



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Alteraciones congénitas de la columna vertebral en perros

Congenital abnormalities of the spine in dogs

Autor/es

Borja Martin Roman

Director/es

Marta María Pérez Rontomé

Facultad de Veterinaria

2023-2024

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 DESARROLLO EMBRIONARIO	4
1.2 GENES EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO	8
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	11
3. METODOLOGÍA	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1 MALFORMACIONES	13
4.1.1 ETIOLOGÍA	13
4.1.2 MALFORMACIONES CERVICALES	15
4.1.3 MALFORMACIONES TORÁCICAS	19
4.1.4 MALFORMACIONES LUMBARES	21
4.1.5 MALFORMACIONES SACRO-COCÍGEAS	23
4.1.6 DEFECTOS DE ALINEAMIENTO	25
4.1.7 MALFORMACIONES EN BRAQUIOCEFÁLICOS	25
4.2 MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO	28
5. CONCLUSIONES	29
6. VALORACIÓN PERSONAL	30
7. BIBLIOGRAFÍA	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disco trilaminar formado durante la Gastrulación y evolución durante la formación del tubo neural	5
Figura 2. Diferenciación gradual de las somitas y su relación con la notocorda	6
Figura 3. Cierre del tubo neural a lo largo del embrión y en el interior, a ambos lados las somitas pares	6
Figura 4. Segmentación secundaria de las células migradas del esclerotomo que engloban la notocorda. Disposición y relación de los cuerpos vertebrales y su relación con la notocorda, las miotomas y los nervios espinales.	7
Figura 5. Disposición de los genes homeóticos en Drosophila y los genes Hox en el ratón	9
Figura 6. Vista caudal de C7 y las partes que la componen	10
Figura 7. Comparación de una radiografía de una inestabilidad atlantoaxial y una radiografía normal	16
Figura 8. Implante para el tratamiento de la inestabilidad atlantoaxial, en la cirugía	17

Figura 9. Esquema de la estenosis que aparece entre C5 y C7 en el Síndrome de Wobbler en algunas razas de perro. Tratamiento quirúrgico del Síndrome de Wobbler, una laminectomía dorsal.....	18
Figura 10. Imagen de la comparación de vértebras normales en contraposición de las diferentes hemivértebras.....	19
Figura 11. Descompresión mediante una laminectomía y fijado con clavos. Apoyo a la estabilización metilmetacrilato.....	20
Figura 12. Comparación entre una vértebra en bloque y una normal.....	24
Figura 13. Vértebra en mariposa, respecto a una vértebra normal....	27

RESUMEN

A través de este trabajo, se describe cómo es la anatomía y desarrollo de la columna vertebral en el perro, las malformaciones que pueden aparecer durante el desarrollo embrionario de la misma o a lo largo de la vida del animal en las diferentes regiones de la columna, junto con una explicación de cómo se presentan, su prevalencia, o su posible tratamiento. Su aparición conlleva desde una reducción del bienestar del animal, a patologías insidiosas o incluso hasta la muerte del mismo, detalles que se relatan a lo largo de la memoria. También se comenta en qué grado se ven afectadas algunas razas como las braquiocefálicas y los métodos de diagnóstico tradicionales o más punteros que se emplean en la actualidad para observar este tipo de alteraciones.

Palabras clave: Columna vertebral, alteraciones, desarrollo embrionario, congénito, malformaciones

ABSTRACT

Through this work, it is described how is the anatomy and growth of the spine in the dog, the malformations that may appear during the embryonic development or along the life of the animal in the different regions of the spine, along with an explanation of how they present, their prevalence or their possible treatment. Its appearance range from a reduction of the animal welfare, insidious pathologies or even its death, details that are described throughout the memory It is also commented in which grade are affected some breeds such as brachiocephalic breeds and the traditional or more cutting-edge diagnostic methods, currently used to observed these types of alterations.

Keywords: Spine, alterations, embryonic development, congenital, malformations

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de este trabajo, se explican las posibles malformaciones congénitas de la columna vertebral, que pueden aparecer en diferentes razas de perro, aunque más frecuentes en animales braquiocefálicos (de Decker et al., 2019; Rohdin et al., 2018) y entre las alteraciones más comunes que aparecen, podemos citar hemivértebras o hipoplasia vertebral (Ryan et al., 2017). Algunas de estas alteraciones, afectan la calidad de vida del animal, por lo que poder intentar solventarlas o atenuarlas, es clave.

Para comprender mejor su aparición, sintomatología, etc. se realizará un recuerdo anatómico del desarrollo embrionario, centrándonos en la formación de la columna vertebral cómo tal. Esto se debe a que hay que poner especial atención en la formación y desarrollo del embrión en las primeras etapas, donde aparecen las diferentes estructuras que componen la columna, para poder observar donde se produjo el fallo que dio lugar a la alteración. También es importante tener en cuenta la relación entre el desarrollo de estas estructuras anatómicas y el sistema nervioso para poder entender tanto el desarrollo como la deformación (de Lahunta et al., 2016). Ciertas razas por su selección genética desde su creación hasta el día de hoy, se han visto estrechamente relacionadas con dichas patologías. Incluso llegando al punto de que los animales de algunas razas nacen con estas anomalías que pasan a su descendencia donde se reproducirán las mismas malformaciones (Sampson, 2011).

Cabe destacar, que actualmente, en este tipo de animales, no se encuentran fácilmente estas alteraciones, por su control y diagnóstico durante la gestación. Es decir, gracias a la tecnología actual disponible en la clínica (TAC o resonancia magnética; Olby et al., 2014), se puede evitar que animales con estas malformaciones, sobre todo las más graves, sigan adelante.

Tras la explicación de las malformaciones más destacadas, se comentan brevemente las tecnologías de diagnóstico más importantes que nos ayudan a diagnosticar y/o a prevenir estas alteraciones.

1.1. DESARROLLO EMBRIONARIO

Para entender el desarrollo embriológico de la columna vertebral, se comenzará con un recuerdo desde la etapa de gastrulación, que es un proceso que da lugar a la formación de las 3 capas germinales del embrión, ectodermo, mesodermo y endodermo.

La gastrulación con estas 3 láminas dará lugar al disco embrionario trilaminar, el cual, procede del disco germinativo bilaminar. La gastrulación comienza con la formación de la línea primitiva en el epiblasto, esta nos indicará las zonas caudal y craneal y dorsal y ventral. Tras la formación de la línea primitiva las células epiblasticas migrarán a la línea invaginándose, dando lugar al endodermo por desplazamiento del hipoblasto. Otras células que se invaginan darán lugar al mesodermo, estas serán las que no se unan con el hipoblasto y el ectodermo, se forma con las células del epiblasto, que se han quedado en la línea primitiva (Fig. 1; McGeady et al., 2017).

Otro proceso interesante es la formación de notocorda que se forma a partir de una estructura de la línea primitiva del epiblasto, llamada nodo primitivo, del cual invaginan estas células hasta la placa precordial, en una posición más craneal a la anterior. Estas formaran un cordón tras evaginarse o protruirse y diferenciarse del endodermo, denominándose notocorda definitiva, que producirá la neurulación posteriormente formando el tubo neural. La formación de la notocorda, proporciona una plantilla para la formación del esqueleto axial y alrededor de la misma se formará la columna vertebral. A partir de la migración de células del mesodermo paraxial (estructuras conocidas como somitas; Fig. 2). Restos de la notocorda, formarán en el animal adulto el núcleo pulposos (parte interna) del disco intervertebral (articulación de los cuerpos vertebrales).

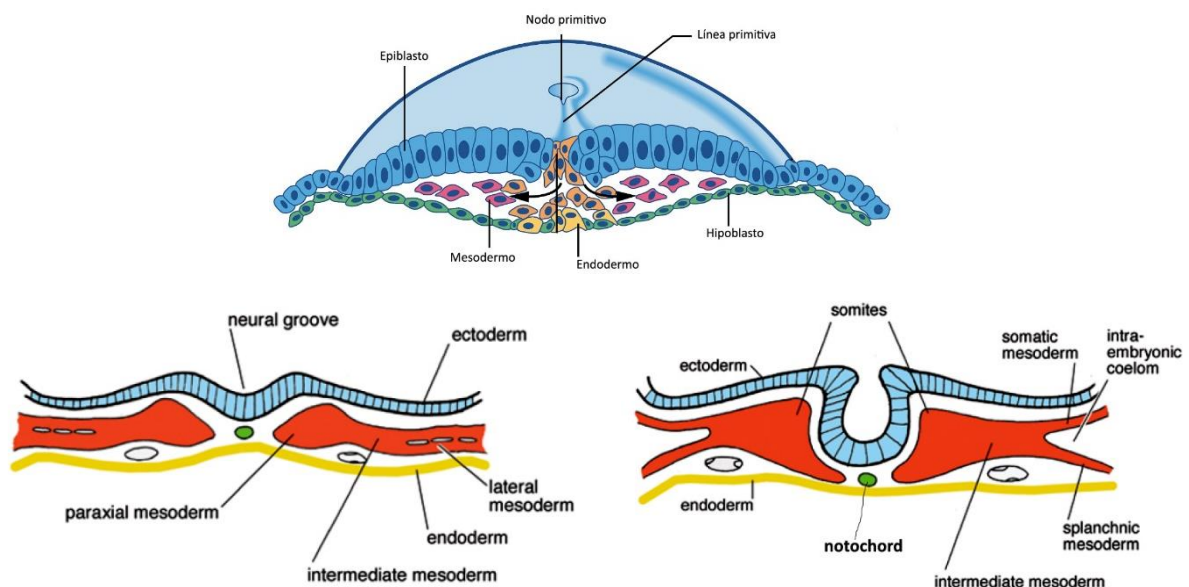


Figura 1. Disco trilaminar formado durante la Gastrulación y evolución durante la formación del tubo neural (modificadas de McGeady et al., 2010 y 2017).

El proceso de neurulación se produce porque la notocorda tira de la placa neural, deprimiendo estas células y dando lugar a los pliegues neurales. Los pliegues cuanto mayor depresión vaya

teniendo la placa, aumentarán de tamaño y se irán uniendo un extremo con el otro, formando el tubo. Cuando se cierre definitivamente el mesodermo se dividirá dando lugar a las somitas que son los precursores de la columna vertebral (Fig. 2).

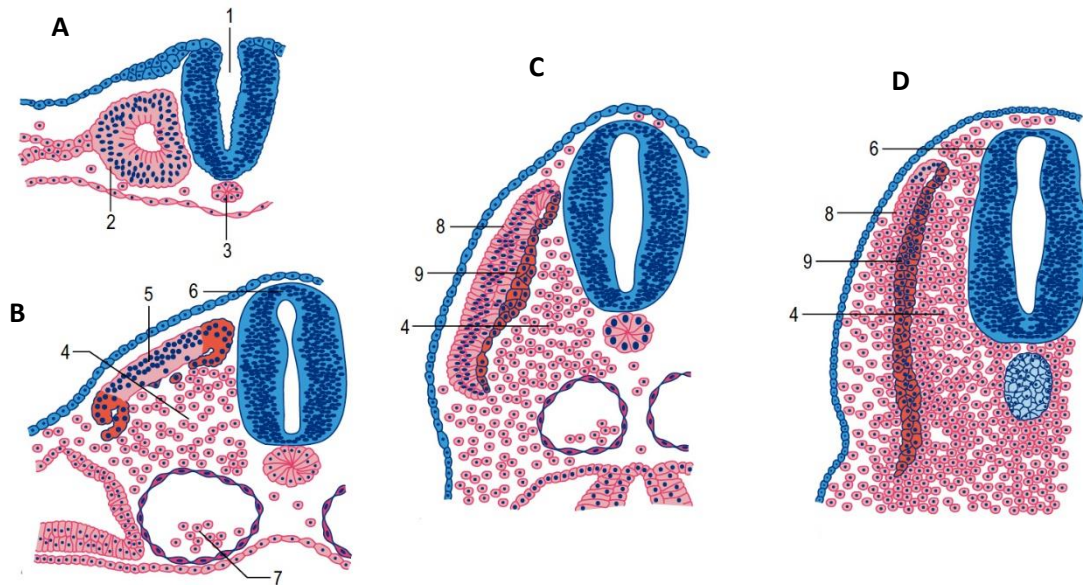


Figura 2. Diferenciación gradual de las somitas (nº2 de imagen A) y su relación con la notocorda (nº3 de imagen A). Imagen B: células del esclerotomo (nº4) y células del dermamiotomo (nº5). Imagen D: algunas de las células del esclerotomo engloban la notocorda. (Modificado de Sadler et al., 2006).

Estas somitas provienen de la diferenciación del mesodermo paraxial, una de las tres porciones del mesodermo y más próxima al tubo neural. Las somitas se van formando con el tiempo en pares, uno a cada lado de la notocorda (Fig. 3). En las somitas se diferencian en 3 poblaciones celulares: esclerotoma (porción ventromedial), que formaran los huesos del esqueleto axial; miotoma (porción central), que formará las células musculares y dermatomo (porción dorsolateral), que formará la piel que lo recubre (Fig. 2).

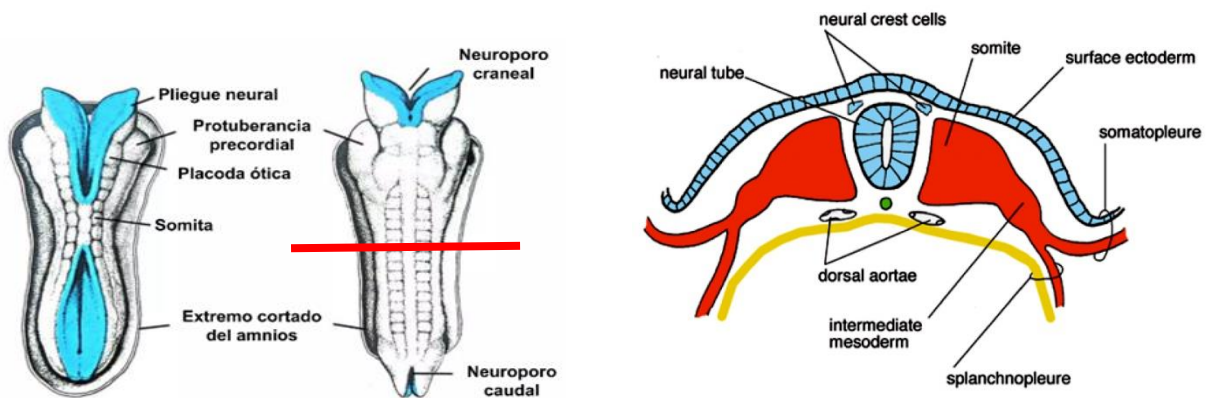


Figura 3. Izda.: Vista dorsal. Se aprecia cierre del tubo neural a lo largo del embrión y en el interior, a ambos lados las somitas pares. Dcha.: corte del embrión y apreciación de las somitas (mesodermo paraxial).

Las células de la esclerotoma, se separan del somito y emigran hacia línea media para englobar a la notocorda que segrega epimorfina que las atrae (Hyttel et al., 2010) y al tubo neural, uniéndose y fusionándose con las del esclerotoma del lado opuesto. Esto producirá que la notocorda entre las esclerotomas enfrentadas, desaparezca en esos puntos de fusión. Además, la esclerotoma sufre un proceso de segmentación secundaria, que consiste en la aparición de diferentes ratios de crecimiento, por lo que las células de la parte caudal acaban situándose de forma adyacente a las células craneales del siguiente esclerotomo. La parte caudal es mucho más densa que la parte craneal (porción laxa), de forma que, al unirse las dos mitades de estas poblaciones, forman el centro del cuerpo de la vértebra que dará lugar a la columna del individuo (Hyttel et al., 2010).

Esta unión o fusión deja un espacio entre ellas, y en esa parte la notocorda no desaparece y se ensancha en ese punto dando lugar al futuro núcleo pulposos (Fig. 4). Este núcleo proviene de una degeneración mucoide de la notocorda, que posteriormente quedará rodeado de fibras circulares del anillo fibroso, formando el disco intervertebral (Climent et al., 2002).

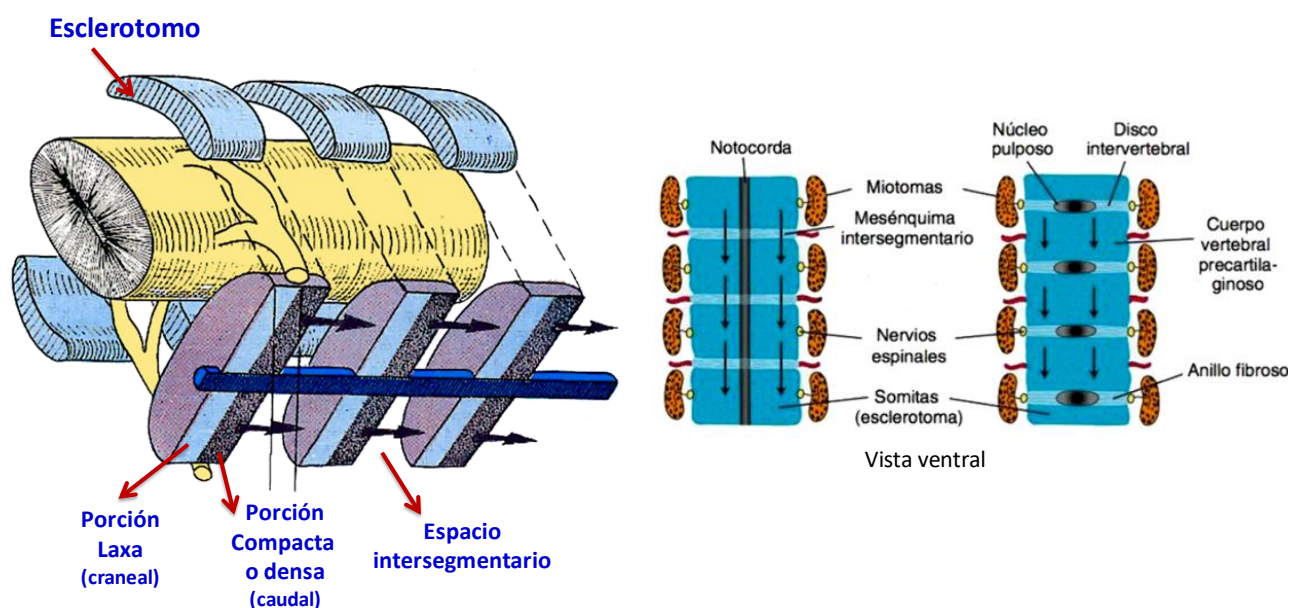


Figura 4. Izda.: Segmentación secundaria de las células migradas del esclerotomo que engloban la notocorda (Modificado de Climent et al., 2002). Dcha.: Disposición y relación de los cuerpos vertebrales tras la segmentación secundaria y su relación con la notocorda, las miotomas y los nervios espinales (Modificado de Gilbert, 2005).

En ciertos experimentos, se demostró que la determinación anteroposterior de las somitas, se realiza en el mismo instante en el que se determina la morfología cartilaginosa y que su determinación dorsoventral y lateromedial es posterior a la segmentación de la misma. Con esto se refiere a que, si se cambia la situación de la somita anteroposterior a posteroanterior, esta cambia su desarrollo. Incluso sucede si se cambia una somita de una región a otra región. Por

ejemplo, si se cambia una somita torácica a otra región allí saldrán un par de costillas. En cambio, como la determinación dorsoventral y lateromedial es posterior, su desarrollo sería completamente normal si este se invirtiese (Climent et al., 2002).

La condricificación continua la misma secuencia craneocaudal que las esclerotomas. Esta, empieza en diferentes zonas, que, en el proceso de crecimiento de la misma, se acaban fusionando dando lugar al cartílago que recubre la notocorda. Algunas células de la esclerotoma migran dorsalmente rodeando el tubo neural, formando los arcos vertebrales. Dicha migración en su punto más dorsal continúa prolongándose, para que más adelante se forme la apófisis espinosa. También junto con este proceso, se protruyen dos prolongaciones una en cada lateral del cuerpo vertebral dando lugar a las transversas (Climent et al., 2002).

En la región torácica, las células que, migran ventralmente son mucho más notorias, puesto que originarán las costillas. Cabe destacar, que estas no sufren ninguna segmentación secundaria, lo cual respalda el por qué las costillas se encuentran articuladas y dispuestas entre dos vértebras.

La osificación, no es como el anterior proceso, este puede ocurrir antes en la región torácica que en la cervical. En adición a esto, mencionar que el patrón y la aparición de los distintos núcleos de osificación varía según la región en la que nos encontremos. Lo que acabará formando el hueso será el crecimiento y fusión de dichos núcleos (Climent et al., 2002).

La función de la columna vertebral, una vez formada, no se limita a dar estructura y soporte óseo al cuerpo, sino que también sirve como conducto de transporte y protección de los elementos que forman el sistema nervioso (SN), por este motivo cualquier problema presente en esta estructura afectará de forma más o menos significativa a la función normal del SN (de Lahunta et al., 2016).

1.2. GENES EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO

Los genes que participan en el desarrollo son numerosos, entre ellos están los homeobox Pax. Estos forman parte de las células de las somitas, los Pax1 se expresan de las células invaginadas más próximas al nudo de Hensen, que constituirán la esclerotoma y los Pax3, que forman parte del resto de las partes de las somitas. La expresión de esta última formará el músculo, en caso de no expresarse faltará musculatura en esa parte (Climent et al., 2002).

Otro grupo importante son la familia de genes Hox, que forman parte de la familia de los homeobox, muy conservados evolutivamente. Estos determinan la aparición o no de ciertos elementos de la región axil en su posición normal, puesto que, activan la síntesis de proteínas

específicas tras la unión de lo que codifican al DNA. Los genes Hox son muy importantes durante el desarrollo embrionario, porque a lo largo de la evolución de las diferentes especies, estos genes se han mantenido incluso en especies inferiores como la *Drosophila*. También mencionar, que hay varios de ellos en distintas cromosomas y que han formado grupos parálogos, para que en caso de que la expresión de uno de ellos afecte a una región importante de la columna, se reduzca el impacto en la misma (Climent et al., 2002; Hyttel et al., 2010; Fig. 5).

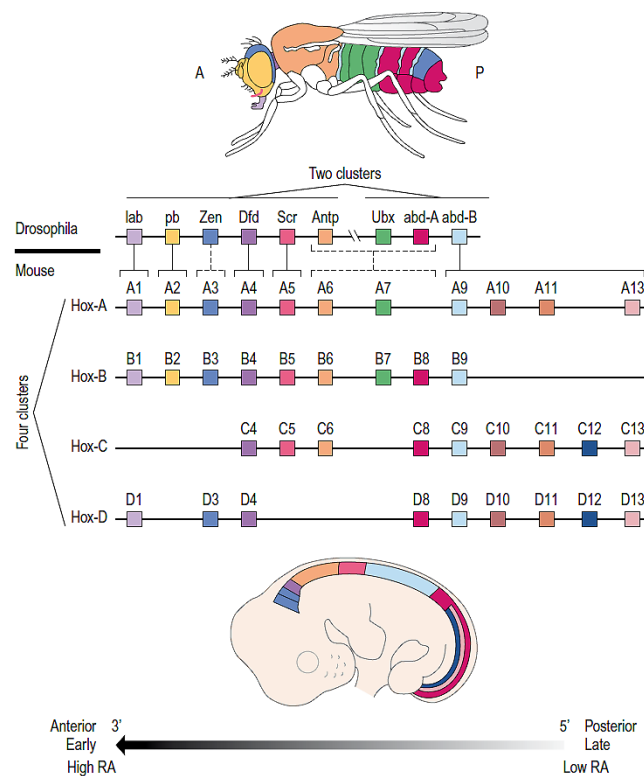


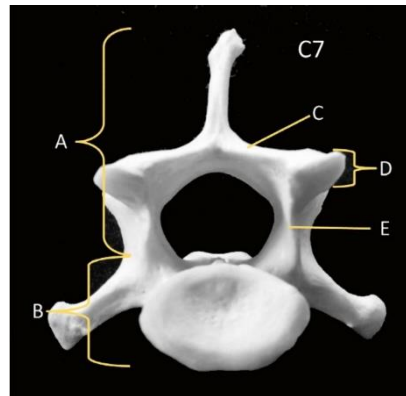
Figura 5. Disposición de los genes homeóticos en *Drosophila* y los genes Hox en el ratón. Se aprecia la homología mediante el código de color. (Hyttel et al., 2010).

Estos genes Hox tienen una peculiaridad, que consiste en una dominancia posterior en la expresión de estos. Es decir, cuando un gen se expresa posteriormente a uno, ese último inhibe la acción del anterior a él, resultando en una afección anterior al segmento que este debería de controlar. Un ejemplo de ello sería que uno de estos genes que afectan a la región torácica no se expresa correctamente los posteriores tomarían su lugar, dando lugar a la aparición de un par de costillas más porque la primera vértebra de la región lumbar sería considerada torácica (Climent et al., 2002).

Una vez desarrollada, la columna vertebral se divide en 5 regiones: Cervical (C- compuesta por 7 vértebras), torácica (T-compuesta por 13 vértebras), lumbar (L-Compuesta por 7 vértebras),

sacra (S-Compuesta por 3 vértebras) y coccígea (Ca-Número variable) (Bouma, 2016; Hyttel et al., 2010).

Cada vértebra está formada por 3 estructuras comunes: Cuerpo, arco y procesos articulares (excepto el axis ó C1 que carece de cuerpo). El arco se compone de pedículos pares y láminas. Los procesos articulados se encuentran en las superficies craneales y caudales y surgen de la unión entre el pedículo y la lámina, como se aprecia en la Figura 6 (Bouma, 2016; Fig. 6).



*Figura 6. Vista caudal de C7 y las partes que la componen:
A arco, B cuerpo, C lámina, D apófisis articular, E pedículo.*

Las articulaciones de los cuerpos vertebrales con los discos intervertebrales y las articulaciones sinoviales entre los arcos a través de las apófisis articulares, junto con los músculos que se insertan en estas estructuras, aportan movilidad, flexibilidad y estabilidad a la columna. El tramo cervical de la columna es el que tiene un mayor movimiento. Pero C1 (atlas) y C2 (axis), tienen características, orígenes y movimientos diferentes al resto de las cervicales y de otros tramos de la columna. El tramo de médula espinal que pasa por este canal vertebral de la región cervical es el de mayor tamaño. El diámetro y el tamaño se van adaptando según la zona, y varían también según el tamaño y la raza del animal (Bouma, 2016; Hyttel et al., 2010). En algunas ocasiones puede ser un problema muy importante si algunas de las piezas que lo componen están alteradas y afectan al tamaño del canal. La región torácica tiene menos movilidad, los cuerpos vertebrales son más cortos y aparece la presencia de las costillas articuladas entre dos vértebras; el último par de costillas es flotante y de menor tamaño las últimas cuatro vértebras torácicas son transicionales y presentan algunas de las características de las lumbares.

En éstas últimas torácicas y en las primeras lumbares aparecen apófisis nuevas (mamilares y accesorias) que, por la inserción de pequeños fascículos musculares en ellas, contribuyen a la estabilización de la columna.

El canal medular se mantiene ovoide y algo estrecho en la región torácica, pero aumenta de tamaño, sobre todo en la intumescencia lumbar y luego se aplana hacia el final de la médula espinal, conocida como cauda equina (Bouma, 2016).

Tras describir la formación de las piezas que componen el canal medular y su relación con el sistema nervioso, es normal pensar que cualquier alteración durante su desarrollo, podría repercutir en la aparición de patologías.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son, recoger información sobre las alteraciones congénitas halladas en columna vertebral de los perros, exponer cómo se realiza el diagnóstico de estas patologías y el posible tratamiento de dichas anomalías en caso de que sea posible.

Además, también se relatará, que razas de perros son las más afectas para cada malformación y si desencadenan algún proceso patológico, en base a la información expuesta.

3. METODOLOGÍA

Al ser un trabajo de revisión bibliográfica, se ha realizado una búsqueda de artículos científicos en las bases de datos Alcorze, Web of Science, Pubmed, Science direct y Google Scholar, en las cuales se han utilizado las palabras clave: “congenital”, “malformations”, “spine”, “column”, “dog”, “abnormalities” y “backbone”, así como la combinación de alguna de ellas. También, se han consultado libros de texto de anatomía, embriología y neuroanatomía disponibles en bibliotecas de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza.

De los artículos encontrados en dichas bases de datos, según mi criterio, se han escogido los más relevantes sobre la temática de este trabajo de fin de grado, consiguiendo información detallada sobre razas predisponentes, problemas del desarrollo y patologías que detallamos en el siguiente apartado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con las palabras anteriormente mencionadas, se han encontrado (32) resultados en Pubmed, con las palabras clave “congenital” “malformations” “spine” y “dog” seleccionando los free full text. Intercambiando la palabra “spine” por “column” (9), si se intercambia por la palabra

“backbone” es el mismo resultado y artículos (32) y si se intercambia “malformations” por “abnormalities” aparecen los mismos excepto con “spine” y “backbone” que aparecen (31). En Web of science se encontraron (25), esto con las palabras “congenital” “malformations” “column” y “dog”, con el cambio de “column” a “spine” (24) y con “backbone” (1), si se cambia con “abnormalities” a “malformations” el resultado fue (19) con “spine” y (12) con “column”.

En Science direct (110), “congenital” “abnormalities” “spine” y “dog”, cambiando a “column” son (284) y con “backbone” (65), con el cambio a “malformations” con “backbone” aparecen (12), “spine” (38) y “column” (66), estas palabras en español fueron mínimos los resultados y los descarte. También en Alcorze (38) con “congenital” “abnormalities” “spine” y “dog”, “column” (13) con la eliminación de repeticiones y “backbone” no tenía, con “malformations” y “column” (30) y “spine” (38) sin eliminar las repeticiones. Por último, en español no había resultados. Cabe destacar que ciertos artículos estaban en varias bases de datos lo cual, realmente los números de la búsqueda pueden ser más reducidos aún. De todos los artículos, los que resultaron interesantes por el título y abstract se seleccionaron 10 para añadir su información como aportación a este trabajo.

Con Google Scholar se han leído bastantes artículos, al menos su abstract, los cuales no seguían la norma anterior, es decir, el Google Scholar se ha utilizado, sobre todo, para poder realizar una búsqueda más directa y concreta, de esos 18 han sido los que se han seleccionado.

En cuanto a la información proporcionada por la biblioteca se han leído 5 libros que podían haber sido útiles para este trabajo, de los cuales 3 se han usado para añadir información, por su relevante contenido.

Comentar también, que según a lo observado en la búsqueda de información, se ha visto que la época de publicación con mayor número de artículos fue principalmente entre 2010 y 2020. Incluso se ha observado como ciertos autores son más notorios que otros, por el número de artículos que publicaron. Entre ellos están Alexander de Lahunta, Steven de Decker, Rodrigo Gutierrez Quintana, Kiterie M E Faller, Simon Beltram, ... entre otros.

A partir del análisis de la información encontrada en dichos artículos y libros seleccionados, se recoge y analizan los hallazgos más destacados en los siguientes párrafos, donde se habla de las malformaciones y de las patologías asociadas que afectan a la columna vertebral con más

incidencia. Además, se comentan las razas más predisponentes o aquellas específicas para algunas patologías concretas. También, se incluyen su diagnóstico, tratamiento, y pronóstico.

4.1. MALFORMACIONES

Las malformaciones congénitas son términos utilizados para referirnos a anomalías del desarrollo. Estos términos son claros, objetivos y fáciles de comprender, puesto que, al pensar que es una malformación congénita, pensamos en un fallo o alteración que ha surgido durante el desarrollo de un individuo y que este ha nacido con ella (Salazar, 2013; Nobre Pacifico, 2019).

Hay muchas formas de clasificar las malformaciones ya que se pueden clasificar por periodos, pero también se pueden diferenciar por únicas o aisladas y múltiples o asociadas (Rojas & Walker, 2012; Salazar, 2013; Magras & Tsiligianni, 2018). También se pueden dividir por zonas de afección, de decir, por regiones corporales. En el caso de la columna vertebral, se pueden ver afectados los diferentes tramos: cervical, torácico, lumbar, sacro o coccígeo o una combinación de algunos de ellos como el caso de hemivértebras o vértebras anómalas (Keally et al., 2011; Dewey et al., 2016).

En relación a las alteraciones congénitas, no es únicamente importante su diagnóstico o su tratamiento, en caso de que sea posible realizarlo, sino que también hay que darle una gran importancia a conocer la causa y origen de la lesión (Noden & de Lahunta, 2001). Este punto es interesante no solo, por el interés general de los tutores de los animales de compañía, en conocer el motivo de estas patologías (Salazar, 2013; et al., 2024). Sino sobre todo, por el interés de los criadores de ciertas razas, los cuales, necesitan conocer si estas anomalías son hereditarias o se han visto influenciadas por algún factor externo (Noden & de Lahunta, 2001; Vilela et al., 2024).

4.1.1. ETIOLOGÍA

Las alteraciones congénitas surgen de distintas etiologías o causas, como anteriormente se ha sugerido; finalmente en este trabajo las ordenaremos en 2 grandes grupos, como son: hereditarias o por factores externos (Rojas & Walker, 2012; Magras & Tsiligianni, 2018; Nobre Pacifico, 2019; Vilela et al., 2024).

Dentro de las causas hereditarias estarían las aberraciones cromosómicas y mutaciones genéticas (Salazar, 2013; Magras & Tsiligianni, 2018). Las *aberraciones cromosómicas* son aquellas en las que los cromosomas se ven afectados, o alterados por dos formas (Noden & de Lahunta, 2001). La primera sería un aumento o disminución en el número de cromosomas, que en el perro son 39 pares, y la segunda sería en la forma de los mismos, es decir, que falte algún brazo del cromosoma o que haya ocurrido una rotura parcial.

En el segundo supuesto, las *mutaciones génicas* pueden aparecer por mutaciones puntuales, genes recesivos, genes dominantes y la epigenética (Noden & de Lahunta, 2001; Rojas & Walker, 2012). El efecto de la epigenética en estos últimos años está aumentando su influencia, porque los genes pueden verse alterados por interacciones con distintas moléculas (Noden & de Lahunta, 2001; Rojas & Walker, 2012). Con lo que estos genes, si forman parte de estructuras u órganos poligénicos, pueden afectar a las cascadas o secuencias de genes dando lugar a malformaciones. Entre otras estructuras, la columna vertebral se ve afectada por varios genes que actúan secuencialmente (Noden & de Lahunta, 2001).

El resultado de la modificación de la expresión de un gen (o varios) por la interacción de otro, dará lugar a fenotipos distintos. También algunas alteraciones pueden ser debidas a la pleiotropía, es decir que la modificación de un único gen, produce efectos fenotipos en sistemas aparentemente no relacionados entre sí (Noden & de Lahunta, 2001; Rojas & Walker, 2012).

Pero muchas de estas modificaciones y/o alteraciones genéticas tienen predilección racial, es decir, la aparición de una malformación congénita o patología en una raza debida a su selección frente a un fenotipo. Estas alteraciones suelen formarse principalmente por poligenes (Noden & de Lahunta, 2001).

Por otra parte, están los factores externos, que podemos dividirlos en factores físicos, factores químicos, contaminantes químicos, de alimentación/ nutrición y agentes infecciosos (Rojas & Walker, 2012; Magras & Tsiligianni, 2018; Nobre Pacifico, 2019; Vilela et al., 2024). En cuanto a los *factores físicos* podemos encontrar radiaciones, temperaturas altas, hipoxia y ruidos (Rojas & Walker, 2012; Salazar, 2013; Magras & Tsiligianni, 2018; Nobre Pacifico, 2019). Todos estos pueden dar efectos teratógenos que podrían acabar dañando la estructura de la columna (Nobre Pacifico, 2019).

Entre los *factores químicos*, tenemos con mayor importancia los efectos secundarios de ciertos fármacos y la ausencia o presencia excesiva de hormonas (Salazar, 2013; Nobre Pacifico, 2019).

Los fármacos que más problemas dan, según estudios son los antimicóticos, antihelmínticos e incluso algunas de las moléculas que se utilizan en tranquilizantes, sedantes, anticonvulsivos, etc. aunque también podría deberse a la hipertermia que producen algunas de estas infecciones (Noden & de Lahunta, 2001). Dentro de los antimicóticos tenemos el griseofulvin que puede dar alteración de la columna vertebral (Noden & de Lahunta, 2001).

Cuando decimos que la *alimentación o la nutrición* de un animal puede dar efectos teratógenos, hace referencia a la posibilidad de ingerir moléculas activas (Noden & de Lahunta, 2001; Rojas & Walker, 2012; Nobre Pacifico, 2019). Como el hecho de ingerir algún tipo de planta, rica en alcaloides, o que se ingieran sustancias dañinas por algún otro tipo de problema (Noden & de Lahunta, 2001).

Todos estos factores externos tendrán un mayor o menor efecto teratógeno según la dosis y tiempo de exposición, incluso en el momento en el que estos factores entren en contacto con el feto.

A lo largo de la columna se han descrito los siguientes eventos relacionados con malformaciones:

4.1.2. MALFORMACIONES CERVICALES

Una de las malformaciones que podemos encontrar en la región cervical es la inestabilidad atlantoaxial, esta comprende la hipoplasia del diente del axis junto con la completa formación del atlas, la incompleta formación del atlas e incluso, una malformación en el desarrollo del hueso occipital. Por su complejo desarrollo embriológico, no solo por su número de puntos de formación, sino que también por la complejidad que supone esa formación en la que coinciden estos 3 huesos en el espacio y tiempo, esta patología es complicada de conocer y de diagnosticar el origen primario de la lesión (Elvira & Mateo, 2020; Fig. 7).



Figura 7. Comparación de una radiografía con inestabilidad atlantoaxial (izquierda) y una radiografía normal de la articulación atlantoaxial (derecha). (Hernandez, 2014; Shutterstock, 2017).

Es especialmente importante conocer el desarrollo embriológico para esta alteración, ya que según qué grado de formación tengan tanto el atlas, cómo el occipital y diente del axis se puede llegar a estimar el momento del evento. En cuanto a la formación del atlas se puede llegar a hacer una clasificación como en humana, que lo dividen en 5 tipos. El tipo A que serían defectos en la fusión de la línea media, el B, defectos unilaterales del arco neural con variabilidad en su severidad, el C, alteraciones en bilaterales de los arcos vertebrales con presencia del arco dorsal y parte de los pedículos, el D, presencia del tubérculo posterior y ausencia de los pedículos y el E, que consistiría en pérdida total del arco del atlas (Elvira & Mateo, 2020).

La hipoplasia del diente del axis recoge todas las malformaciones del mismo, es decir, la aplasia, hipoplasia, osificación incompleta, la no unión del diente con el axis, angulación dorsal del diente y ruptura la membrana tectoria, uno de sus ligamentos. Este conjunto de anomalías congénitas suele afectar a razas de perros pequeñas como Yorkshire, Chihuahua, Pinscher miniatura, etc. (Takahashi, et al., 2017).

Según un estudio realizado a 224 perros de diferentes razas con una mielopatía, el 8% de estos animales (de 18 meses o menos) tenían la inestabilidad atlantoaxial (Pilkington, et al., 2024). Según la severidad de la alteración se puede dar un tratamiento conservador que consistiría en un repertorio de AINEs, (con el consiguiente protector gástrico) y el uso de un coaptador externo (según la rotación de la articulación) junto con reposo estricto. En caso de que este tratamiento no se puede prolongar y sea posible, se puede realizar un tratamiento quirúrgico para dar mayor estabilidad a la zona afectada. Esto se podría intentar conseguir mediante clavos y tornillos para dar mayor rigidez a la zona (Fig. 8).



Figura 8. Implante para el tratamiento de la inestabilidad atlantoaxial, en la cirugía (izquierda) y en el postoperatorio (derecha). (Fernández et al., 2018).

Otra alteración cervical que puede aparecer, sería el Síndrome de Wobbler o espondilomielopatía cervical, que consiste en una degeneración crónica del disco, mala articulación de las vértebras C5, C6 y C7, la mala conformación de las mismas vértebras con estenosis del canal vertebral en la zona e hipertrofia de estructuras ligamentosas cercanas. En esta patología, su etiología no está muy bien descrita por la complejidad de la misma (Bernardini et al., 2007). El motivo podría ser multifactorial, es decir, no solo es algo genético, sino que también tiene que ver el ambiente, el estrés en esa zona, la alimentación, ... Esta patología suele afectar más a las razas Gran Danés o Dóberman con una media de edad entre 4 a 8 años y sin predisposición sexual (Jiménez et al., 2016a).

El tratamiento en estos pacientes es variable, por una parte se dará tratamiento sintomático y se adecuará según el caso que se esté evaluando. El tratamiento sintomático se basa en el uso de antiinflamatorios, analgésicos y reposo estricto inicial, en el que posteriormente se introducirá progresivamente el ejercicio y antiinflamatorios según sea necesario. Cabe destacar que el pronóstico y resultados del tratamiento varía según el individuo, pero según estudios se estima una supervivencia de unos 4 años, aun así, habrá que tener en cuenta la calidad de vida del paciente en cuestión para continuar o no el tratamiento (Jiménez et al., 2016b).

También se puede realizar tratamiento quirúrgico, que tiene 2 tipos de enfoque uno que se basa en la descompresión directa de la zona y el otro en la indirecta. Antes de realizar cualquiera de los enfoques, habrá que estudiarlos y adecuarlos a cada caso según la severidad y grado de afección que tenga. En la descompresión directa tenemos el slot ventral y la laminectomía dorsal,

en la indirecta se utilizan tornillos y/o agujas de polimetacrilato (PMMA), tapón de PMMA, placas de bloqueo y artroplastias. Como advertencia, hay que remarcar que todo este tipo de cirugías tiene varias complicaciones como arritmias cardíacas, hemorragia, compromiso respiratorio, etc. También añadir que los resultados de supervivencia estimada llegan a los 5 años (Jiménez et al., 2016b; Fig. 9).

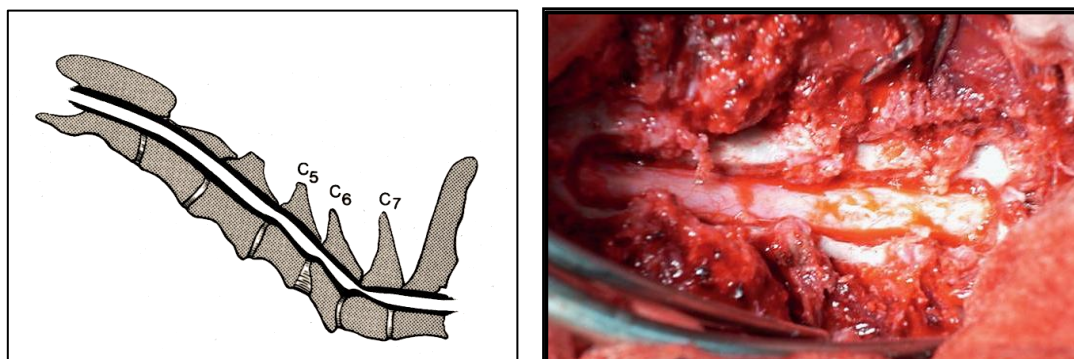


Figura 9. Izquierda: esquema de la estenosis que aparece entre C5 y C7 en el Síndrome de Wobbler en algunas razas de perro (modificado de Climent et al., 2002). Derecha: tratamiento quirúrgico del Síndrome de Wobbler, una laminectomía dorsal. (Jiménez et al., 2016b).

Hay una malformación cervical congénita, que suele aparecer en los Basset hounds, incluso, puede formarse en otras razas condrodistróficas, que se llama mielopatía estenótica cervical. Esta anomalía consiste en una estenosis del canal medular, normalmente presente en C3-C6, que tiene carácter recesivo y suele estar ligado al sexo, surgiendo con mayor prevalencia en los machos de esta raza. La estenosis de la región se debe a la hipertrofia del arco dorsal de la vértebra, junto con su apófisis espinosa. Que suele estar asociada la compresión dorsal de la medula espinal, dando cierta patología nerviosa (de Decker et al., 2012).

La prevalencia de presentación de esta anomalía según un estudio fue del 78% con una muestra de 18 perros de esta raza de los cuales 13 eran machos y 5 hembras (de Decker et al., 2012). Y presentaron la enfermedad con menos de 2 años de vida. El tratamiento puede ser de tipo conservador o quirúrgico. El tratamiento conservador consiste en la utilización de antiinflamatorios, véase glucocorticoides, AINEs, etc., para reducir la compresión del canal, además de un reposo estricto junto con la utilización de arnés especial para reducir el impacto en la zona (de Decker et al., 2012). El tratamiento quirúrgico, que se implantará si hay deterioro neuronal, se basa en la extracción del arco dorsal, es decir una laminectomía dorsal cervical de las zonas afectadas. El postoperatorio tras la cirugía se basa en el tratamiento conservador de esta patología. El tiempo de supervivencia puede variar según el caso y gravedad, y puede ir desde la recuperación del individuo tras la operación a una eutanasia temprana en caso de un

mayor daño neuronal. Aun así, se estima una supervivencia media de 3 años (de Decker et al., 2012).

4.1.3. MALFORMACIONES TORÁCICAS

La primera malformación torácica que se comentará es hemivértebra. Esta anomalía consiste en un fallo en la formación de una mitad de la vértebra, esto también puede afectar el desarrollo de la parte ventral, no solo a la porción lateral (de Rycke & Saunders, 2017) y puede ocurrir en cualquier parte de la columna vertebral. Pero en este trabajo, se ha incluido en este apartado, por el simple hecho de que, en las razas braquiocefálicas y algunas líneas de Pointer, suelen verse afectadas las vértebras torácicas (Climent et al., 2002; Fig.10).

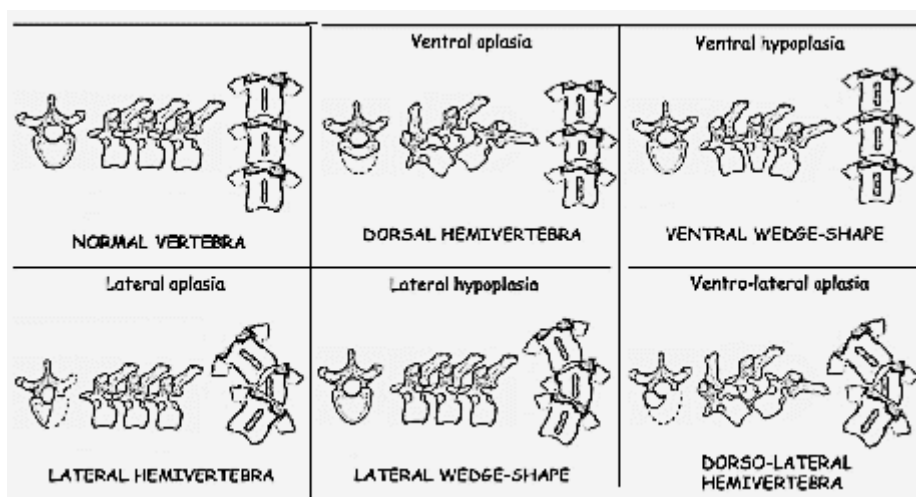


Figura 10. Imagen de la comparación de vértebras normales en contraposición a diferentes tipos de hemivértebras. (de Rycke & J. Saunders, 2017).

La etiología de este tipo de alteraciones no está muy clara, se cree que podría deberse a un fallo en la vascularización de la parte afectada. Cabe mencionar que en dichas zonas hay distintos grados de hipoplasia, incluso se han clasificado en base a dicho grado (de Rycke & J. Saunders, 2017).

El tratamiento para esta patología, como en muchas otras, depende en la gravedad de los síntomas según el caso. Si no da sintomatología, se suele optar por no poner tratamiento. Sin embargo, si tenemos síntomas neurológicos leves, se puede optar por un tratamiento conservador el cual se basa en el uso de antiinflamatorios. El otro tratamiento que se puede aplicar para casos más severos es la descompresión de la columna mediante una laminectomía o una cirugía similar. El pronóstico de esta enfermedad como es lógico varía según el caso, pero siempre suele ser reservado (Bollo, 2007; Fig. 11).

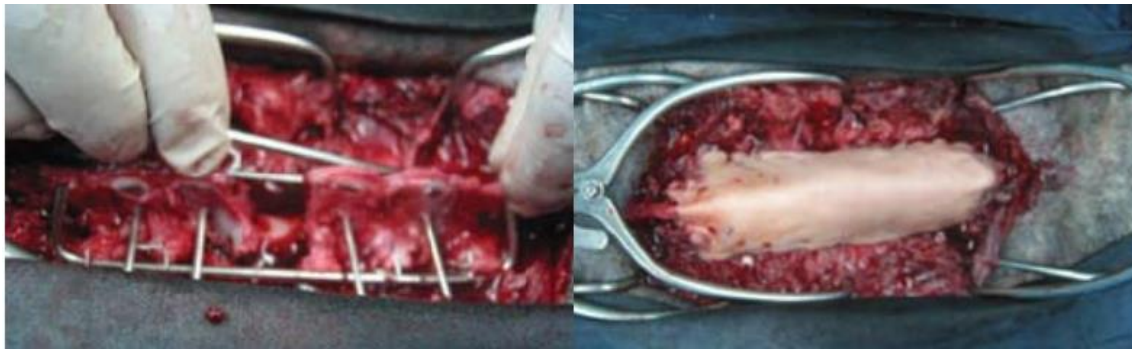


Figura 11. Descompresión mediante una laminectomía y fijado con clavos (izquierda). Apoyo a la estabilización con metilmetacrilato (derecha). (Rivas & Martínez, 2007).

Otra malformación que podemos encontrar en algunas razas de perros, es la compactación de vertebras torácicas y algunas lumbares junto con la fusión de alguna de ellas. Este tipo de malformación aparecen en aquellas razas de raquis corto y es autosómica recesiva, un ejemplo es la raza Fox terrier (Climent et al., 2002). Esta malformación da lugar a que estos animales, por su limitación en la movilidad de su columna vertebral no pueden sentarse como la mayoría de perros.

La última malformación de la región torácica es la estenosis congénita medular torácica. Esta alteración es una estenosis del canal medular, la cual no suele tener compresión medular. Suele afectar a las vértebras T3-T6, aunque se han observado casos en los que se afecta también la última porción torácica. Está asociada a razas de perros gigantes como Dogos de Burdeos, Gran Daneses, Bullmastiff, etc. (de Rycke & Saunders, 2017). Aparte de esa estenosis también se puede encontrar asociados la presencia de divertículos de la membrana aracnoidea y una marcada cifosis (Mauler et al., 2014; de Rycke & Saunders, 2017).

El tratamiento que se da en esta anomalía, sería el mismo que en la estenosis cervical o muy parecido. El tratamiento conservador, se emplearían corticoides como prednisona, analgésicos y un reposo estricto, incluyendo los AINEs en los casos en los que tuviesen mucho dolor y con mínima o ninguna lesión de los nervios motores de los miembros pelvianos (de Rycke & Saunders, 2017). En el tratamiento quirúrgico podría consistir una descompresión realizando una laminectomía dorsal, con o sin estabilización, incluso haciendo una pediclectomía medial para reducir esa estenosis. La supervivencia dependerá de cada individuo y seguimiento del paciente, pero su pronóstico es reservado, puesto que son patologías complicadas.

4.1.4. MALFORMACIONES LUMBARES

La primera alteración lumbar que vamos a referirse es el Perosomus elumbus, esta malformación da nombre a la agenesia de las vértebras y columna lumbosacra, incluso puede verse afectada la región coccígea. A lo anterior se le une la agenesia de la medula espinal, produciendo una falta de innervación de la pelvis y miembros pelvianos, los cuales sufren atrofia de sus músculos y anquilosis de sus articulaciones (Climent et al., 2002). Esta anomalía, se conoce desde hace mucho tiempo, pero aun así todavía no se conoce al detalle su etiopatogenia. Se cree que podría deberse a la malformación del tubo neural o en su defecto a una migración incorrecta de las células durante el desarrollo de esta zona, el cual se acompaña de una agenesia del cordón medular (Amaral et al., 2012). Se piensa que podría tener relación con una mutación cromosómica en los genes Homeobox, debido a que, en humana, también ocurre por una alteración de estos mismos y, por tanto, podría ser extrapolable a la especie canina (Amaral et al., 2012).

La prevalencia de esta enfermedad en perros es muy rara y hay muy pocos casos descritos. Normalmente la supervivencia de los individuos que padecen esta enfermedad es prácticamente nula, en caso de que sobreviviesen a las primeras horas de vida, se suele realizar una eutanasia debido a la severidad de esta patología (Dell'Apa et al., 2023). Por ende, no tiene tratamiento ninguno a parte de esa supuesta eutanasia humanitaria y su pronóstico es grave.

Otra malformación presente en la región lumbar es la Espina bífida. Hay que mencionar que esta patología, se puede presentar en cualquier segmento de la columna vertebral, pero su tendencia es presentarse en la región lumbar y sacra (Climent et al., 2002). También cabe remarcar, que este proceso comienza en la región lumbar y progresa en sentido craneal y caudal y también, que es muy raro encontrarlo en las regiones cervical y torácica (Climent et al., 2002).

La Espina bífida, consiste en una fusión incompleta de la parte dorsal de una o varias vértebras, de las que se acompaña una protrusión de la médula y las meninges. A pesar de su presentación relativamente común, no es muy clara la etiología de la misma. Las hipótesis de esta alteración son varias, entre ellas está la hiperplasia de las células dispuestas dorsalmente produciendo la imposibilidad de fusión del tubo neural y los arcos vertebrales, otra podría ser un defecto en la vascularización dorsal de la columna, debido a la retención del flujo sanguíneo o su disminución,

también está la posibilidad de una acción combinada de las dos hipótesis anteriores (Mattos et al., 2007).

Esta alteración suele presentarse en animales braquiocefálicos, pero también puede estar presente en otras razas, como en los Beagles de manera congénita (Mattos et al. 2007). Según como se presente esta patología, se ha clasificado en 2 tipos de Espina bífida, la Espina bífida abierta, la cual se basa en que los tejidos nerviosos o neurales estén en contacto con el ambiente sin que la piel los proteja (Dell'Apa et al., 2023). Y la Espina bífida oculta, la cual no se observa exteriormente, pero sí que existe el defecto vertebral (Mattos et al., 2007).

No existe un tratamiento concreto para solucionar esta anomalía, pero sí que se puede llegar a mejorar quirúrgicamente el defecto que produce el meningocele, es decir, la protrusión de la médula y sus membranas. Esto se podría realizar con la apertura de la duramadre y transeccionando el ligamento filum terminale, lo que llevaría a soltar la fijación caudal (Mattos et al., 2007). Según las escasas cirugías que se han realizado, se puede llegar a ver una mejoría de los problemas de la micción y defecación (que podrían haber estado afectados), incluso en la recuperación de la fuerza motriz de los miembros pelvianos (de Rycke & Saunders, 2017). Hay que destacar, que estas cirugías son complicadas y que la mayoría de veces no se realizan por parte de los propietarios por la posible pérdida de calidad de vida del paciente (Dell'Apa et al., 2023).

El pronóstico de esta malformación es reservado. Extrapolado de un estudio estadounidense realizado en medicina humana, se podría suministrar ácido fólico a las razas de perro con mayor predisposición a esta malformación. A pesar de ello se necesita más investigación para tener en cuenta esta alternativa (Mattos et al., 2007).

La última alteración lumbar trata sobre la malformación de la vértebra transicional. Esta anomalía, se basa en la presencia de la morfología de otras regiones de la columna vertebral, adyacentes a la vértebra afectada. Dicho cambio puede verse unilateral o bilateralmente y puede observarse o no las apófisis transversas. Es cierto que, dicha malformación puede aparecer en cualquier región de la columna vertebral, pero debido a que la sintomatología solo es notoria en la región de la unión lumbosacra, se explicará en este apartado (de Rycke & Saunders, 2017).

La etiología es desconocida, aunque se sabe que es congénito, porque está relacionado con las somitas y un defecto en el proceso de segmentación (de Rycke & Saunders, 2017). En lo que

respecta a la vértebra transicional lumbosacra, tiene una morfología mixta, es decir, comparte características de vértebras lumbares y sacras. Esta malformación clínicamente es importante porque es predisponente a la degeneración de la unión lumbosacra prematura y también, al síndrome de la cauda equina (Hong et al., 2020).

La prevalencia de esta alteración puede variar según los criterios utilizados para su diagnóstico, según estudios puede ir desde del 2,3% al 40,4% (Hong et al., 2020). En lo que al tratamiento respecta, se puede realizar un tratamiento conservador con la utilización de antiinflamatorios y analgésico. Esto se suele mantener hasta que se opta por la resolución quirúrgica, la cual se realiza cuando aparece dolor porque deja de responder al tratamiento o cuando se presentan signos neurológicos. El tratamiento quirúrgico, se realiza mediante varias técnicas, una de ellas es la descompresión del canal mediante una laminectomía dorsal, también, el uso de una facetectomía de las caras articulares cuando hay una estenosis del foramen, aunque también se han descrito casos en los que se utiliza la foraminotomía lateral (Archer et al., 2010).

El pronóstico tras este tratamiento suele ser bueno, incluso excelente. Cabe destacar que, en caso de observar incontinencia fecal o urinaria, es indicativo de un pronóstico grave (Archer et al., 2010).

4.1.5. MALFORMACIONES SACRO-COCCÍGEAS

Una de las malformaciones que podemos encontrarnos en la región sacro-coccígea es la agenesia sacra. Esta alteración se representa por una ausencia total o parcial de las vértebras sacras, pero no de las coccígeas. Como resultado de esta anomalía suele verse síntomas asociados a la incontinencia fecal, urinaria y en ocasiones a la parálisis de los miembros pelvianos (Dell'Apa et al., 2023). Como es lógico, estos problemas se deben a la agenesia de la medula espinal en esa zona, aun puede en algunos pocos casos se puede prologar hacia la región coccígea.

La agenesia sacra se puede clasificar en 4 tipos: 1^{er} tipo la agenesia total o parcial unilateral del sacro; 2^o tipo la agenesia parcial bilateral del sacro, a excepción de la primera vértebra sacra (S1), la cual sería normal o hipoplásica, pero la articulación con el ilion sería normal; 3^{er} tipo la agenesia total, junto con una articulación del ilion y las vértebras lumbares variable; y 4^o tipo la agenesia total del sacro y una articulación compuesta por una fusión del ilion y la última vertebra lumbar (Dell'Apa et al., 2023).

La etiología de esta malformación es desconocida, podría deberse a una mutación de uno o varios genes como en humana, por la alteración del gen HLBX9 o en cambio por algún factor externo que haya producido esta anomalía (Dell'Apa et al., 2023). En principio, esta malformación como es obvio, no tiene tratamiento alguno.

Otra de las alteraciones que podemos encontrar en esta región sería la agenesia de las vértebras coccígeas, la cual aparece en algunas razas de perros, como el Pointer, Jack Russel Terrier, Perro de aguas español, etc. (Hytönen et al., 2009) y es el motivo por el cual no presentan las mismas vértebras caudales que las demás razas. Esta disgenesia coccígea, suele estar relacionada con varias patologías como meningocele, meningomielocle, etc. Esta alteración se conoce bastante bien debido a la raza de gato Manx, que presenta de forma hereditaria esta malformación, pero en la especie canina se extrapola exactamente igual, porque sucede de la misma forma (Dell'Apa et al., 2023).

La etiología de dicha anomalía se debe a un gen (TBXT), que es autosómico dominante y tiene una penetrancia incompleta. Esto resulta en un fenotipo llamado Tailless que se traduciría a la no formación de la región coccígea (Dell'Apa et al., 2023).

Por último, en la zona coccígea, también puede aparecer las malformaciones de hemivértebra (Fig. 10) y la vértebra en bloque, aunque también puede aparecer en otras zonas, en esta región, es más prevalente por lo que se ha insertado en este apartado, porque forma parte de un complejo de anomalías, que ocurren en las vértebras caudales y quería representar su importancia explicando las aquí.

La vértebra en bloque se basa en la fusión completa o parcial de 2 o más vértebras (Fig. 12). Esto ocurre, porque en el periodo fetal, en el proceso de segmentación no ocurre como debería y se quedan fusionadas. Dicho suceso no suele presentar clínica, en cambio, sí que presenta una reducción del crecimiento junto con una deformidad (Crowe et al., 2019).

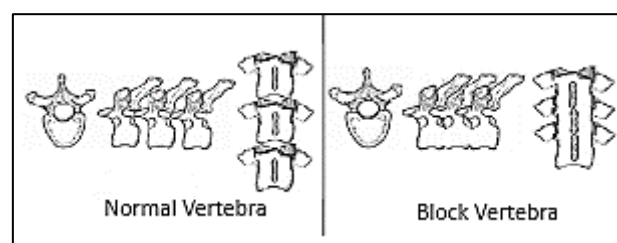


Figura 12. Comparación de una vértebra en bloque y una normal (de Rycke & J. Saunders, 2017).

Según un estudio, en el que participaban 259 perros afectados por el complejo de anomalías de las vértebras caudales, la prevalencia de la hemivértebra era del 6,95% y la vértebra en bloque era del 5,79% (Panínarová et al., 2016), aunque algunas razas como los Bulldogs franceses pueden presentar un porcentaje más elevado, debido a la alta heredabilidad (Schlensker & Distl, 2016).

4.1.6. DEFECTOS DE ALINEAMIENTO

En cuanto a los defectos de alineamiento, hay 3 tipos principales: escoliosis, lordosis y cifosis. Cada anomalía puede aparecer al largo de toda la columna vertebral y suelen afectar tanto a la medula espinal, por compresión, cómo al conducto raquídeo. La presentación de estas malformaciones, suele ir asociada a paresia y ataxia desde el lugar donde está este defecto hasta el extremo más caudal de la columna (Climent et al., 2002).

La escoliosis se basa en un defecto que compromete a la conformidad estructural de la columna con una curvatura de la misma hacia uno de los laterales. La lordosis se trata de una anomalía del plano sagital, en la que la columna se incurva en un punto dando forma cóncava a la misma columna. La cifosis, al contrario que la lordosis produce una forma convexa o de flexión de la columna por crecimiento rápido de la misma (Climent et al., 2002) o por hemivértebras (Moissonnier et al., 2011).

En relación con lo anteriormente relatado, cabe destacar que este tipo de alteraciones, suele suceder con mayor prevalencia en ciertas razas de perros, como los braquiocefálicos por esa prevalencia que poseen de la aparición de hemivértebras y otras razas como el Pastor Alemán, Pastor Belga, Golden Retriever, etc. por anomalías, las cuales no necesariamente tienen que ser hemivértebras (Arana, 2011).

4.1.7. MALFORMACIONES EN BRAQUIOCEFÁLICOS

Antes de comentar malformaciones en las razas braquiocefálicas, sus prevalencias y algún posible tratamiento, cabe mencionar que este tipo de razas, se han visto afectadas por las alteraciones congénitas, debido a la selección artificial y forzada realizada por el ser humano. Esto, es bien conocido por toda la comunidad científica, tanto así, que muchos autores coinciden, que las razas braquiocefálicas, véase el Bulldog francés, Bulldog inglés, Pug, Boston terrier, etc., están llegando a un punto evolutivo, que supone o podría suponer el deterioro de dichas razas.

Esto plantea un problema tan grande, que incluso en ciertos países, se ha prohibido la cría de estas razas con tanta popularidad. También es cierto, que no solo se ha prohibido por las malformaciones congénitas, sino que también por ciertas patologías que presentan estas razas.

En relación con las malformaciones que nos atañen en este trabajo, hay que mencionar, que todas estas razas sufren de altas prevalencias de una o varias malformaciones. Dichas malformaciones, pueden ocurrir o asociarse a un mismo individuo, el cual, puede o no presentar signos clínicos, pero que pueden observarse con los diferentes métodos de diagnóstico por imagen (RX, TAC). Acorde con lo anterior, también se han observado malformaciones de la columna vertebral como hallazgos en las salas de necropsias.

Las primeras malformaciones que se van a comentar son, la escoliosis y la cifosis. Estas alteraciones, se presentan mucho en este tipo de razas, no solo por su conformación, sino que también debido a la aparición o presencia de otras anomalías (Guevar et al., 2014; Corlat et al., 2017). En presencia de estas alteraciones, no suele verse una sintomatología, pero en ciertas ocasiones sí que presenta clínica. En cierto estudio, se hizo una correlación del grado de curvatura de la columna vertebral (medición del ángulo de Cobb) con respecto a la clínica que presentaba. Y como conclusiones observaron que algunas de estas razas braquiocefálicas presentaban más sintomatología que otras, por la presente angulación de la columna (Guevar et al., 2014).

La siguiente malformación es la anomalía congénita de vértebra en mariposa o butterfly vertebrae, la cual, consiste en una completa o parcial malformación de porciones central y ventral de 2 vértebras, favoreciendo que sus partes dorsolaterales se unan a la medula espinal (de Rycke & Saunders, 2017). La prevalencia está entorno al 5% (Corlat et al, 2017). Los tratamientos posibles son uno conservador mediante el uso de fisioterapia, reposo y una dosis baja de corticoesteroides y el otro, quirúrgico, donde solo se puede realizare una estabilización de la columna a una edad temprana como mejoría clínica. A pesar de todo, no se tiene suficientes datos para confirmar que sea realmente efectivo, aunque hasta el momento parece ser que sí (Bertram; Fig. 13).

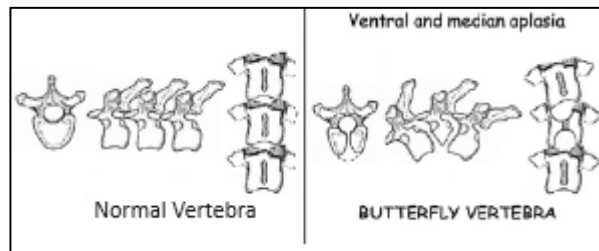


Figura 13. Imagen de una vértebra en mariposa (derecha), respecto a una vértebra normal (izquierda). (de Rycke & J. Saunders, 2017).

Otra malformación que aparece en los braquicefálicos, es la hemivértebra, la cual, ya se ha comentado y tiene diversas variantes, entre ellas está la lateral, en forma de cuña, etc. (Ryan et al., 2019). Cada tipo de hemivértebra tiene sus prevalencias, pero suele oscilar entorno al 1,65% de los individuos (Corlat et al., 2017). Aunque cabe destacar que, en otro estudio realizado se encontró en el 73% de los perros estudiados, de los cuales, el Bulldog francés era el predominante en contraposición del Pug. Dicho estudio también comenta que las hemivértebras son muy comunes en este tipo de razas (Wadowska & Dzierżęcka, 2019; Fig. 10).

En relación a la anterior también se puede encontrar a vértebra en bloque, la cual, también esta explica y su prevalencia es de 0,3% (Gutiérrez-Quintana et al., 2014).

Una alteración, anteriormente descrita, que también suele aparecer en este tipo de razas es la espina bífida. De esta anomalía ya se ha explicado toda su patología, etc. pero no se había comentado su prevalencia, en principio, debería de tener una casuística mayor, pero según los resultados de un estudio, tuvieron una prevalencia de 2 individuos entre los 362 participantes (Gutiérrez-Quintana et al., 2014). En otro estudio con 130 Pugs, tuvieron una casuística de 47 afectados por la patología, suponiendo una prevalencia del 36,15% (Brocal et al., 2018).

La antepenúltima malformación que vamos a comentar para estas razas, es una que aparece también, y sobre todo, en la raza Pug y es la aparición de costillas en la zona cervical, asociadas a alteraciones de las vértebras transicionales. Dicha alteración parece ser que se debe a un problema en los genes Homeobox, en concreto, los Hox que mencionamos en el apartado de los genes del desarrollo embrionario (Brocal et al., 2018). Los genes Hox afectados, pueden ser el Hoxa5 o el Hoxa6, responsables de controlar dicha región (Wellik, 2007).

Estas costillas, que aparecen a lo largo del cuello, pueden estar unidas o no a las vértebras, incluso pueden ser más cortas o más largas. La prevalencia de aparición es del 44% en los Pugs según

un estudio, pero no fue la única raza que presentó este tipo de costillas en esta localización (Brocal et al., 2018).

La última alteración de estas razas braquiocefálicas que será comentada en este trabajo, es la cola en forma de sacacorchos o “screw-tail”. Esta anomalía ocurre por la aparición de hemivértebras a lo largo de las vértebras coccígeas o caudales, esto deriva a una anquilosis vertebral. Es una malformación hereditaria y se ha fijado en este tipo de razas por la selección humana, es decir, por la búsqueda de este fenotipo (Roses et al., 2018).

Los tratamientos posibles de esta alteración son el conservador o médico y el quirúrgico. El tratamiento conservador se basa en la solución de los problemas de piel que esta patología acarrea con el uso de limpieza diaria, reducir la humedad (para evitar proliferación bacteriana), tratamientos tópicos y en casos extremos, el uso de antibióticos vía parenteral (Roses et al., 2018). El quirúrgico se basa en una caudectomía que consiste en la retirada de las partes anquilosadas, para el alivio del paciente (Roses et al., 2018).

Además de la descripción de las principales anomalías encontradas y las razas implicadas, mencionaremos a continuación las principales técnicas diagnósticas.

4.2. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

En cuanto a los métodos de diagnóstico, obviamente está el diagnóstico ocular de la región afectada y mediante la sintomatología presente. Pero además y muchos más importante, debido a que algunas alteraciones no presentan sintomatología, es el diagnóstico por imagen y entre las pruebas más relevantes, destacan la radiografía (RX), tomografía computarizada (TC) e incluso la resonancia magnética (RM).

Por este motivo, se explicará a groso modo las ventajas y desventajas posibles que tienen unas frente a otras en concreto para este tipo de malformaciones.

La más sencilla y económico, de este tipo de pruebas es la radiografía, muy útil porque no requieres del sistema tan complejo como la TC y RM y porque no necesitas una anestesia profunda, como para dejar al animal completamente inmóvil. Sus desventajas son que no siempre se obtiene una imagen con la misma calidad que las otras dos técnicas mencionadas por problemas de superposición de estructuras.

La TC, es una prueba mucho más sensible que la radiografía y se basa en el mismo sistema de radiación, pero se puede realizar una reconstrucción en 3D con las tomografías realizadas y no tiene el problema de la superposición de estructuras. En cambio, necesitas una sedación mucho más profunda para realizarla y es bastante más cara que la RX (Corlat et al., 2017). En contraposición de la resonancia magnética, se destaca el hecho de que resalta las estructuras óseas o mineralizadas (García-Pertierra et al., 2019).

La RM, es una prueba también muy sensible, pero se basa en otro mecanismo que tiene que ver con los átomos de hidrógeno. Nos permite visualizar bien los tejidos blandos no óseos, cómo, la médula espinal, (gran ventaja frente al TC) debido a que podríamos observar otras lesiones que no fuesen sólo por un daño en la médula. Las desventajas que presenta son muy parecidas a las TC, es decir, necesitamos una anestesia muy profunda y es una prueba de un alto valor económico que no todos los centros veterinarios se pueden permitir (García-Pertierra et al., 2019).

5. CONCLUSIONES

Cómo se ha podido apreciar a lo largo de este trabajo, las malformaciones que pueden presentar los perros son muchas y diversas y pueden abarcar desde un extremo al otro de la columna vertebral. Además, cada una tiene su prevalencia, tratamiento, lugar de aparición frecuente, etc. Entre las malformaciones más frecuentes estarían las que afectan al cuerpo de la vértebra, es decir, hemivértebras, vértebras en bloque, vértebras en mariposa, etc. También, hemos podido sacar conclusiones como que ciertas razas de perros, como los braquicefálicos, tienen más predisposición que otras de padecer este tipo de alteraciones y que, por tanto, se deberían analizar con cierta frecuencia estas razas con los métodos de diagnóstico descritos. Algunas malformaciones afectan al sistema nervioso y por tanto tienen un peor pronóstico y resolución. Por último, las técnicas de diagnóstico por imagen como la TC o la RM pueden ayudar al diagnóstico de estos procesos, aunque aún no son técnicas de uso común.

As we could appreciate throughout this work, the malformations which could present the dogs are so much and diverse and that they can cover from one side to the other side of the spine. In addition, that each one has its own prevalence, treatment, usual appearance site, etc. The most common malformations are the ones, which are, affect the vertebral body, like, hemivertebrae, block vertebrae, butterfly vertebrae, etc. Even, we could take out conclusions, about some

breeds which have more predisposition than the other, like the brachiocephalic breed, to suffer this type of alterations and because of that, they would need to be analysed with some frequency, this kind of breeds, with the diagnostic methods described before. Some malformations affect the nervous system and, therefore have a worse prognosis and resolution. Finally, the diagnostic imaging techniques, like CT and MRI could help to the diagnostic of all these processes, even though they still not being techniques of common use.

6. VALORACIÓN PERSONAL

Realizar este trabajo me ha servido para aprender que hay más malformaciones en la columna vertebral de las que pensaba que se podían llegar a presentar en los perros, incluso más de las que han sido descritas en este trabajo. También, el hecho de que realizar un trabajo de estas dimensiones es más complicado de lo que hubiese pensado y que ha sido realmente educativo, el buscar información y aprender sobre todo este tipo de alteraciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Amaral, C. B., Romão, M. A. P. & Ferreira, A. M. R. (2012). Perosomus elumbis in a puppy. *Journal of comparative pathology*, 147(4), 495-498.
- Arana, D. G. (2011). Frecuencia de presentación de inestabilidad lumbosacra en caninos de la raza Labrador Retriever. *Universidad Nacional mayor de San Marcos*.
- Archer, R., Sissener, T., Connery, N. & Spotswood, T. (2010). Asymmetric lumbosacral transitionalvertebra and subsequent disc protrusion in a cocker spaniel. *The Canadian Veterinary Journal*, 51(3), 301-304.
- Bernardini, M., Stabile, F. & Bevilacqua, G. (2007). Caudal cervical spondylomyelopathy in Doberman Pinscher: Aethipatogenesis, clinical signs, and diagnostic tests. *Rivista ufficiale della SCIVAC*, 21(4), 7-16.
- Bertram, S. Congenital malformations in dogs. *Cave Veterinary specialists*. Recuperado de: [Dogs Congenital Vertebral Malformations | Cave Vet Specialists \(cave-vet-specialists.co.uk\)](http://cave-vet-specialists.co.uk/Congenital%20Vertebral%20Malformations)
- Bollo de Brito, E. (2007). Hemivértebra en un bulldog francés. *Sanidad Militar*, 63(3), 176-178.
- Bouma, J. L. (2016). Congenital Malformations of Vertebral Articular Processes in Dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 46(2), 307-326.
- Brocal, J., de Decker, S., José-López, R., Manzanilla, E. G., Penderis, J., Stalin, C., Bertram, S., Schoenenbeck, J. J., Rusbridge, C., Fitzpratck, N. & Gutierrez-Quintana, R. (2018). C7 vertebra

homeotic transformation in domestic dogs-are Pug dogs breaking mammalian evolutionary constraints?. *Journal of Anatomy*, 233(2), 255-265.

-Climent Peris, S., Sarasa Barrio, M., Domínguez Roeznillo, L., Muniesa Lorda, P. & Terrado Vicente, J. (2002). *Manual de anatomía y embriología de los animales domésticos*. Zaragoza: Acribia, España.

-Corlat, L., Blanco, B., Lucena, R., Ginel, P.J., Miró F. & Novales, M. (2017). Congenital vertebral malformations in french Bulldogs: X-ray Vs computed tomography. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Veterinary Medicine*, 74(1), 123.

-Crowe, Y. C., Child, G., Lam, R. & McGregor, R. (2019). Congenital block vertebrae and intervertebral disc protrusion in a young cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, 5(2).

-De Decker, S., De Risio, L., Lowrie, M., Mauler, D., Beltran, E., Giedja, A., Kenny, P. J., Gielen, I., Garosi, L. & Volk, H. (2012). Cervical vertebral stenosis associated with a vertebral arch anomaly in Basset Hound. *Journal of Veterinary internal medicine*, 26(6), 1374-1382.

-De Decker, S., Packer, R. M. A., Capello, R., Harcourt-Brown, T. R., Rohdin, C., Gomes, S. A., Bergknut, N., Shaw, T. A., Lowrie, M. & Gutierrez-Quintana, R. (2019). Comparison of signalment and computed tomography findings in French Bulldog, Pugs, and English Bulldog with and without clinical signs associated with thoracic hemivertebra. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33, 2151-2159.

-De Lahunta, A., Glass, E. & Kent, M. (2016). *Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology* (4th Ed.). Elsevier.

-Dell'Apa, D., Fumeo, M., Volta, A., Bernardini, M., Fidanzio, F., Buffagni, V., Christen, M., Jagannathan, V., Leeb, T. & Bianchi, E. (2023). Case report: sacral agenesis in two boxer dogs: clinical presentation, diagnostic investigations, and outcome. *Frontiers in Veterinary Science*, 10.

-De Rycke, L. & Saunders, J. H. (2017). Congenital anomalies of the vertebrae in dogs. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 86(2), 105-118.

-Dewey, C. W., Davies, E. & Bouma, J. L. (2016). Kyphosis and kyphoscoliosis associated with congenital malformations of the thoracic vertebral bodies in dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 46(2), 295-306.

-Elvira, T. & Mateo, I. (2020). Inestabilidad atlantoaxial con agenesia parcial del atlas de un perro. *Clínica Veterinaria de Pequeños Animales*, 40(2), 93-98.

-Fernández González, T., Rodríguez Cortegoso, A., López Faisano, M^a. M., Okonji, S., Puente Madarnas, A. & Muñoz Cava, J. (2018). Aplicación de las nuevas tecnologías en el tratamiento quirúrgico de una subluxación atlantoaxial. *Argos: Informativo Veterinario*, 201, 78-79.

- García-Pertierra, S., López, M., Suñol, A. & Mascort, J. (2019) Caso clínico de neurología. *Clínica Veterinaria de Pequeños Animales*, 39(2). Recuperado de: [Revista_AVEPA_Online \(clinvetpeganim.com\)](http://Revista_AVEPA_Online(clinvetpeganim.com))
- Gilbert, S. F. (2005). Biología del desarrollo. *Editorial Médica Panamericana*.
- Guevar, J., Penderis, J., Faller, K., Yeaman, C., Stalin C. & Gutierrez-Quintana, R. (2014). Computer-assisted radiographic calculation of spinal curvature in brachycephalic “screw-tailed” dog breeds with congenital thoracic vertebral malformations: reliability and clinical evaluation. *PLoS ONE*, 9(9).
- Gutierrez-Quintana, R., Guevar, J., Stalin C., Faller, K., Yeaman, C. & Penderis, J. (2014). A proposed radiographic classification scheme for congenital thoracic vertebral malformations in brachycephalic “screw-tailed” dog breeds. *Veterinary radiology & ultrasound*, 55(6), 585-591.
- Hernandez, Á. (2014). Colapso agudo en un Yorkshire Terrier de 3 años (: diagnóstico). Recuperado de [Colapso agudo en un Yorkshire Terrier de 3 años \(II: diagnóstico\) \(uchceu.es\)](http://Colapso_agudo_en_un_Yorkshire_Terrier_de_3_años_(II:_diagnóstico)(uchceu.es))
- Hong, H., Slunsky, P., Klass, L. G. & Brunnberg, L. (2020). Prevalence of lumbosacral transitional vertebrae in dog in Berlin. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 23(2), 261-265.
- Hytönen, M. K., Grall, A., Hédan, B., Dréano, S., Seguin, S. J., Delattre, D., Thomas, A., Galibert, F., Paulin, L., Lohi, H., Sainio, K. & André, C. (2009). Ancestral T-box mutation is present in many, but not all, short-tailed dog breeds. *Journal of Heredity*, 100(2), 236-240.
- Hyttel, P., Sinowatz, F., & Vejlsted, M. (2010). *Essentials of domestic animals embryology* (1.^a Ed.). Oxford: Saunders Elsevier, Inglaterra.
- Jiménez Peláez, M., Carbonell Rosselló G. & Luján Feliu-Pascual A. (2016, 09, marzo). Clínica, etiopatogénesis y diagnóstico del síndrome de Wobbler. *Portal Veterinaria*. Recuperado de [Clínica, etiopatogénesis y diagnóstico del síndrome de Wobbler | PortalVeterinaria](http://Clínica,_etiopatogénesis_y_diagnóstico_del_síndrome_de_Wobbler_|PortalVeterinaria).
- Jiménez Peláez, M., Carbonell Rosselló G. & Luján Feliu-Pascual A. (2016, 09, marzo). Tratamiento, complicaciones y pronóstico del síndrome de Wobbler. *Portal Veterinaria*. Recuperado de [Tratamiento, complicaciones y pronóstico del síndrome de Wobbler | PortalVeterinaria](http://Tratamiento,_complicaciones_y_pronóstico_del_síndrome_de_Wobbler_|PortalVeterinaria).
- Keally, J. K., McAllister, H. & Graham, J. P. (2010). *Diagnostic radiology and ultrasonography of dog and cat*. (5th Ed.). Oxford: Saunders Elsevier, Inglaterra. Oxford: Saunders Elsevier, Inglaterra.
- Magras, I. N. & Tsiligianni, T. C. (2018). Congenital malformations and environment. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 54(2), 154-164.
- Mattos Junior, E., Ribeiro, E. A., von Glehn dos Santos, G. J., Russo, C. & Headley, S. A. (2007). Spina bifida in dead stillbirth mongrel dog. *SEMINA-Ciencias agrarias*, 28(2), 295-298.
- Mauler, D. A., de Decker, S., De Risio, L., Volk, H. A., Dennis, R., Gielen, I., Van der Vekens, E., Goethals, K. & Van Ham, L. (2014). Signalment, clinical presentation, and diagnostic findings in

- 122 dogs with spinal Arachnoid diverticula. *Journal of Veterinary internal medicine*, 28(1), 175-181.
- McGeady, T. A., Quinn, P. J., Fitzpatrick, E. S., Ryan, M. T., Kilroy, D. & Lonergan, P. (2017). *Veterinary Embryology* (2nd Ed.). Hoboken: Wiley-Blackwell, USA.
- Moissonnier, P., Gossot, P., & Scotti, S. (2011). Thoracic Kyphosis Associated with Hemivertebra. *Veterinary Surgery*, 40(8), 1029-1032.
- Nobre Pacifico Pereira, K. H., Cruz dos Santos Correia, L. E., Ritir Oliveira, E. L., Bastos Bernardo, R., Nagib Jorge, M. L., Mezzena Gabato, M. L., Ferreira de Souza, F., Sousa Rocha, N., Biagio Chiacchio, S. & Gomes Lourenço, M. L. (2019). Incidence of congenital malformations and impact on the mortality of neonatal canines. *Theriogenology*, 140, 52-57.
- Noden, D. M. & de Lahunta, A. (2001). *Embriología de los animales domésticos Mecanismos del desarrollo y malformaciones*. Zaragoza: Acribia, España.
- Olby, N. J. & Jeffery, N. D. (2014). Advances in Veterinary Neurology. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 44(6), 11-12.
- Paníárová, M., Stehlík, L., Proks, P. & Vignoli, M. (2016). Congenital and acquired anomalies of the caudal vertebrae in dogs: radiographic classification and prevalence evaluation. *Acta Veterinaria Hungarica*, 64(3), 330-339.
- Pilkington, E. J., De Decker, S., Skovola, E., Cloquell Miro, A., Gutierrez Quintana, R., Faller, K. M. E., Aguilera Padros, A. & Goncalves, R. (2024). Prevalence, Clinical presentation, and etiology of myelopathies in 224 juvenile dogs. *Journal of Veterinary internal medicine*.
- Rivas Guerrero, J. F. & Martínez Méndez, P. P. (2007). Caso clínico-quirúrgico: hemivértebra en paciente canino raza Bulldog. *Revista de Medicina Veterinaria*, 13, 27-37.
- Ryan, R., Gutierrez-Quintana, R., ter Haar, G., & de Decker, S. (2017). Prevalence of thoracic vertebral malformations in French bulldogs, Pugs and English bulldogs with and without associated neurological deficits. *Veterinary Journal*, 221, 25–29.
- Ryan, R., Gutierrez-Quintana, R., ter Haar, G., & de Decker, S. (2019). Relationship between breed, hemivertebra subtype, and kyphosis in apparently neurologically normal French Bulldogs, English Bulldogs and Pugs. *American Journal of Veterinary Research*, 80(2), 189-194.
- Rohdin, C., Häggtröm, J., Ljungvall, I., Nyman Lee, H., de Decker, S., Bertram, S., Lindblad-Toh, K., Hultin Jäderlund K. (2018). Presence of thoracic and lumbar malformations in pugs with or without chronic neurological deficits. *The Veterinary Journal*, 241, 24-30.
- Rojas, M. & Walker, L. (2012). Malformaciones congénitas: aspectos generales y genéticos. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1256-1265.
- Roses, L., Yap, F. W. & Welsh, E. (2018). Surgical management of screw-tail in dogs. *Companion animal*, 23(5), 287-292.

- Sadler, T. W. (2006). *Langman's Medical Embryology*. 10th edition, Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland, USA.
- Salazar Beloqui, I. (2013). *Embriología veterinaria: constitución y organización de la forma animal durante el desarrollo*. La Coruña: Universidade de Santiago de Compostela, España.
- Sampson, J. (2011). How the Kennel Club is tackling inherited disorders in the United Kingdom. *The Veterinary Journal*, 189(2), 136-140.
- Schlensker, E., & Distl, O. (2016). Heritability of hemivertebrae in the French bulldog using an animal threshold model. *Veterinary Journal*, 207, 188-189.
- Shutterstock. (2017). Dog skull x ray. Recuperado de [Categoría «Dog skull x ray» de imágenes, fotos de stock e ilustraciones libres de regalías | Shutterstock](#)
- Takahashi, F., Hakozi, T., Kanno, N., Harada, Y., Yamaguchi, S., & Hara, Y. (2017). Evaluation of the dens-to-axis length ratio and dens angle in toy-breed dogs with and without atlantoaxial instability and in healthy Beagles. *American Journal of Veterinary Research*, 78(12).
- Vilela Estevam, M., Helio Toniollo, G. & Apparicio, M. (2024). The most common congenital malformations in dogs: Literature review and practical guide. *Research in Veterinary Science*, 171.
- Wadowska, I. & Dzierżęcka Gappa, M. (2019). Prevalence of hemivertebra in brachycephalic dog breeds according to radiographs. *Medycyna Weterynaryjna*, 75(12), 731-734.
- Wellik, D. M. (2007). Hox patterning of the vertebrate axial skeleton. *Developmental Dynamics*, 236(9), 2454-2463.