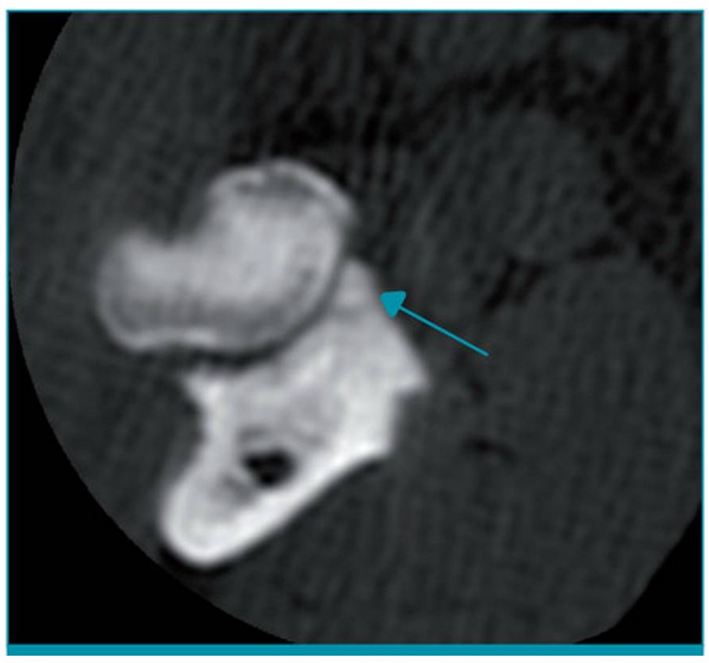


Figura 61. Sección tomográfica transversal del codo de un perro con fragmentación coronoidea medial del cúbito. Obsérvese la línea radiolúcida que atraviesa el proceso coronoideo (flecha) que confirma la no unión.

Figura 62. Radiografía lateral en flexión completa de la articulación humerorradiocubital de un perro de 6 meses de edad con no unión del proceso ancóneo. Con esta proyección se expone el proceso ancóneo el cual debe presentarse fusionado al olécranon antes de los 6 meses.

Displasia de cadera

La displasia de cadera es una patología del desarrollo hereditaria que se presenta frecuentemente en perros de raza grande, habiéndose descrito también en gatos. Se conoce que el factor genético tan sólo predispone a la aparición de la enfermedad. No obstante, pueden existir factores externos como la obesidad que pueden desencadenar o agravar la sintomatología. Está enfermedad puede presentarse también en razas pequeñas, pero tiene una especial prevalencia en perros en las razas Pastor Alemán y Labrador Retriever, y en gatos en la raza Maine Coon. No se ha observado predisposición sexual. Esta patología suele presentarse bilateralmente, aunque puede desarrollarse tan sólo en una de las dos articulaciones coxofemorales y el diagnóstico debe realizarse entre los 6 y 8 meses.

Para realizar el diagnóstico de esta patología se emplea un posicionamiento radiológico muy preciso, que implica la colocación del animal en decúbito supino con ambas articulaciones coxofemorales en extensión y los fémures paralelos entre sí. La proyección radiográfica debe ser perfecta, no debiendo realizarse diagnósticos precoces de displasia de cadera en aquellas radiografías en las que ésta se presente levemente rotada o haya cualquier otro déficit en el posicionamiento. Este método es el más empleado para la evaluación de la displasia de cadera, aunque se ha reconocido que no es sensible para la detección de la laxitud de la cápsula articular. En cambio, con el método PennHip o similares, sí que se ha demostrado una elevada sensibilidad para reconocer aquellos perros en los que la cápsula articular presenta una mayor laxitud. El inconveniente de esta técnica es que requiere un aparato de distracción y la interpretación es más compleja.

Características radiográficas

En las radiografías ventrodorsales (fig. 63) de la cadera en perros considerados displásicos se observa, por orden de aparición:

1. Formación de osteofitos alrededor del cartílago articular.
2. Engrosamiento del cuello femoral y pérdida de la esfericidad de la cabeza femoral.
3. Aplanamiento del acetábulo.
4. Esclerosis subcondral de la cabeza femoral y del acetábulo.

Las líneas de Morgan son un signo radiológico precoz que predice positivamente la presencia de laxitud de la cápsula articular. Estas líneas se localizan en el aspecto caudal del cuello femoral y aparecen en forma de entesiofitos.

En la especie felina se observa subluxación coxofemoral, entesiofitos periacetabulares craneodorsales y alteraciones degenerativas del cuello y cabeza femorales.

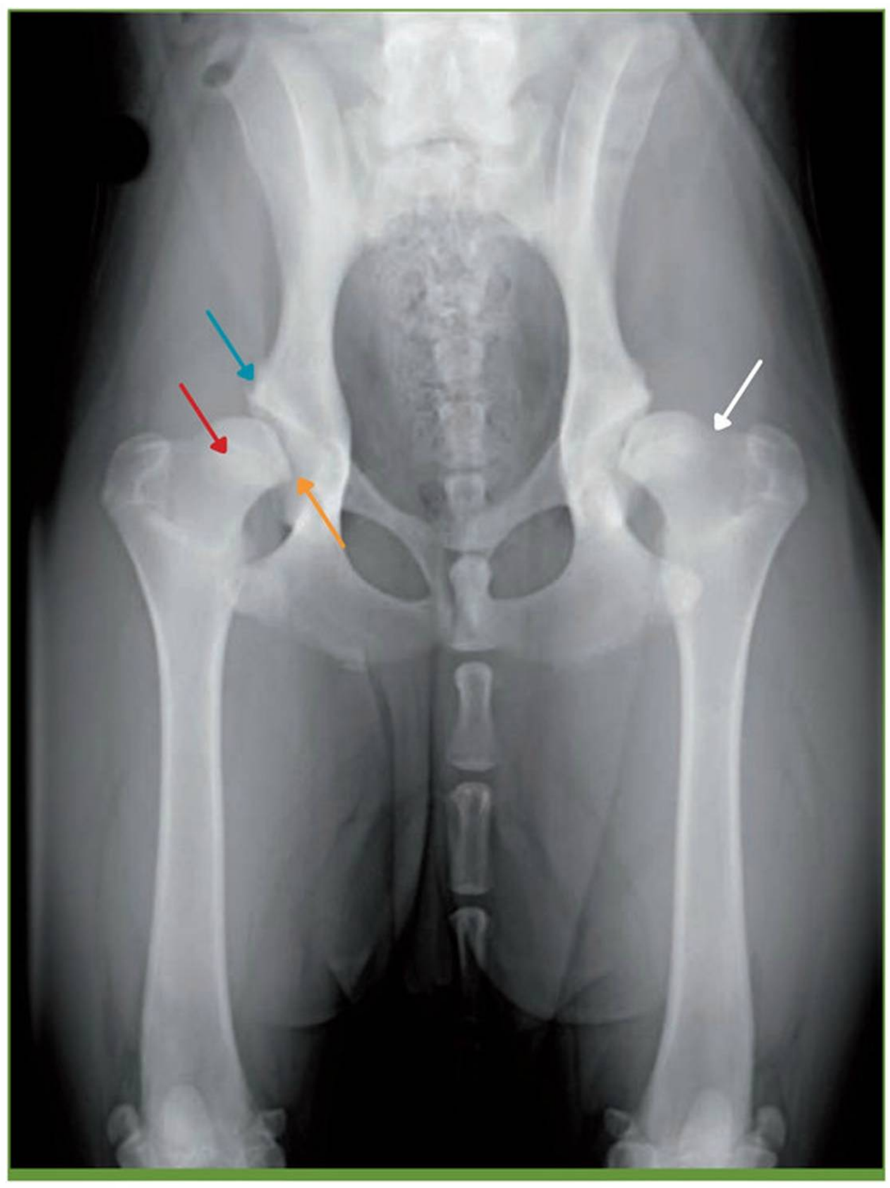


Figura 63. Radiografía ventrodorsal de cadera de un perro adulto con subluxación bilateral grave de ambas articulaciones coxofemorales. En esta imagen se observan los signos radiológicos comunes de la displasia de cadera: formación de osteofitos periacetabulares (flecha azul), engrosamiento del cuello femoral (flecha blanca), aplanamiento acetabular y esclerosis (flecha naranja) y pérdida de la esfericidad de la cabeza femoral (flecha roja).

Figura 64. Radiografía ventrodorsal de cadera de un perro adulto con displasia de cadera severa bilateral. Obsérvese la posición de la cabeza femoral derecha (D) que presenta una luxación coxofemoral debida al aplanamiento acetabular severo.

El ángulo de Norberg correlaciona la situación de la cabeza femoral con su congruencia articular respecto del espacio acetabular (ver esquema en la pág. 252). Con un ángulo inferior a 105º se considera que el centro de la cabeza femoral presenta una situación excéntrica en relación con el espacio acetabular normal que debería ocupar.

Necrosis aséptica de la cabeza del fémur (Legg-Calve-Perthes)

Esta enfermedad se produce por una disminución del riego sanguíneo a la cabeza femoral, induciendo una necrosis del hueso subcondral y la consecuente desmineralización del mismo. En un intento de reparar la región isquémica, se producirá un proceso de remodelación de la cabeza femoral, con el resultado de una superficie irregular e incongruente. La causa predisponente o desencadenante de este proceso no se ha llegado a establecer.

Esta enfermedad se produce en razas pequeñas, en especial en la raza Terrier. Es bastante probable que en el West Highland White Terrier sea una enfermedad hereditaria.

Suele presentarse antes del primer año de edad y es unilateral, aunque se han descrito casos bilaterales.

Características radiográficas

Las características radiográficas dependerán de la etapa de la enfermedad en que se encuentre el perro en el momento de realizar las radiografías. Al principio de la enfermedad puede no presentar variaciones radiográficas significativas. Progresivamente se produce un incremento de la radiolucidez de la cabeza y cuello femorales con un incremento del espacio articular afectado (fig. 65). Después comienza la remodelación ósea con el aplanamiento y colapso de la cabeza femoral (fig. 66). A posteriori, se instaura un proceso degenerativo desencadenado por la incongruencia articular coxofemoral, pudiendo llegar incluso a producirse fracturas patológicas.

Figura 65. Radiografía ventrodorsal de cadera de un perro con necrosis aséptica de la cabeza femoral. Obsérvese el foco radiolúcido que presenta la cabeza femoral (flecha), así como el incremento del espacio articular de la cadera afectada.

Figura 66. Radiografía ventrodorsal de cadera de un perro con necrosis aséptica de la cabeza femoral avanzada. Obsérvese la remodelación ósea que ha sufrido la cabeza femoral y su colapso dentro del acetábulo (flecha).

Otra técnica empleada para la evaluación de esta patología es la microtomografía computerizada (microTC). Mediante esta técnica se ha evaluado el patrón de trabeculado del hueso esponjoso en función de la etapa de la enfermedad. En una primera etapa se observan focos de lisis, para después notarse la aparición de grietas por colapso de las trabéculas y, finalmente, producirse fenómenos de remodelación.

Panosteítis

La panosteítis es una enfermedad autolimitante que se presenta especialmente en perros de raza grande, siendo más habitual en el Pastor Alemán. Se ha visto que existe también una predisposición sexual, afectando más a los machos que a las hembras. La edad de aparición es inferior al año, aunque se han descrito casos en adultos. La enfermedad puede presentarse de forma focal o multifocal en un solo hueso, o afectar a varios.

Características radiográficas

La panosteítis se observa en las diáfisis de los huesos largos, apareciendo una o varias áreas radiopacas de morfología redondeada en la cavidad medular (fig. 67). Habitualmente, las lesiones no presentan una correlación con los signos clínicos exhibidos por el animal. La regresión radiológica de esta enfermedad puede tardar varios meses, pudiendo observarse una reacción perióstica lisa en los huesos afectados o persistir microfocos escleróticos en la cavidad medular.

Figura 67. Radiografía lateral del fémur de un perro con panosteítis. Obsérvese el foco radiopaco en el interior del canal medular del fémur (flecha).

Figura 68. Radiografía lateral del carpo de un perro de 7 meses de edad con osteodistrofia hipertrófica. Obsérvese la reacción perióstica lisa (flechas blancas) y la doble línea fisaria radiolúcida característica de esta enfermedad (flechas rojas).

Osteodistrofia hipertrófica

Esta patología se desarrolla en los perros entre los 2 y 8 meses de edad, y se ha observado predisposición en los machos de aquellas razas que presentan crecimiento rápido. Es una enfermedad dolorosa, autolimitante y, frecuentemente, bilateral, que presenta cambios en las metáfisis óseas de los cachorros. Se considera que el agente etiológico, todavía sin esclarecer, es sistémico, puesto que los perros afectados pueden presentar signos clínicos tan diversos como anorexia, fiebre, diarrea, leucocitosis, anemia, hiperqueratosis y neumonía. Los posibles agentes etiológicos que se han considerado son el virus del moquillo, la hipervitaminosis A, una excesiva cantidad de minerales en la dieta o un déficit dietético de vitamina C. Las áreas de asiento más frecuente de estas lesiones son las metáfisis distales de radio, cúbito y tibia. También se ha descrito en la epífisis del húmero proximal.

Características radiográficas

Se observa una doble línea radiolúcida delimitando las metáfisis de las epífisis, junto con una reacción perióstica adyacente. A este signo se le denomina de la **"doble fisis"** (fig. 68). En casos graves, la reacción perióstica puede extenderse hasta las diáfisis. En un periodo de varios meses estos signos suelen desaparecer.

Retención de los cartílagos de crecimiento

Esta patología ocurre, con frecuencia, en razas gigantes y se suele observar bilateralmente, sobre todo en las metáfisis cubitales. Se caracteriza por mostrarse interrumpida la osificación endocondral en las metáfisis cubitales, provocando una retención del cartílago a este nivel. Este hecho hace que el radio continúe creciendo, dando lugar, posteriormente, a un radio curvo.

Muchos animales pueden no mostrar sintomatología y no mostrar alteraciones en su crecimiento óseo.

Características radiográficas

Se observa una región de mayor radiopacidad en forma de "llama de vela" (fig. 69), con el centro radiolúcido en la metáfisis cubital. Este hallazgo puede ser único o venir acompañado de un radio curvo.

Figura 69. Radiografía lateral de las epífisis del radio y cúbito de un Dogo Alemán con retención del cartílago. Obsérvese la presencia de dos líneas radiopacas (flechas) con el centro radiolúcido en el cúbito, signo de "llama de vela", característico de la retención del cartílago.

Cierre epifisario prematuro

Esta enfermedad se produce especialmente en razas gigantes y la zona anatómica donde aparece con mayor frecuencia es la epífisis distal del cúbito. Una posible causa para este cierre prematuro es traumática, ya que también se observa en fracturas del tipo Salter-Harris V y VI. El retraso en el crecimiento del hueso desde la línea cartilaginosa afectada causa un valgo distal a dicha fisis, y no en pocos casos la subluxación del codo es una de las consecuencias a medio plazo.

Características radiográficas

El cartílago metafisario de crecimiento se observa prematuramente mineralizado si se compara con la extremidad contralateral. Como consecuencia de la alteración de las fuerzas de distribución del peso y el crecimiento asimétrico de los huesos del antebrazo, el radio puede arquearse progresivamente mostrando una convexidad de orientación craneal (fig. 70). Asimismo, las corticales caudales del radio pueden observarse engrosadas. En casos graves, las articulaciones del carpo y del codo experimentan cambios degenerativos.

Figura 70. Radiografía lateral del carpo de un perro de 7 meses de edad con cierre prematuro del cartílago de crecimiento distal del cúbito. Se observa radiopacidad en la línea de crecimiento (flecha blanca) y un abombamiento del radio (flecha verde).

Enfermedad articular degenerativa

La **enfermedad articular degenerativa u osteoartrosis** es una patología de frecuente aparición en la clínica veterinaria cuya patogenia deriva de una incongruencia articular que tiene un origen diverso. En la osteoartrosis existe un equilibrio entre fenómenos proliferativos y líticos, que se producen a partir de una remodelación continua de la articulación en un intento de estabilización biomecánica, que progresa hacia una artrodesis y sinostosis naturales si no se instauran las medidas terapéuticas necesarias. Estos fenómenos estabilizadores se producen tras cualquier suceso que atente contra la integridad de la articulación, en un intento de preservar su funcionalidad normal, evitando así movimientos no deseados que puedan producir un mayor estrés en las diferentes estructuras. En este sentido, existe una relación directamente proporcional entre el grado de inestabilidad articular y los procesos de remodelación que se ponen en marcha.

Atendiendo a su etiología, la enfermedad articular degenerativa puede clasificarse de la siguiente manera:

- **Osteoartrosis primaria:** se observa en animales jóvenes con una tendencia congénita a la incongruencia de una determinada superficie articular (como en la **osteocondrosis** - figs. 56 y 59- o en la **displasia de cadera** - fig. 63-) o bien en animales de edad avanzada por los procesos naturales de envejecimiento del cartílago articular (fig. 71).
- **Osteoartrosis secundaria:** es aquélla que, inducida por una patología articular de origen traumático o inflamatorio, provoca inestabilidad articular y afecta a la cápsula y su membrana sinovial, desarrollando sinovitis e incluso un aumento de volumen en ligamentos y tendones adyacentes coadyuvantes de la función de la propia articulación.

  La osteoartrosis secundaria es llamada asimismo **osteoartritis** o simplemente, artritis atendiendo al componente inflamatorio inherente a su patogenia. Algunos autores incluso consideran el término osteoartritis como conceptualmente superior respecto del de osteoartrosis, asumiendo que todos los procesos de enfermedad articular degenerativa pueden potencialmente cursar en algún momento con episodios de sinovitis.

Atendiendo a sus diferentes etiologías, las osteoartrosis secundarias se clasifican en:

- **Traumáticas:** provocadas por la rotura parcial o total de ligamentos y/o tendones que afecta a la biomecánica natural de la articulación. Un ejemplo clásico sería la rotura del ligamento cruzado craneal de la rodilla (fig. 77).
- **Infecciosas:** habitualmente afectan a más de una articulación y están provocadas por diversos agentes infecciosos que producen cambios erosivos que pueden inducir osteomielitis del hueso subcondral. De entre las artritis bacterianas, las del género *Staphylococcus* son las más frecuentemente aisladas. Otros agentes como *Ehrlichia canis, Anaplasma platys* o diferentes formas de rickettsias también pueden aislarse.
- **Parasitarias**: agentes parasitarios intracelulares como *Leishmania infantum* pueden invadir las membranas sinoviales y provocar inestabilidad articular.
- **Autoinmunes:**
  - Artritis reumatoide: es una patología articular infrecuente, que se ha observado tanto en perros como en gatos, y presenta características erosivas. Suele presentarse en las articulaciones distales.
  - Poliartritis inducida por lupus eritematoso sistémico. En esta enfermedad crónica, la poliartritis es una de las formas clínicas en las que puede presentarse la patología. Es no erosiva, y de desarrollo frecuente en gatos.

- **Idiopáticas/otras causas:**
  - Sinovitis villonodular. En este tipo de artritis se produce una hiperplasia de la membrana sinovial en forma de nódulos.
  - Poliartritis felina no infecciosa. Esta enfermedad se produce en gatos machos de 1 a 5 años de edad. Es de carácter erosivo facultativo y, además de por el lupus eritematoso, puede estar inducida por una enfermedad gastrointestinal o una enfermedad mieloproliferativa.

En la tabla 1 se muestran los diferentes tipos de artritis asociados a sus posibles agentes etiológicos.

Tabla 1. Clasificación de las osteoartrosis secundarias atendiendo a su etiología.

Traumática	Infecciosa	Parasitaria	Autoinmune	Idiopática y otras
Rotura de ligamentos y/o tendones Subluxaciones y/o luxaciones Fracturas intrarticulares	*Staphylococcus* *Streptococcus* *Escherichia coli* *Pasteurella* *Mycoplasma* *Rickettsia* *Erysipelotrix* Calicivirus felino *Ehrlichia canis* *Anaplasma platys*	*Leishmania infantum*	Reumatoide Lupus eritematoso sistémico Poliartritis felina no infecciosa	Sinovitis villonodular Poliartritis felina no infecciosa

Hallazgos de imagen en osteoartrosis

La osteoartrosis se caracteriza por un proceso de remodelación de las estructuras implicadas en los movimientos, en un intento de regeneración de la articulación. Los cambios que se producen son:

- Aumento de volumen de la cápsula sinovial.
- Mayor aporte sanguíneo y neovascularización desde la membrana sinovial hasta la lesión cartilaginosa articular (fig. 72).
- Mineralización irregular y desordenada en el tejido de reparación fibrocartilaginoso neoformado, con la aparición de **osteofitos** (mineralización irregular de los bordes óseos cercanos a la inserción capsular y en la propia cápsula) (fig. 71) y **entesiofitos** (mineralización irregular en los tejidos blandos periarticulares, ligamentos y tendones) (fig. 74).

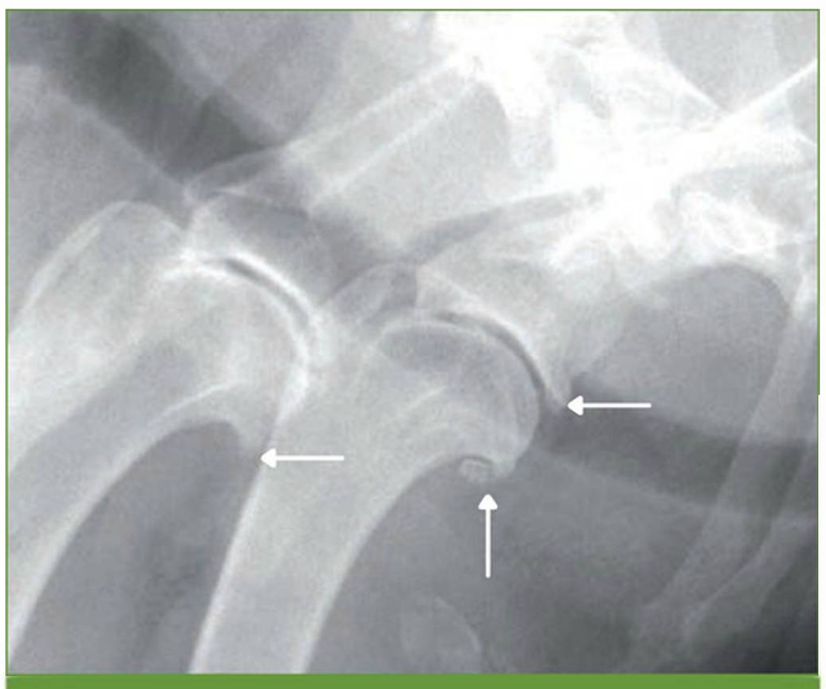


Figura 71. Imagen radiográfica lateral de ambas articulaciones escapulohumerales obtenida a partir de la ampliación de una imagen lateral del tórax. Enfermedad degenerativa articular primaria hallada casualmente al realizar un estudio radiográfico del tórax. Las flechas indican la presencia de neoformación ósea irregular -osteofitos- en torno a los bordes de inserción capsular.

Los hallazgos radiográficos más frecuentes en la enfermedad articular degenerativa son:

1. Aumento del volumen de la cápsula sinovial.
2. Aumento del espacio articular.
3. Mineralización de los tejidos blandos articulares y periarticulares (osteofitos y entesiofitos).
4. Esclerosis del hueso subcondral y aparición de quistes óseos.
5. Subluxación articular.

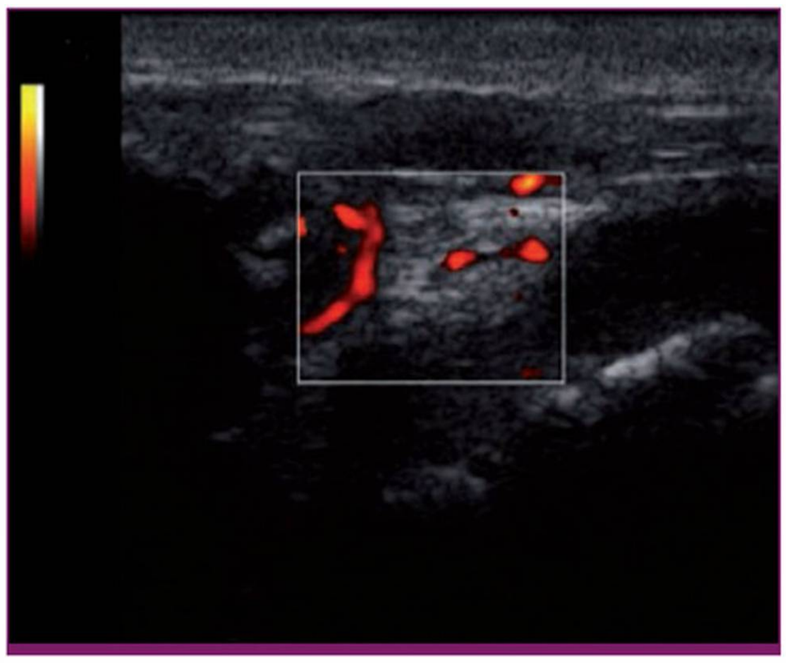


Figura 72. Imagen ecográfica con ventana de Power Doppler, obtenida a través de un corte sagital de la rodilla en una aproximación infrarrotuliana para evidenciar la distensión de la porción intrarticular de la cápsula sinovial, en un perro con rotura de ligamento cruzado craneal. La imagen muestra la anormal cantidad de señal vascular en la pared de la cápsula, lo que es compatible con fenómenos de neovascularización e hipertrofia sinovial.

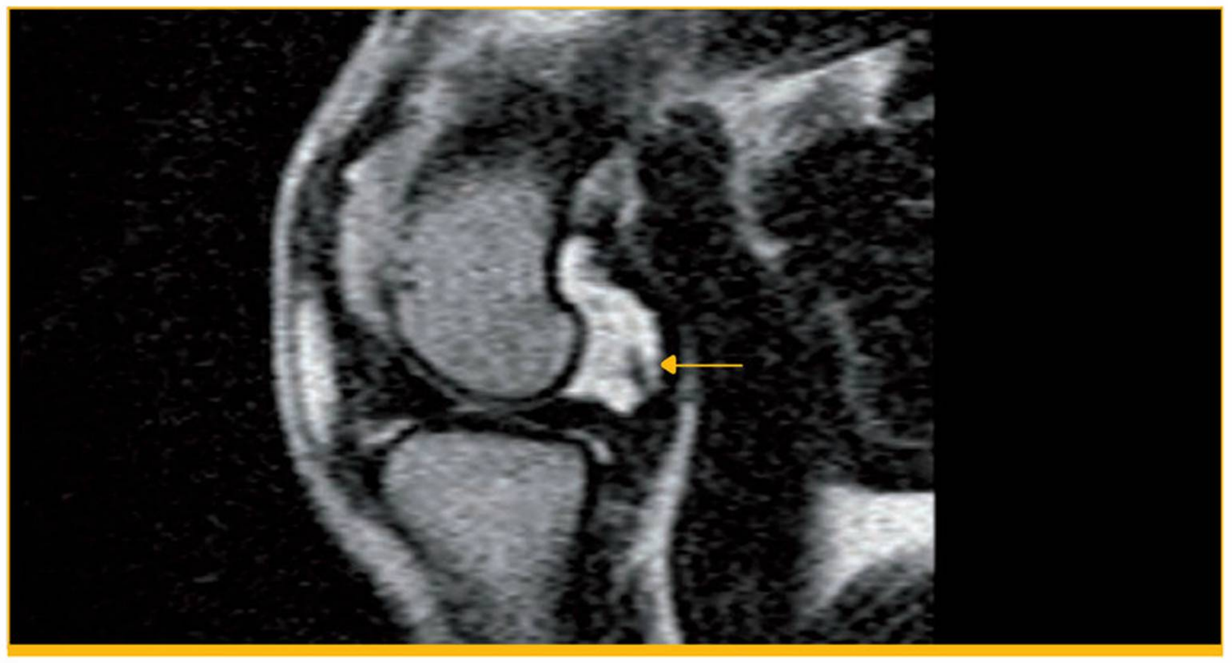


Figura 73. Imagen de resonancia magnética en sección sagital de la rodilla de un perro con rotura de ligamento cruzado. Secuencia ponderada en T2 en la que se aprecia un incremento de señal a nivel de la cápsula sinovial, ocasionado por la presencia de fluido inflamatorio intrarticular. La cápsula sinovial se observa aumentada de tamaño debido a una sinovitis traumática (flecha).

Figura 74. Reconstrucción tomográfica dorsal de la rodilla a nivel de la fosa intercondílea de un Labrador Retriever con rotura de ligamento cruzado craneal. Obsérvese la presencia de entesiofitos periarticulares (flechas azules) y la presencia de quistes subcondrales y esclerosis (flechas blancas).

Mediante la ecografía se puede evaluar el volumen de la cápsula articular, el grosor de los cartílagos, las mineralizaciones periarticulares, el aumento de vascularización de la membrana sinovial y la integridad de estructuras no óseas articulares.

La resonancia magnética, dada su elevada sensibilidad para detectar el agua de los tejidos, es capaz de precisar con exactitud la estructura articular que presenta mayor cúmulo de fluido, ya sea de naturaleza inflamatoria o no. Habitualmente, puede notarse un aumento evidente de la señal en las secuencias T2 y STIR en el espacio articular o periarticular (fig. 73). En cambio, la tomografía nos puede ser de mayor utilidad para evaluar el estado de los perfiles óseos articulares (fig. 74).

Las artritis se caracterizan por una mayor tumefacción de los tejidos blandos periarticulares y, en el caso de las erosivas, pueden observarse múltiples regiones radiolúcidas en el hueso subcondral, producto de la osteolisis y de la formación de quistes subcondrales (figs. 75 y 76).

La rotura del ligamento cruzado craneal es una de las causas más frecuentes que producen enfermedad articular degenerativa en el perro. Esta patología presenta signos radiográficos típicos aunque no patognomónicos (fig. 77). Se observa frecuentemente un aumento del tamaño de la cápsula sinovial en sentido craneocaudal, y cambios degenerativos articulares adicionales que son tanto más graves cuanto más crónica es la lesión. El desplazamiento craneal de la tibia es inconstante en esta patología, pudiendo forzarse su aparición en exploraciones radiográficas dinámicas.

Figura 75. Radiografía dorsopalmar del carpo de un gato adulto con poliartritis erosiva. Obsérvese el aumento de tamaño de los tejidos blandos periarticulares (flechas blancas), así como las irregularidades de las superficies óseas y la mineralización de tejidos blandos periarticulares (flechas rojas).

Figura 76. Radiografía lateral del carpo de un Pastor Alemán de 6 años de edad con artritis inmunomediada. Se aprecian erosiones subcondrales (flechas) en varios huesos del carpo con aumento del tamaño de los tejidos blandos periarticulares.

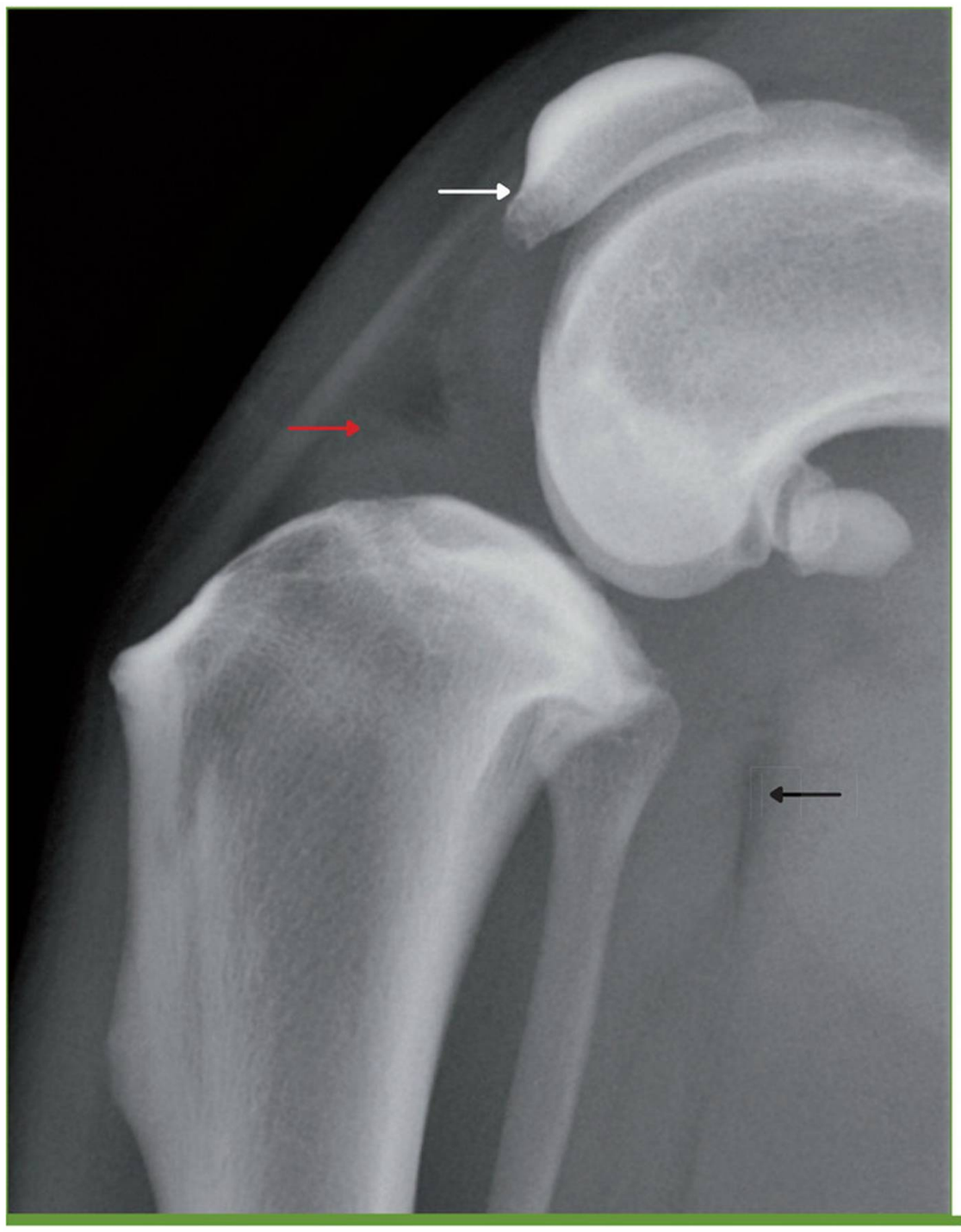


Figura 77. Radiografía lateral de la rodilla de un Boxer con rotura del ligamento cruzado craneal. Se aprecia efusión sinovial (flecha roja) debido al traumatismo intrarticular, que ocasiona un aumento de volumen de la cápsula sinovial, desplazando hacia la zona caudal el repliegue de la fascia caudal (flecha negra). Obsérvense los primeros cambios degenerativos –osteofitos- en el aspecto distal de la rótula (flecha blanca). Esta imagen radiográfica es compatible con inestabilidad articular.

Figura 78. Imagen radiográfica dorsopalmar del aspecto proximal de la mano de un Galgo Español de 3 años de edad. Obsérvese la fractura parcial de estrés (flecha verde), originada en el aspecto medial del segundo metacarpiano, y la reacción perióstica ocasionada adyacente a la línea de fractura.

Figura 79. Imagen radiográfica craneocaudal de una fractura de Monteggia, caracterizada por la luxación de la cabeza del radio (flecha verde) y la fractura del cúbito proximal. En esta imagen, además, se aprecia una fractura conminuta (flecha roja) del radio.

Fracturas y luxaciones

Es importante conocer el proceso con el que el hueso consigue reparar los acontecimientos traumáticos a los que es sometido a lo largo de su vida. El entendimiento del proceso de reparación ósea hace posible que los juicios clínicos que se lleguen a realizar sobre un tipo de fractura sean los correctos a la hora de tomar decisiones quirúrgicas o conservadoras.

En un hueso largo, la fractura debe describirse observando dos proyecciones radiográficas como mínimo, teniendo en cuenta:

1. La localización de la línea de fractura.
2. La situación relativa del fragmento óseo distal con respecto al proximal.
3. El número de fragmentos.
4. La evaluación de alteraciones radiográficas en los tejidos blandos adyacentes.

Tipos de fracturas

Las fracturas se prestan a múltiples clasificaciones que atienden a distintos factores. A continuación se describen los principales tipos:

- **Fracturas abiertas o cerradas**: en las fracturas abiertas se observa alteración de la piel en la región de la fractura y, en ocasiones, gas en los tejidos blandos.
- **Fracturas completas o parciales**: las completas son aquéllas en las que la línea de fractura se observa en toda la cortical de forma continua, produciendo una separación completa del fragmento proximal y distal. En las fracturas parciales, como su nombre indica, la fractura no envuelve de forma continua toda la cortical, por lo que la separación entre el fragmento proximal y el distal no es total (fig. 78).

Atendiendo al número de líneas en la fractura:

- **Fractura simple:** una línea de fractura.
- **Fractura múltiple:** muchas líneas no continuas.
- **Fractura conminuta:** múltiples líneas continuas que forman múltiples fragmentos (fig. 79).
- **Fractura segmentaria:** dos líneas de fractura completa que delimitan un fragmento en el medio de una diáfisis.

Atendiendo a su localización:

- **Diafisaria.**
- **Metafisaria.**
- **Epifisaria-metafisaria.**
- **Epifisaria-articular** (si afecta al hueso subcondral).
- **Fisaria.**

Otros tipos son:

- **Fracturas por aplastamiento o depresión:** las de aplastamiento tienen como consecuencia una reducción en la longitud del hueso. En las fracturas por depresión se produce un hundimiento del hueso hacia la cavidad que delimita. Estos tipos de fracturas se suelen observar en las vértebras y en el cráneo, respectivamente.
- **Fracturas en "chip":** son fracturas en las que se ha desprendido un fragmento óseo o cartilaginoso de un hueso, implicando, en ocasiones, a una superficie articular.
- **Fracturas patológicas:** son aquéllas que suceden de forma espontánea sin que haya una historia traumática previa. Las causas más frecuentes son las neoplasias y la pérdida crónica de densidad mineral (osteopenia) (fig. 80).
- **Fracturas por avulsión:** fragmento óseo desprendido del hueso principal por una fuerza de tracción externa proveniente de un ligamento o tendón en un punto de inserción (fig. 81).

Las fracturas que afectan a la fisis tienen una clasificación diferente. Son las denominadas **fracturas Salter-Harris**, y se observan en animales en los que los huesos no han terminado de crecer. Estas fracturas pueden alterar el ritmo de crecimiento del hueso afectado y se consideran de menor a mayor gravedad en función de su numeración dentro de la clasificación.

Clasificación Salter-Harris de fracturas fisarias.

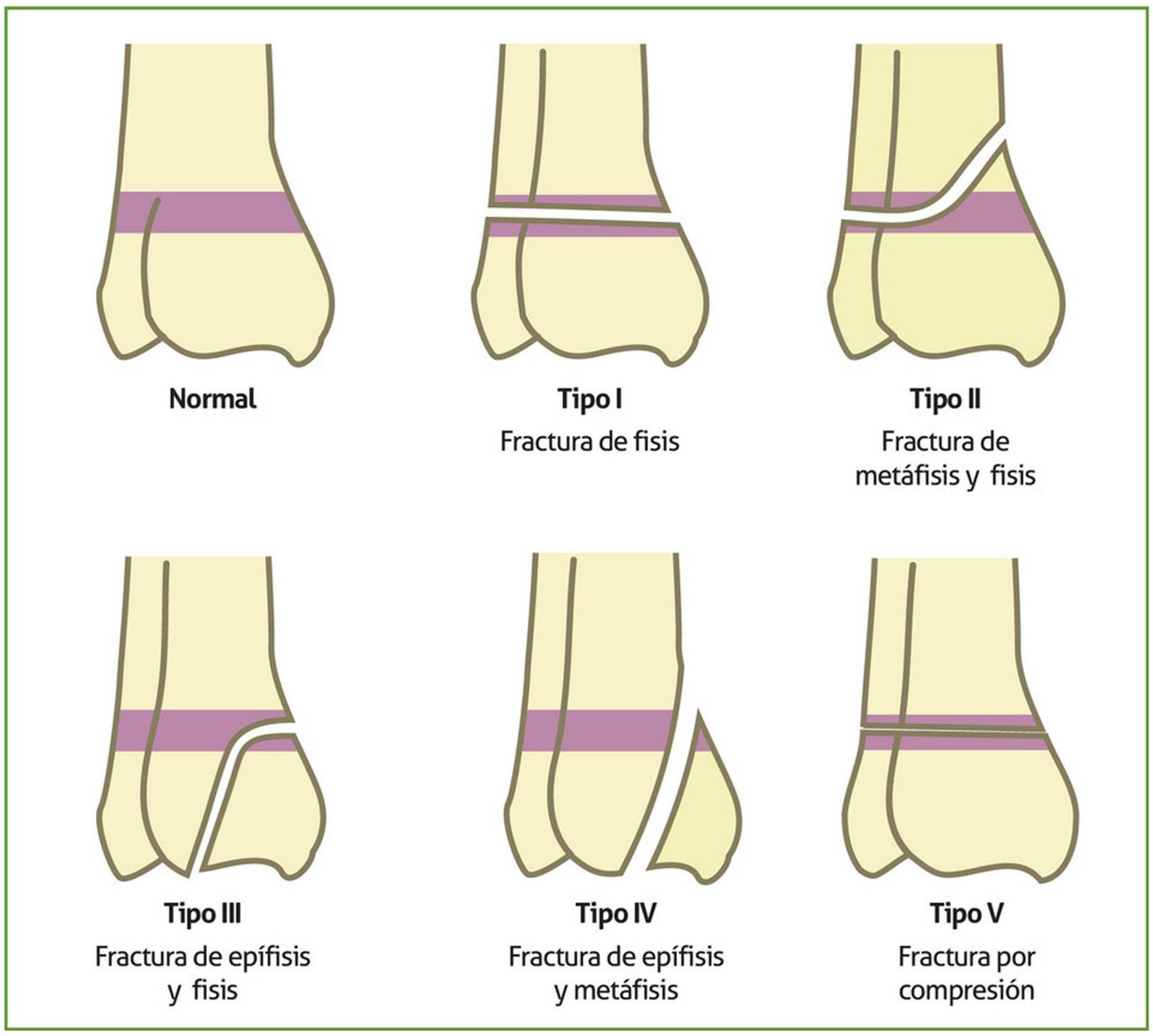


Figura 80. Imagen radiográfica craneocaudal de una fractura patológica de fémur causada por un osteosarcoma. Este tipo de fractura está ocasionada por la debilidad de la estructura ósea debido a la predominancia de los fenómenos osteolíticos observados en la región metafisaria (flecha azul).

Figura 81. Imagen radiográfica lateral de una fractura por avulsión de la tuberosidad tibial en un Bulldog. Obsérvese el desplazamiento proximal de la tuberosidad tibial coincidiendo con el sentido de la tracción del tendón rotuliano.

Evolución del callo de fractura

La fractura puede resolverse mediante cicatrización ósea primaria o secundaria. La velocidad de cicatrización de la fractura depende de cada individuo y de su edad.

En la **cicatrización ósea primaria** no se va a desarrollar callo de fractura, ya que se unen los dos extremos de la misma mediante compresión y la unión se va a producir prácticamente por continuidad de los fragmentos. Las características radiográficas que atañen a este tipo de cicatrización son:

- Ausencia de callo óseo.
- Pérdida progresiva de la radiopacidad de la fractura por efecto osteoclástico.
- Pérdida progresiva de la línea de fractura.

En la **cicatrización ósea secundaria** se va a desarrollar el callo de fractura. En este caso, la unión del hueso se va a producir mediante proximidad, no mostrando una continuidad rigurosa entre las corticales del fragmento proximal y distal. Este proceso presenta diferentes características radiológicas en función del tiempo en el que se va desarrollando el callo de fractura. El tamaño y la forma del callo están directamente correlacionados con el movimiento del sitio de fractura.

Se expone a continuación el proceso de formación de callo óseo en un hueso cilíndrico, tomando como ejemplo una fractura diafisaria:

- **Primera semana** (fig. 82): se observa un redondeamiento de las superficies de la fractura y se aprecia un aumento del grosor de la fractura, ya que predomina una actividad osteoclástica.
- **Segunda y tercera semana**: comienza a predominar la actividad osteoblástica, comenzando a formarse un callo óseo irregular sin mineralización a partir de una reacción perióstica débil cerca de la fractura.
- A partir de la **cuarta semana** comienza la invasión del callo óseo mineralizado sobre la fractura, formando un collar alrededor y haciendo opaca la línea interfragmentaria (fig. 83).
- A partir de las **doce semanas**, el callo óseo comenzará a experimentar una remodelación, tomando una forma fusiforme hasta que fusione completamente la fractura. Se puede llegar a observar un patrón trabecular en el callo de fractura (fig. 84).

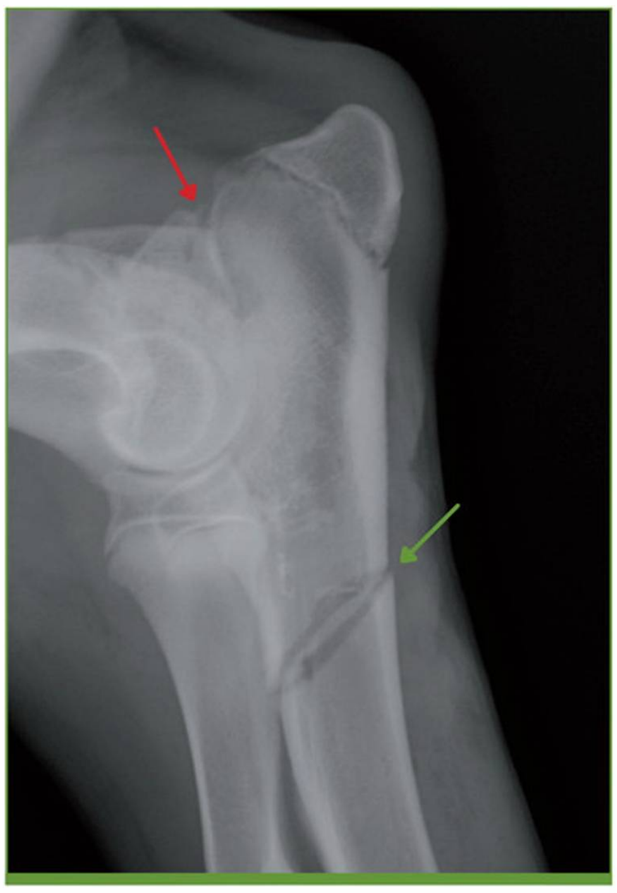


Figura 82. Imagen radiográfica lateral del codo obtenida inmediatamente tras realizar una osteotomía cubital. Fractura iatrogénica diafisaria oblicua del cúbito sin desplazamiento entre fragmentos (flecha verde) para corregir la incongruencia provocada por la no unión del proceso ancóneo (flecha roja).

Luxaciones

Las luxaciones de una articulación son sencillas de diagnosticar radiográficamente, ya que suele llamar la atención el posicionamiento del hueso luxado. Es importante realizar dos proyecciones para establecer hacia dónde se ha desplazado el hueso y poder realizar la maniobra de reducción correcta en función del posicionamiento.

Para que se produzca una luxación total de una articulación debe producirse, al menos, la rotura de alguno de los elementos que intervienen en la estabilización de la misma. Las luxaciones pueden tener un proceso displásico severo asociado. Una de las luxaciones más frecuentes es la de cadera, que se da en animales adultos, ya que los jóvenes suelen presentar fractura de la fisis de la cabeza femoral antes de llegar a romper el ligamento redondo. Los elementos articulares que dan estabilidad son: ligamentos, tendones, cápsula articular y músculos. Las luxaciones que se observan con mayor frecuencia en la clínica diaria son: coxofemoral, sacroilíaca, humerocubital y escapulohumeral.

En las luxaciones coxofemorales se observa el acetábulo vacío con la cabeza femoral desplazada en sentido craneodorsal, intrapélvico, caudodorsal o ventral (fig. 64).

En las luxaciones sacroilíacas se observa un cambio de posición del ala del ilion respecto al ala del sacro. Puede ser bilateral y la causa es traumática (fig. 85).

La luxación del codo suele ser caudolateral. La proyección radiográfica lateral muestra una posición anómala del proceso ancóneo con pérdida del espacio articular humerorradiocubital (fig. 86).

En la luxación escapulohumeral se observa la cavidad glenoidea de la escápula sin la presencia de la cabeza humeral en su interior.

Figura 83. Imagen radiográfica lateral del codo tomada 30 días después de la realización de una osteotomía cubital. Obsérvese como el callo óseo rodea a los fragmentos en el foco de la fractura haciendo que la solución de continuidad en el cúbito sea más difusa.

Figura 84. Imagen radiográfica lateral del codo 78 días después de realizarse una osteotomía cubital. Obsérvese que el callo óseo ha disminuido su volumen, haciéndose más liso. La línea de fractura ha desaparecido, emergiendo un patrón trabeculado en esa zona.

Figura 85. Imagen radiográfica de la cadera en posición ventrodorsal en un caso de luxación sacroilíaca. Se observa un desplazamiento craneal de la superficie articular del ala del ilion (flecha roja), acompañado de fractura del isquion y pubis (flecha verde).

Figura 86. Imagen radiográfica oblicua de una luxación humerorradiocubital. Obsérvese como el proceso ancóneo se encuentra fuera de la fosa supratroclear.

Figura 87. Imagen radiográfica craneocaudal de una luxación medial de rótula en un gato Persa. En condiciones normales, la rótula (flecha blanca) debe observarse superpuesta sobre la tróclea femoral (flecha verde). En este caso se muestra luxada de forma crónica medialmente.

La luxación de rótula se aprecia en la vista craneocaudal desplazada hacia el aspecto lateral o medial del surco troclear del fémur (fig. 87). Si la luxación rotuliana persiste en el tiempo, puede producirse un arqueo del tercio distal del fémur, inestabilidad rotacional de la articulación de la rodilla y displasia de la epífisis femoral, entre otras consecuencias.

Mala unión/no unión del callo óseo

Las complicaciones más frecuentes que pueden producirse en una fractura son:

- **Mala unión:** en este proceso no se ha mantenido correctamente la alineación y aposición de los fragmentos de la fractura durante el tiempo de la reparación ósea, produciéndose una angulación anómala que conlleva un déficit en la función.
- **No unión:** este fenómeno se define como el cese de la cicatrización ósea antes de la fusión de los fragmentos de la fractura, persistiendo la línea de fractura (fig. 88).
- **Osteomielitis:** este proceso consiste en la infección del hueso por microorganismos. Puede existir osteomielitis sin observarse signos radiográficos cuando el proceso se encuentra incipiente. Posteriormente, se pueden desarrollar lesiones óseas agresivas.
- **Secuestro óseo:** se produce cuando un fragmento óseo de la fractura no adquiere la vascularización necesaria para integrarse con el resto de fragmentos o no se reabsorbe (secuestro estéril). Otra posibilidad es que el fragmento se infecte y provoque un halo radiolúcido a su alrededor, pudiendo observarse un margen esclerótico, marginando este fragmento del resto de hueso. En estos casos puede existir una fístula.

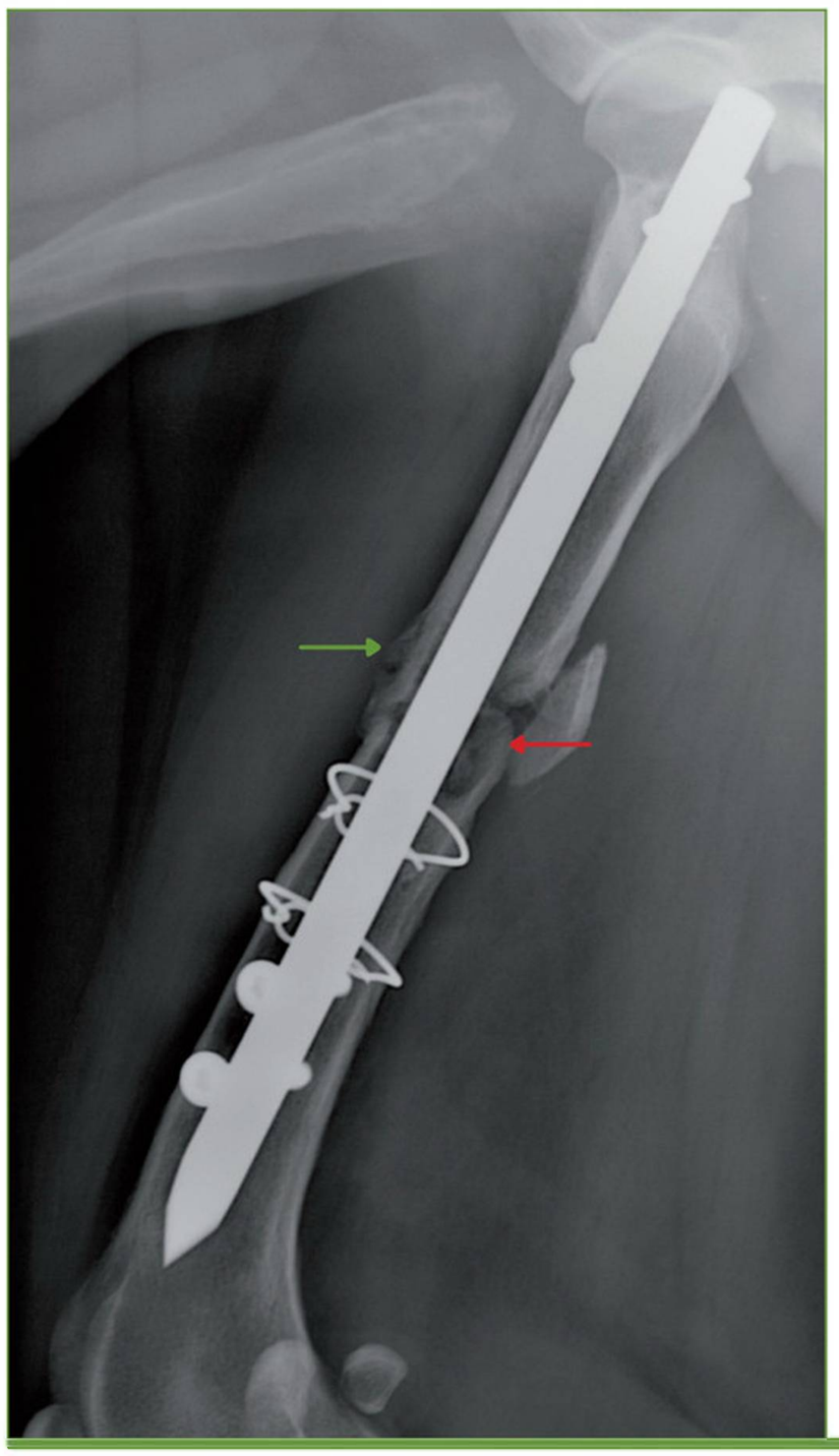


Figura 88. Imagen radiográfica lateral posquirúrgica de un fémur, cinco meses después de la colocación de un clavo cerrojado con cerclajes para reducir una fractura. Se observa persistencia de la línea de fractura en la que los extremos de los fragmentos se muestran redondeados (flecha roja) por la actividad osteoclástica. La actividad osteoblástica es mínima (flecha verde).

Lesiones óseas agresivas y no agresivas

Las lesiones infecciosas o neoplásicas del hueso pueden presentar características radiológicas agresivas o no agresivas dependiendo de varios factores, entre los que cabe mencionar la cronicidad de la lesión, el grado de malignidad de la neoplasia, la capacidad de los microorganismos para colonizar el hueso, etc.

Por ello, es importante conocer las características radiológicas de la agresividad ósea, a fin de establecer un correcto tratamiento médico o quirúrgico acorde a la naturaleza de la lesión.

La toma de muestras citológicas o histopatológicas en el hueso puede realizarse mediante guía ecográfica con un transductor de alta frecuencia (>10 MHz) o mediante tomografía (fig. 89) en lesiones que se sitúen alejadas de la superficie. La osteolisis favorece la toma de muestras con aguja fina o mediante aguja de biopsia, ya que el hueso se encuentra dañado de tal forma que es fácilmente penetrable con una aguja. En cambio, las lesiones osteoproliferativas son más complicadas de biopsiar dada la dureza del tejido.

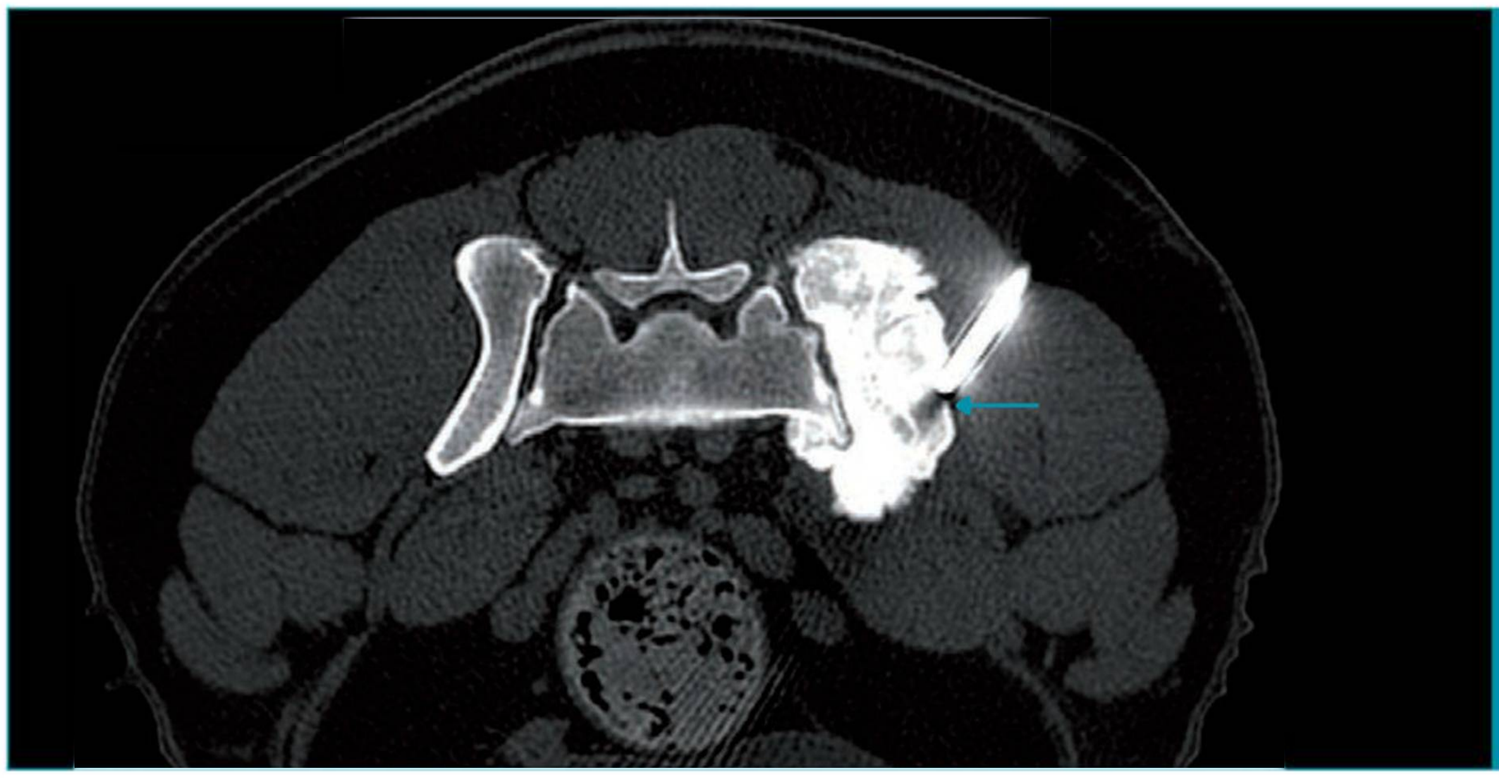


Figura 89. Imagen tomográfica a nivel de la articulación sacroilíaca de un perro con osteosarcoma en el ala del ilion. Obsérvese como la tomografía sirve de guía para la colocación de la aguja de biopsia en el área de mayor proliferación (flecha).

Caracterización de las lesiones óseas

Una vez localizada la lesión ósea se debe prestar atención a los siguientes hallazgos radiológicos para determinar si una lesión es agresiva o no agresiva:

1. Localización.
2. Patrón de lisis.
3. Reacción perióstica.
4. Zona de transición entre la lesión y el hueso sano.
5. Alteración de las corticales.
6. Variación de la imagen radiológica en un corto periodo de tiempo.

En la evaluación de la agresividad de una lesión se tiene en cuenta el efecto sumatorio de los hallazgos radiológicos que se acaban de exponer.

Localización

La localización de la lesión se establece dependiendo de si es múltiple en el mismo hueso, múltiple en diferentes huesos o solitaria en un hueso. Si una lesión es única en un hueso –solitaria-, será necesaria su identificación de acuerdo a la porción anatómica del hueso en que está alojada. Así pues, habrá lesiones solitarias epifisarias, metafisarias, diafisarias, etc.

Una lesión ósea múltiple en varios huesos recibe el nombre de **poliostótica**. Esta lesión suele estar asociada con patologías sistémicas, que promueven su implantación en el hueso a través de la sangre o la linfa. Las lesiones poliostóticas son frecuentes en las osteomielitis, mielomas múltiples, linfomas óseos y metástasis óseas, donde estas últimas pueden aparecer también de forma múltiple en un solo hueso. Las lesiones que se observan en un solo hueso reciben el nombre de **monostóticas** y engloban múltiples diagnósticos diferenciales.

En las **epífisis** de los huesos largos lo más frecuente es observar alteraciones degenerativas, como pueden ser la presencia de quistes subcondrales, osteocondrosis, procesos osteolíticos desencadenados por artritis sépticas, etc.

En las **metáfisis** de los huesos suele desarrollarse el osteosarcoma (fig. 90). Ésta es la neoplasia ósea más frecuente en el perro y no tan frecuente en el gato. Su presentación suele ser en animales de edad avanzada. Su tendencia de localización anatómica preferente varía según consideremos el miembro torácico o el pelviano, con un frecuente alejamiento de la articulación del codo (habitualmente se afecta la metáfisis proximal del húmero y la distal del radio) y acercamiento a la rodilla (metáfisis distal del fémur y proximal de la tibia). Las metáfisis también son un lugar de frecuente asiento de metástasis procedentes de neoplasias primarias como el carcinoma mamario.

El sarcoma sinovial es una neoplasia que se origina en la membrana sinovial de la articulación, y puede afectar tanto a las epífisis como a las metáfisis (fig. 91).

Por otra parte, lesiones benignas como la osteodistrofia hipertrófica, la osteomielitis y los quistes óseos también suelen asentarse en las metáfisis.

La afección de las **fisis** se puede observar en los animales inmaduros, en alteraciones como el cierre prematuro fisario, la osteomielitis y la fisitis.

En las **diáfisis** de los huesos largos las alteraciones que se observan con mayor frecuencia son fracturas en proceso de cicatrización, panosteítis, quistes óseos, neoplasias óseas con extensión intramedular, metástasis e infartos. Cualquier hueso es susceptible de ser invadido por neoplasias de tejido blando adyacentes, como es el caso del sarcoma sinovial (fig. 91) o el fibrosarcoma.

Figura 90. Imagen radiográfica lateral de una rodilla con osteosarcoma. Obsérvese la reacción perióstica en empalizada (flecha roja), el triángulo de Codman (flecha blanca) y la formación de matriz ósea dentro del canal medular (flecha verde).

Figura 91. Imagen radiográfica caudocraneal de una rodilla con sarcoma sinovial. Obsérvense las regiones osteolíticas (flechas) que presentan tanto la epífisis proximal de la tibia como la distal del fémur.

La resonancia magnética y la tomografía pueden caracterizar lesiones de pequeño tamaño o que se encuentren en regiones anatómicas complejas como la cadera (fig. 92). La tomografía (fig. 93) puede llegar a ser superior a la resonancia en la determinación de la extensión de las lesiones neoplásicas musculoesqueléticas, ya que en aquellas ocasiones donde la inflamación o la necrosis asociada es extensa, se observarán regiones hiperintensas en T2 y STIR que dificultarán la localización y la extensión de la lesión neoplásica.

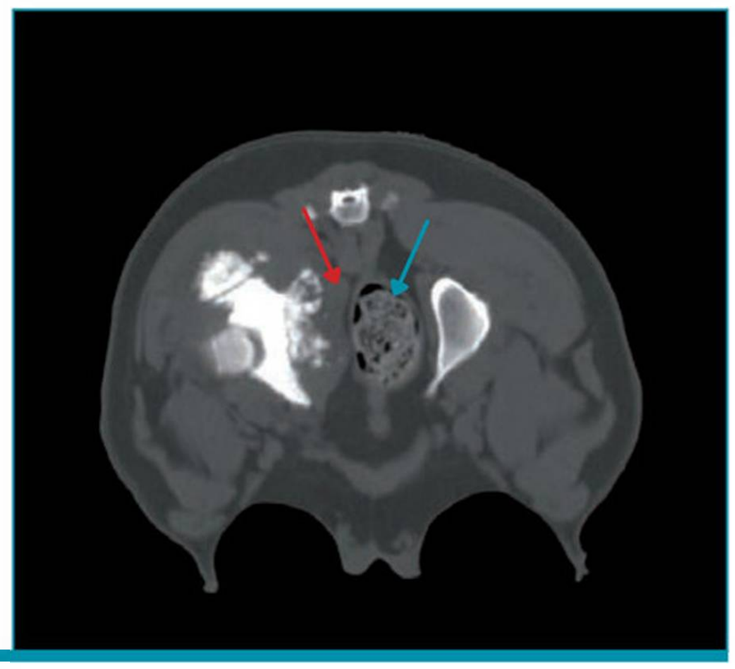


Figura 92. Imagen tomográfica a nivel de las articulaciones coxofemorales de un perro con osteosarcoma situado en el ala de ilion. Obsérvese el efecto masa (flecha roja) que produce el osteosarcoma sobre el recto (flecha azul).

Figura 93. Imagen tomográfica en sección transversal a nivel de la 11ª vértebra torácica de un gato con fibrosarcoma. Obsérvese la captación de contraste (flecha azul) que delimita de forma excelente un fibrosarcoma invadiendo el músculo dorsal ancho.

Patrón de lisis

De menor a mayor agresividad:

- Geográfico: lesión solitaria bien delimitada, típica de lesiones óseas no agresivas y benignas.
- Apolillado: con carácter infiltrativo, con múltiples focos osteolíticos de mediano tamaño (2-5 mm).
- Poroso: de carácter infiltrativo, con múltiples focos osteolíticos de muy pequeño tamaño (< 1 mm).
- Mixta: combinaciones de las anteriores.

Reacción perióstica

El periostio puede reaccionar de diferentes formas tras sufrir cualquier tipo de agresión. Los tipos de reacción perióstica se clasifican en continuas, que se desarrollan en procesos de evolución lenta, y discontinuas, que se producen en aquellos procesos de desarrollo rápido, siendo estas últimas las más representativas de las lesiones óseas agresivas. Existen varios subtipos dentro de estos dos grupos:

Reacciones perióstica continuas

- Lisa (fig. 94).
- En empalizada (fig. 90).
- En cepillo (fig. 94).
- Rugosa (fig. 95).
- En capas de cebolla.
- Triángulo de Codman (fig. 90).

Reacciones perióstica discontinuas

- Espiculada.
- En rayos de sol.
- Amorfa.

Se considera que las reacciones perióstica continuas se observan con mayor frecuencia en procesos benignos, aunque las reacciones "en capa de cebolla" y el "triángulo de Codman" se han asociado a neoplasias óseas en ocasiones. Las reacciones óseas discontinuas aparecen en neoplasias y osteomielitis.

Tipos de reacciones periósticas

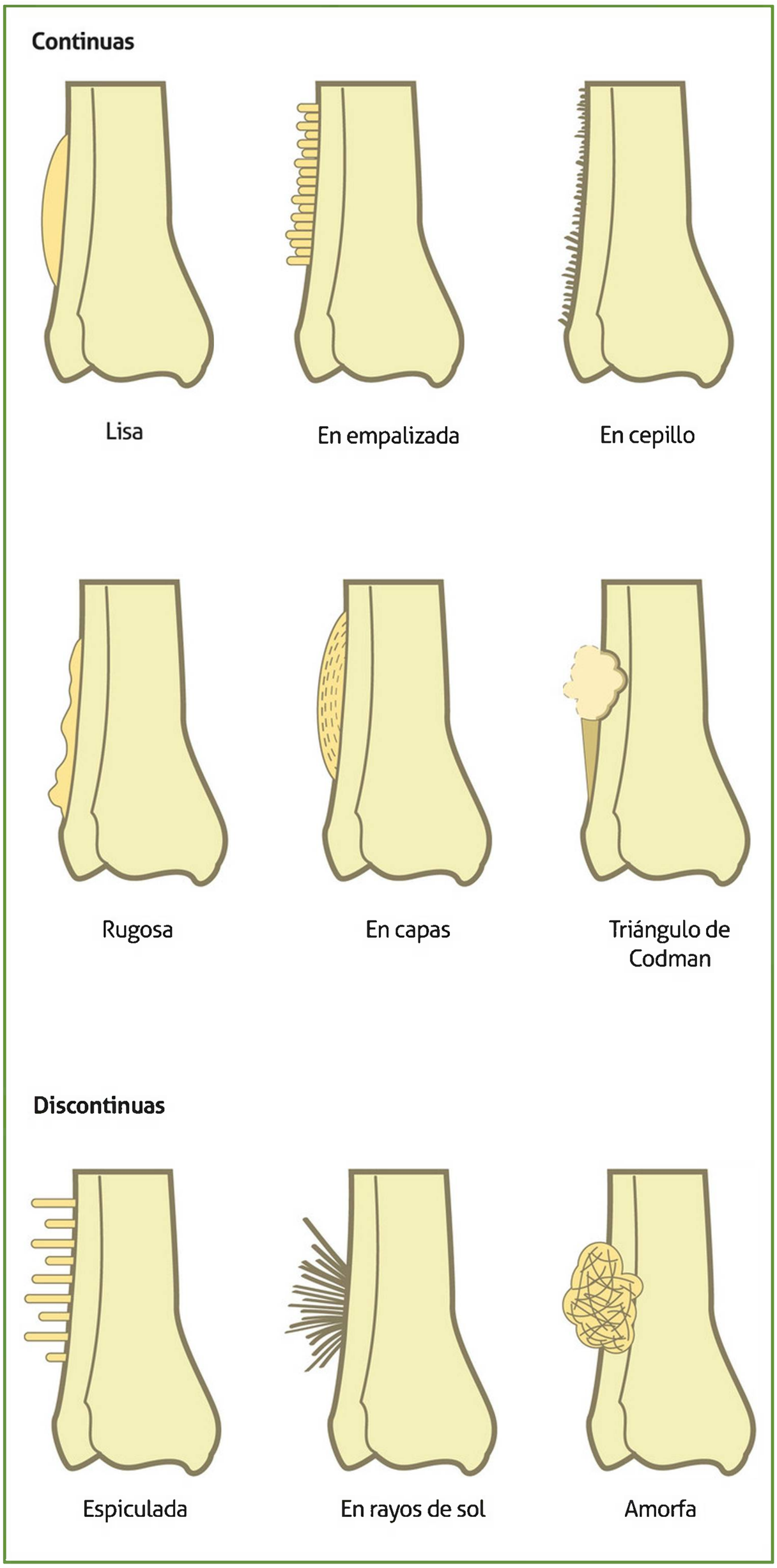
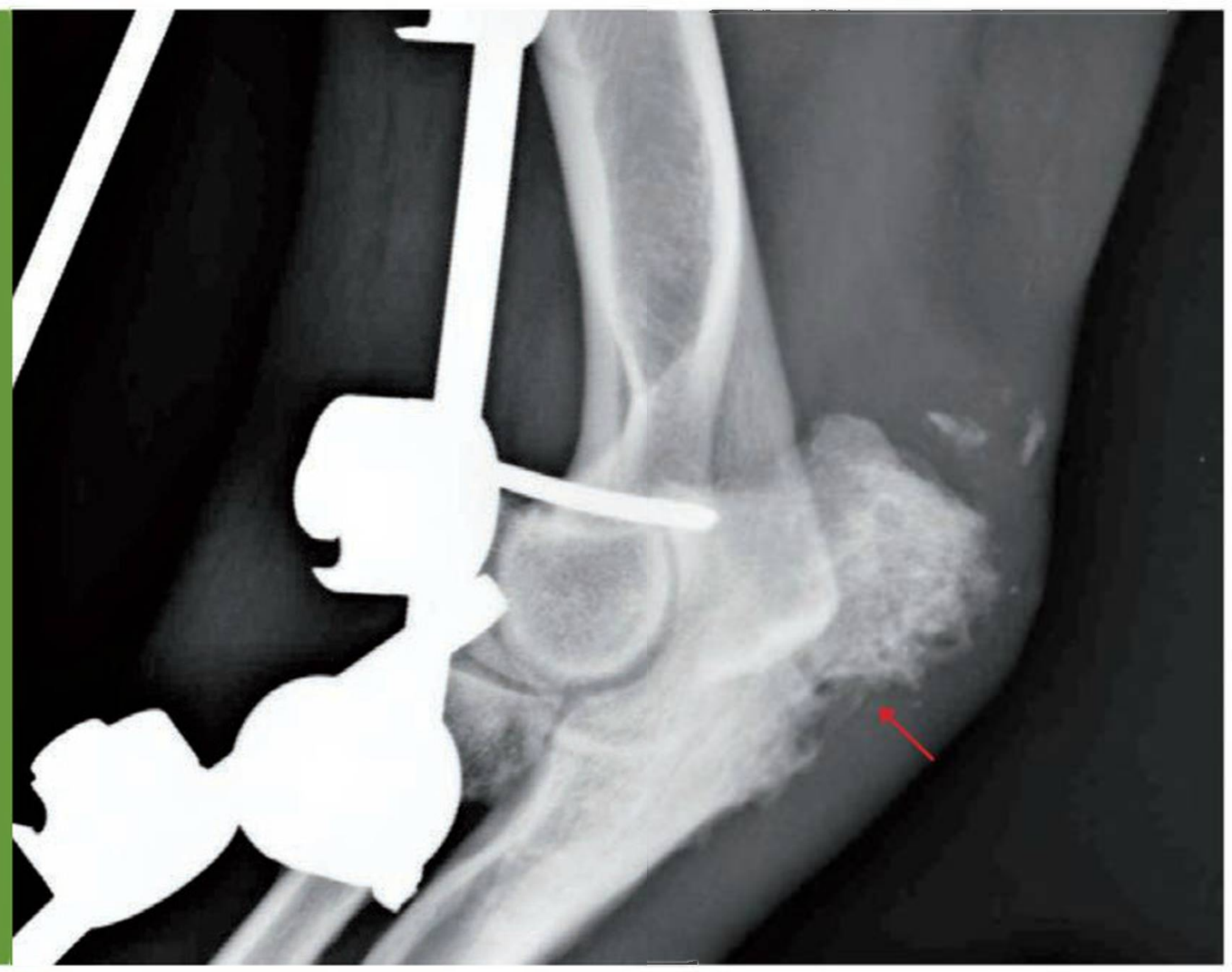


Figura 94. Imagen radiográfica del antebrazo y mano de un perro con un fijador externo. Obsérvese la radiolucidez (flechas verdes) en el trayecto que recorre el implante metálico a través del hueso, signo radiológico que indica inestabilidad del implante. Nótese la reacción perióstica lisa (flecha blanca) y en cepillo (flecha roja) provocada por las fracturas.

Figura 95. Imagen radiográfica posquirúrgica lateral del codo de un perro en un caso de avulsión de tríceps braquial. Se observa osteolisis cortical y esclerosis subcortical en el aspecto caudal del olécranon del cúbito (flecha). Este hallazgo es un ejemplo de lesión ósea agresiva no neoplásica compatible con osteomielitis ósea.



Zona de transición entre la lesión y el hueso sano

La zona de transición es el borde de la lesión con el hueso sano. Una zona de transición bien delimitada significa que sus bordes se encuentran bien diferenciados, por lo que la resolución de la lesión respecto al hueso debe ser tal que la persona encargada de interpretar la radiografía pueda ser capaz de delimitar con un bolígrafo los bordes de la misma.

Una zona de transición delgada es más probable que surja de una lesión no agresiva y, en cambio, una zona de transición gruesa es más probable que aparezca en una lesión agresiva, no necesariamente neoplásica.

La zona de transición se puede evaluar con mayor precisión mediante tomografía y resonancia magnética. La formación de matriz mineralizada, característica frecuente en el osteosarcoma (fig. 96), puede visualizarse mediante estas dos técnicas: la tomografía mostrará regiones de hiperatenuación intramedulares, mientras que la resonancia presentará zonas hipointensas en T1 y T2, diferenciándose de las zonas de hemorragia donde se observa hiperintensidad tanto en T1 como en T2.

Alteración de las corticales

La alteración de las corticales es un signo radiológico característico de lesiones óseas agresivas, aunque no malignas, puesto que un proceso inflamatorio como una osteomielitis también es capaz de provocar cambios osteolíticos en las corticales óseas.

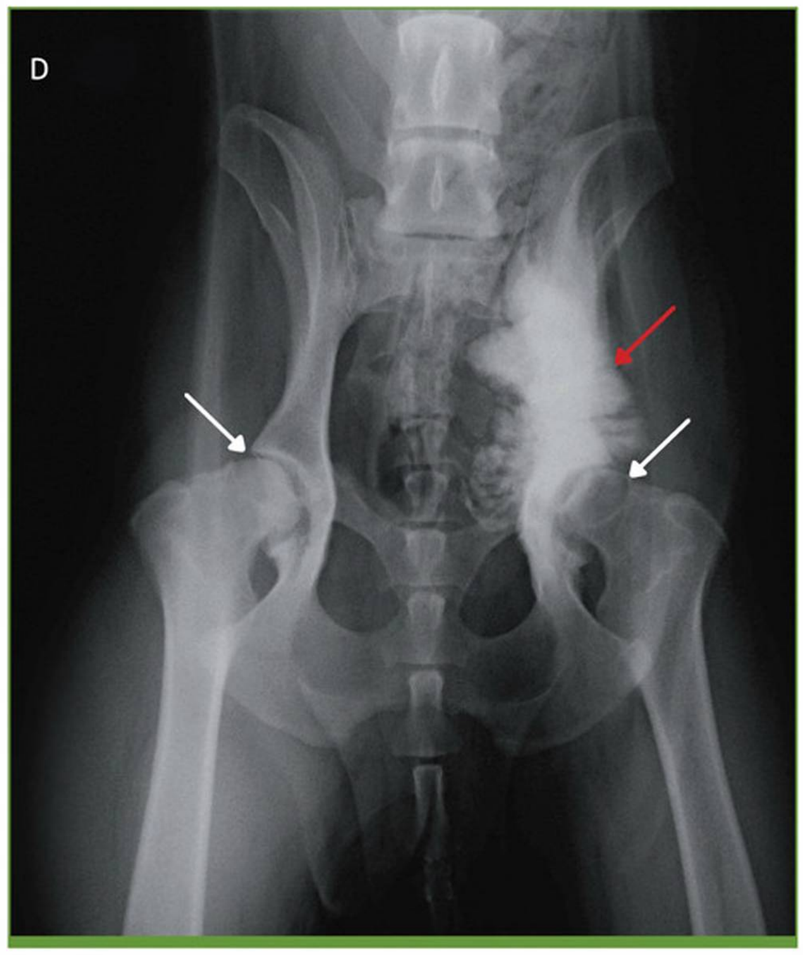


Figura 96a. Imagen radiográfica de la cadera de un perro con osteosarcoma en el ilion. Obsérvese la proliferación ósea que presenta la neoplasia situada en el ala del ilion (flecha roja), no observándose en este caso focos de osteolisis. La reacción perióstica que se observa es en empalizada. Las flechas blancas señalan la pérdida de la esfericidad de ambas cabezas femorales inducida por la displasia de cadera que presentaba el paciente.

Figura 96b. Sección tomográfica sagital de un húmero canino con un osteosarcoma. Obsérvese la proliferación ósea en su metáfisis proximal, afectando tanto al exterior como al interior de la cavidad medular (flecha).

Variación de la imagen radiológica en un corto periodo de tiempo

La evaluación de una lesión en un intervalo corto de tiempo puede ayudar en el diagnóstico si se observan grandes variaciones respecto al primer estudio radiográfico.

Las lesiones agresivas muestran una elevada tasa de cambio debido a que suelen presentar variaciones osteoproliferativas y osteolíticas severas a la vez. Esto hace que en muy poco tiempo se obtengan imágenes muy diferentes, por lo que se confirmaría la lesión ósea agresiva.

Neoplasias óseas frente a osteomielitis

Tanto la neoplasia ósea primaria como la osteomielitis se presentan en el hueso con características radiográficas agresivas, por lo que llegar a diferenciar estos dos procesos mediante radiología convencional puede llegar a ser imposible. En cambio, sí que se han descrito características radiológicas prácticamente exclusivas, o que se presentan con mayor frecuencia en uno u otro proceso patológico, como las que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Descripción comparativa de los hallazgos radiográficos observados en neoplasias óseas y osteomielitis.

	Secuestro óseo	Metástasis	Grado de osteolisis	Triángulo de Codman	Articular	Fractura patológica	Reacción perióstica
Osteomielitis	Sí	No	↑↑	Raro	Sí	Infrecuente	Regular
Neoplasia ósea primaria	No	Sí	↑↑↑↑	Frecuente	Infrecuente	Frecuente	Irregular

El secuestro óseo suele localizarse en áreas donde se están estableciendo mecanismos de reparación ósea (por ejemplo, tras una fractura), encontrando habitualmente un fragmento de hueso muerto, parcial o totalmente desprendido del hueso sano adyacente, por un déficit focal de vascularización. Suele ocurrir como consecuencia de una inflamación focal provocada, en ocasiones, por procesos infecciosos. Las neoplasias no suelen presentar este tipo de lesiones ya que precisamente se produce angiogénesis para abastecer de nutrientes a los tejidos neoformados, con lo que el suministro circulatorio está garantizado.

Un hallazgo frecuente en las neoplasias primarias de hueso son las metástasis pulmonares, por lo que debe realizarse un estudio radiográfico del tórax en estos casos.

La osteolisis en la neoplasia ósea primaria suele ser muy severa, aunque existen también neoplasias osteoproductivas que no presentan osteolisis (fig. 96). Es raro observar el triángulo de Codman en infecciones óseas. En cambio, se presenta a menudo delimitando la extensión de un osteosarcoma (fig. 90).

La neoplasia ósea primaria no se extiende a través de una articulación alcanzando el hueso más proximal o distal. En cambio, en la osteomielitis sí que puede observarse una diseminación de la infección a los huesos más próximos.

La fractura patológica suele ser un hallazgo frecuente en neoplasias óseas (fig. 80) dado el alto grado de osteolisis que habitualmente presentan.

La reacción perióstica que se observa con mayor frecuencia en las neoplasias es de tipo discontinuo, ya que este proceso suele presentar una remodelación ósea poco organizada y no proporciona el tiempo necesario al periostio para organizar la matriz ósea que está formando la neoplasia. En cambio, las osteomielitis óseas suelen presentar un patrón continuo más típico (fig. 97).

Figura 97. Imagen radiográfica lateral posquirúrgica de la rodilla de un perro, tras una osteotomía en cuña para la nivelación de la meseta tibial en una rotura de ligamento cruzado craneal. Existe una reacción perióstica lisa en ambos aspectos craneal y caudal de las corticales de la tibia, alrededor del foco de osteotomía. Estos hallazgos radiográficos son compatibles con osteomielitis.

Bibliografía

Bordelon, J.T., Reaugh, H.F., Rochat, M.C. Traumatic luxations of the appendicular skeleton. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2005 Sep; 35(5):1169-94, vi.

Bright, S.R. Arthroscopic-assisted management of osteochondritis dissecans in the stifle of a cat. *J Small Anim Pract,* 2010 Apr; 51(4):219-23.

Burk, R., Feeney, D. *Small animal radiology and ultrasound 3rd ed.* Saunders, Missouri, 2003.

Coulson, A., Lewis, N. *An atlas of interpretative radiographic anatomy of the dog and cat 2ª ed.* Blackwell publishing, Oxford, 2008.

De Rycke, L.M., Gielen, I.M., van Bree, H., Simoens, P.J. Computed tomography of the elbow joint in clinically normal dogs. *Am J Vet Res,* 2002 Oct; 63(10):1400-7.

Demko, J., McLaughlin, R. Developmental orthopedic disease. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2005 Sep; 35(5):1111-35, vi.

Dennis, R., Kirberger, R.M., Wrigley, R.H., Barr, F.J. *Handbook of small animal radiological differential diagnosis* 1st ed. Saunders, London, 2001.

Evans, H.E., deLahunta, A. *Miller's anatomy of the dog 3rd ed.* Saunders, Philadelphia, 1993.

Franklin, M.A., Rochat, M.C., Broaddus, K.D. Hypertrophic osteodystrophy of the proximal humerus in two dogs. *J Am Anim Hosp Assoc*, 2008 Nov-Dec; 44(6):342-6.

Gemmill, T.J., Hammond, G., Mellor, D., Sullivan, M., Bennett, D., Carmichael, S. Use of reconstructed computed tomography for the assessment of joint spaces in the canine elbow. *J Small Anim Pract,* 2006 Feb; 47(2):66-74.

Kealy, J.K., McAllister, H. *Diagnostic radiology and ultrasonography of the dog and cat 3rd ed.* Saunders, Philadelphia, 2000.

Knox, V.W. 4th, Sehgal, C.M., Wood, A.K. Correlation of ultrasonographic observations with anatomic features and radiography of the elbow joint in dogs. *Am J Vet Res,* 2003 Jun; 64(6):721-6.

Lamb, C.R., Wong, K. Ultrasonographic anatomy of the canine elbow. *Vet Radiol Ultrasound,* 2005 Jul-Aug; 46(4):319-25.

Marino, D.J., Loughin, C.A. Diagnostic imaging of the canine stifle: a review. *Vet Surg,* 2010 Apr; 39(3):284-95.

Mathis, K.R., Havlicek, M., Beck, J.B., Eaton-Wells, R.D., Park, F.M. Sacral osteochondrosis in two German Shepherd Dogs. *Aust Vet J*, 2009 Jun; 87(6):249-52.

Moores, A.P., Benigni, L., Lamb, C.R. Computed tomography versus arthroscopy for detection of canine elbow dysplasia lesions. *Vet Surg,* 2008 Jun; 37(4):390-8.

MURPHY, S.E., BALLEGEER, E.A., FORREST, L.J., SCHAEFER, S.L. Magnetic resonance imaging findings in dogs with confirmed shoulder pathology. *Vet Surg,* 2008 Oct; 37(7):631-8.

NYLAND, T.G., MATOON, J.S. *Veterinary diagnostic ultrasound 2ª ed.* WB Saunders, Philadelphia, 2002.

OBER, C.P., FREEMAN, L.E. Computed tomographic, magnetic resonance imaging, and cross-sectional anatomic features of the manus in cadavers of dogs without forelimb disease. *Am J Vet Res*, 2009 Dec; 70(12):1450-8.

PALIERNE, S., PALISSIER, F., RAYMOND-LETRON, I., AUTEFAGE, A. A case of bilateral patellar osteochondrosis and fracture in a cat. Clinical and histological findings. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 2010; 23(2):128-33. Epub 2010 Feb 11.

PENNINCK, D., D'ANJOU, M.A. *Atlas of small animal ultrasonography 1st ed.* Blackwell publishing, Iowa, 2008.

REMY, D., NEUHART, L., FAU, D., GENEVOIS, J.P. Canine elbow dysplasia and primary lesions in German Shepherd dogs in France. *J Small Anim Pract,* 2004 May; 45(5):244-8.

ROUSH, J.K. Management of fractures in small animals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract,* 2005 Sep; 35(5):1137-54, vi.

SAMII, V.F., DYCE, J., POZZI, A., DROST, W.T., MATTOON, J.S., GREEN, E.M., KOWALESKI, M.P., LEHMAN, A.M. Computed tomographic arthrography of the stifle for detection of cranial and caudal cruciate ligament and meniscal tears in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 2009 Mar-Apr; 50(2):144-50.

SNAPS, F.R., SAUNDERS, J.H., PARK, R.D., DAENEN, B., BALLIGAND, M.H., DONDELINGER, R.F. Comparison of spin echo, gradient echo and fat saturation magnetic resonance imaging sequences for imaging the canine elbow. *Vet Radiol Ultrasound,* 1998 Nov-Dec; 39(6):518-23.

SCHERZER, C., WINDHAGEN, H., NELLESEN, J., CROSTACK, H.A., ROHN, K., WITTE, F., THOREY, F., FEHR, M., HAUSCHILD, G. Comparative structural analysis of the canine femoral head in Legg-Calvé-Perthes disease. *Vet Radiol Ultrasound*, 2009 Jul-Aug; 50(4):404-11.

SEELIG, U., KLOPFLEISCH, R., WEINGART, C., WALTHER, B., LUEBKE-BECKER, A., BRUNNBERG, L. Septic polyarthritis caused by Erysipelothrix rhusiopathiae in a dog. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 2010; 23(1):71-3. Epub 2009 Dec 8.

THRALL, D.E. *Textbook of veterinary diagnostic radiology 5th ed*. Saunders, Philadelphia, 2007.

TURAN, E., OZSUNAR, Y., GOKCE-YILDIRIM, I. Ultrasonographic examination of the carpal canal in dogs. *J Vet Sci*, 2009, 10(1):77-80.

VANDEVELDE, B., VAN RYSSEN, B., SAUNDERS, J.H., KRAMER, M., VAN BREE, H. Comparison of the ultrasonographic appearance of osteochondrosis lesions in the canine shoulder with radiography, arthrography, and arthroscopy. *Vet Radiol Ultrasound*, 2006 Mar-Apr; 47(2):174-84.

Las técnicas de diagnóstico por imagen a las que tienen acceso los veterinarios ofrecen diferentes ventajas respecto a la región o estructura orgánica que quiera evaluarse. El beneficio que puede obtenerse de ellas parte del conocimiento que el veterinario tenga de la técnica, su manejo y de la interpretación de los resultados. Por eso, en este atlas se han querido agrupar radiología, ecografía, tomografía computerizada y resonancia magnética, y, a través de más de 500 imágenes, mostrar su utilidad y aplicación según el área anatómica a examen. En los 6 capítulos del libro: descripción de las técnicas de diagnóstico por imagen, diagnóstico por imagen del tórax, abdomen, cabeza, columna vertebral y extremidades, se describen las aplicaciones de cada una de las técnicas esbozando sus indicaciones y contraindicaciones y se muestran imágenes características de la anatomía normal y de los distintos patrones de enfermedad en cada una de las áreas.

Un libro fundamental destinado a profesionales y estudiantes de la materia que invita a aprovechar todo el potencial diagnóstico que poseen las actuales técnicas de imagen en medicina veterinaria.

SERVET

ISBN: 978-84-92569-34-2