



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Diagnóstico por imagen radiológico de patologías cardiorrespiratorias en el perro

Radiologic diagnostic imaging in cardiorespiratory diseases in dogs

Autor/es

Jair Gómez Vaquero

Director/es

Fco. Javier Miana Mena
Pablo Gómez Ochoa

Facultad de Veterinaria

2021

ÍNDICE

1. RESUMEN/ABSTRACT	1
2. INTRODUCCIÓN	1
1.1. El electrocardiograma	2
1.1.1. Fisiología del corazón	2
1.1.2. Sistema excito conductor del corazón	3
1.1.3. Bases del electrocardiograma (ECG)	4
1.1.4. Interpretación del electrocardiograma	8
1.2. Radiografía de tórax	10
1.2.1. Técnica radiográfica	11
1.2.2. Anatomía radiográfica del corazón	12
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	15
4. METODOLOGÍA.....	15
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
5.1. Electrocardiogramas	16
5.1.1 Arritmia ventricular	18
5.1.2. Fibrilación atrial.....	20
5.1.3. Bloqueos auriculoventriculares.....	22
5.2. Radiografías de Tórax.....	25
5.2.1. Sobrecarga derecha.....	26
5.2.2. Fallo Cardíaco Congestivo	28
5. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS	30
6. VALORACIÓN PERSONAL	31
7. AGRADECIMIENTOS.....	31
8. BIBLIOGRAFÍA	31

1. RESUMEN/ABSTRACT

Resumen

En el presente trabajo se ha realizado un repaso del fundamento de dos de las principales pruebas diagnósticas utilizadas rutinariamente en la clínica de pequeños animales, como son el electrocardiograma y la radiografía de tórax, cuando se pretende diagnosticar o descartar una patología cardíaca o pulmonar. El electrocardiograma muestra la actividad eléctrica del corazón y su conducción por el órgano, y con la radiografía de tórax se pueden observar signos cardiacos y respiratorios que pueden indicar patología cardíaca. Ninguna de estas dos pruebas debe interpretarse de forma independiente de un caso clínico.

A continuación, gracias a las pruebas diagnósticas cedidas por varios centros españoles, un total de 716 repartidas entre 398 electrocardiogramas y 318 radiografías de tórax, se han diagnosticado y clasificado, una por una, en las categorías correspondientes, obteniéndose así los resultados de los signos más comunes detectados en perros tanto en electrocardiogramas como en radiografías de tórax. Posteriormente, estos signos se han enumerado y descrito creando un índice útil para la clínica diaria.

Abstract

In the present work, a review of the fundamentals of two of the most used diagnostic tests in a small animal clinic, which are the electrocardiogram and de thorax radiography, when a cardiac or pulmonary pathology is being diagnosed or discarded. Electrocardiogram shows the electrical activity of the heart and its conduction, and with the thorax radiography signs of cardiac and respiratory disease can be seen. Neither of this diagnostic tests can be interpreted independently from a clinical case.

In addition, thanks to several spanish centers who gave 716 diagnostic tests distributed in 398 electrocardiograms and 318 thorax radiography, these tests have been diagnosed and classified, one by one, into different categories in order to know which signs are the most common detected in dogs when electrocardiogram and radiography are done. Finally, those signs have been enumerated and described, making a useful list to the clinical veterinary.

2. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, dos de las pruebas más utilizadas en la clínica de pequeños animales para diagnosticar o descartar enfermedades cardiorrespiratorias son el electrocardiograma y la radiografía de tórax (Poteet, 2015; Tilley *et al.*, 2015).

1.1. El electrocardiograma

El electrocardiograma proporciona una información básica y fundamental como es la actividad eléctrica del corazón y su conducción a través del mismo, como veremos más adelante, y que no es posible obtener a través de otra exploración. Además, su realización es rápida, sencilla, segura, no dolorosa y relativamente económica. Esta prueba se utiliza en una gran cantidad de situaciones como:

- Exploración complementaria o añadida a otros exámenes médicos y revisiones.
- Chequeos periódicos de salud.
- En la mayoría de las intervenciones quirúrgicas que se realizan con anestesia general y en buena parte de las efectuadas bajo anestesia local, suele solicitarse previamente un ECG (Azcona, 2009).

No obstante, hay que tener en cuenta que un electrocardiograma no debe ser nunca interpretado de forma aislada sino como una parte complementaria de un proceso diagnóstico más amplio en el contexto de un caso clínico. Además, hay que recordar que el electrocardiograma aporta información sobre la actividad eléctrica del corazón, pero no sobre la actividad mecánica. Por ejemplo, un animal puede presentar una arritmia significativa sobre el papel y no mostrar ningún signo clínico (Santamarina Pernas, Torío Álvarez y Suárez Rey, 1998).

1.1.1. Fisiología del corazón

El corazón, o el músculo cardíaco, es el encargado de bombear la sangre hacia los pulmones donde se produce el intercambio de gases, liberándose CO_2 y absorbiendo O_2 y, posteriormente, bombear la sangre oxigenada al resto del cuerpo. Anatómicamente, el corazón se divide en las cámaras superiores o aurículas y las cámaras inferiores o ventrículos. A su vez, el corazón también se divide en el corazón derecho (aurícula y ventrículo) que bombea la sangre a los pulmones y el corazón izquierdo que se encarga de bombear la sangre hacia el resto del cuerpo y órganos periféricos (do Vale Madeiro *et al.*, 2019).

Para conseguir un bombeo sanguíneo eficiente, tanto las aurículas como los ventrículos se deben contraer de forma coordinada. Esto es posible gracias a un estímulo eléctrico que reciben las células miocárdicas y que es detectado por el electrocardiógrafo. El impulso eléctrico del corazón normalmente se inicia en el nódulo sinusal situado en el atrio derecho y la frecuencia con la que se inicia dicho impulso viene dada por el propio nódulo. La frecuencia del nódulo sinusal se puede ver influenciada por el sistema simpático, acelerando la frecuencia, y el parasimpático disminuyéndola (Martin, 2002).

1.1.2. Sistema excito conductor del corazón

En condiciones normales, el impulso se inicia en el nódulo sinusal y produce la despolarización de las aurículas, posteriormente, se transmite la despolarización hasta el nódulo auriculoventricular, situado debajo de la aurícula derecha y por encima de la válvula tricúspide, próximo a la unión entre aurículas y ventrículos, donde la conducción del estímulo es más lenta (do Vale Madeiro *et al.*, 2019). Esta reducción de velocidad o pausa de aproximadamente una décima de segundo permite que las aurículas se contraigan y vacíen su contenido a los ventrículos antes de que se produzca la contracción ventricular (Azcona, 2009). A continuación, las fibras del nódulo auriculoventricular convergen en el margen inferior formando el haz de His. Este haz, penetra en el margen superior del tabique interventricular en su parte muscular donde da lugar a las ramas izquierda y derecha (do Vale Madeiro *et al.*, 2019). Después de atravesar el haz de His, el impulso eléctrico se distribuye por toda la masa ventricular gracias a una red de microfibrillas denominadas fibras de Purkinje y se produce la contracción de ambos ventrículos (Azcona, no date). La primera parte de los ventrículos que se despolariza es la parte media del septo interventricular izquierdo, una vez llega aquí la parte libre de ambos ventrículos se despolarizan a la vez (do Vale Madeiro *et al.*, 2019) (Fig. 1).

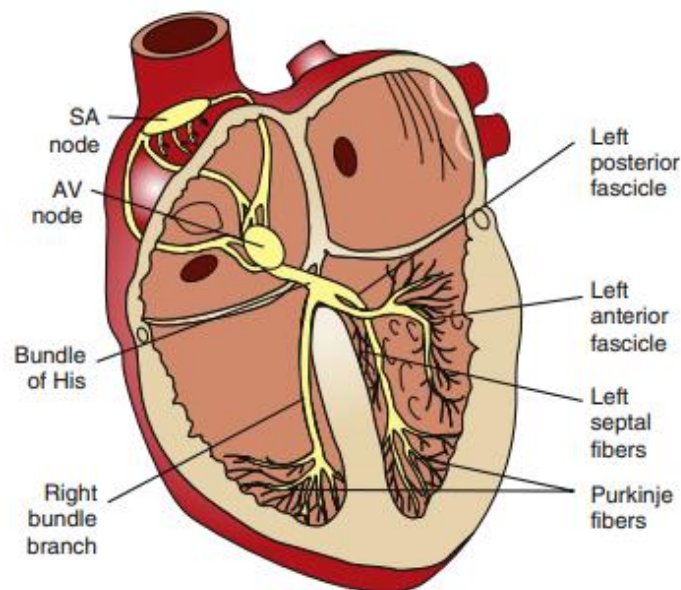


Figura 1: Sistema excito conductor del corazón. En la figura se observa el nódulo sinusal (SA node), el nódulo auriculoventricular (AV node), el Haz de His (Bundle of His), las ramas derecha e izquierda (Right bundle branch y left anterior fascicle, left anterior fascicle y left septal fibers) y las fibras de Purkinje (Purkinje fibers) (Tilley *et al.*, 2015).

1.1.3. Bases del electrocardiograma (ECG)

El electrocardiograma es una gráfica que representa la actividad eléctrica del corazón a lo largo del tiempo, en la que se relaciona los parámetros de tiempo y voltaje detectados por el electrocardiógrafo (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018b). Normalmente se registra sobre tiras de papel milimetrado o en un documento digital, aunque también puede ser registrada y visualizada de manera continua en un monitor (Azcona, 2009).

Mediante esta herramienta se puede diagnosticar y monitorizar alteraciones del ritmo o de la conducción del impulso eléctrico en el corazón. Durante la polarización y repolarización del miocardio, se genera un impulso eléctrico que puede ser detectado por los electrodos a lo largo del cuerpo del animal. Los electrodos son unos sensores capaces de detectar el impulso eléctrico, los cuales se pueden colocar tanto en el tronco como en las extremidades (Mellema, 2015; Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018b). En función de la selección de la derivación en la máquina electrocardiográfica, hace que los electrodos se comporten como polo positivo o polo negativo (Santamarina Pernas, Torío Álvarez y Suárez Rey, 1998).

Una derivación es una medición de la actividad eléctrica del corazón entre dos electrodos diferentes (Tilley *et al.*, 2015). Existen varias derivaciones y cada una de estas registra un punto de vista diferente de la misma actividad eléctrica del corazón, esto es necesario para poder formar una imagen tridimensional de dicha actividad. En total, se han descrito 12 derivaciones, 6 que se registran a través de los electrodos colocados en las extremidades, las de los miembros, y 6 registradas por los electrodos del tórax, las precordiales. Dentro de las derivaciones de los miembros, se encuentran las derivaciones bipolares y las monopolares. Las bipolares registran la diferencia de potencial eléctrico entre 2 extremidades, siendo estas las derivaciones I, II y III; mientras que las monopolares, registran la actividad eléctrica de una extremidad con respecto a un potencial cero generado por los electrodos de las otras dos extremidades, siendo estas las llamadas derivaciones aVR, aVL y aVF (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a). En perros se colocan los electrodos en las extremidades siguiendo un convenio internacional por colores, de tal forma que no haya confusión al utilizar electrocardiogramas de otro país: El electrodo amarillo va en la extremidad anterior izquierda; el electrodo rojo en la extremidad anterior derecha; el electrodo verde en la extremidad posterior izquierda; y el electrodo negro en la extremidad posterior derecha (Fig. 2) (Santamarina Pernas, Torío Álvarez y Suárez Rey, 1998).



Figura 2: Colocación correcta de los electrodos por colores (Santamarina Pernas, Torío Álvarez y Suárez Rey, 1998).

Seleccionando en la máquina electrocardiográfica la derivación I hacemos que el electrodo unido al antebrazo derecho sea negativo y el electrodo unido al antebrazo izquierdo sea positivo. Seleccionando la derivación II provocamos que el electrodo fijado al antebrazo derecho sea negativo y el electrodo unido a la extremidad trasera izquierda sea positivo. La elección de la derivación III convierte el polo positivo en la extremidad trasera izquierda y el polo negativo en el antebrazo izquierdo (Fig. 3) (Tilley *et al.*, 2015).

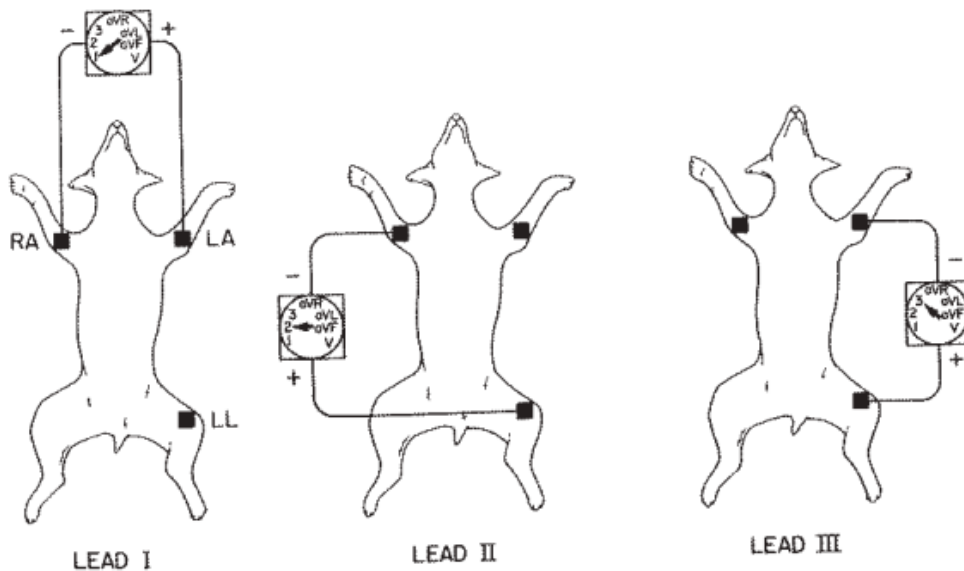


Figura 3: Esquema de las derivaciones I, II y III respectivamente con sus diferencias de potencial (Tilley *et al.*, 2015).

Por otra parte, estas derivaciones pueden ser representadas esquemáticamente como un triángulo, llamado el triángulo de Einthoven (Fig. 4). Este triángulo muestra la orientación espacial de las derivaciones de los miembros I, II y III, siendo: la derivación I horizontal; la derivación II diagonal de derecha a izquierda y de arriba abajo (craneal a caudal en el caso de

los perros); y la derivación III también diagonal, pero de izquierda a derecha. Posteriormente, se ha redibujado el triángulo de Einthoven de forma que las derivaciones I, II y III converjan en un punto central, resultando así un diagrama triaxial (Fig. 5) (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a).

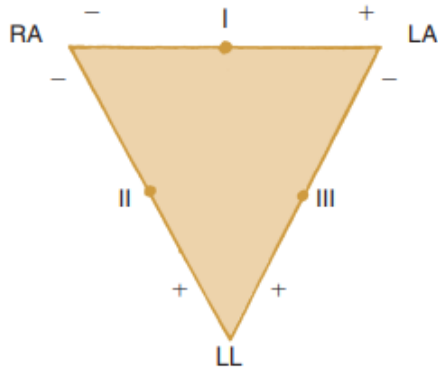


Figura 4: Imagen del triángulo de Einthoven (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a).

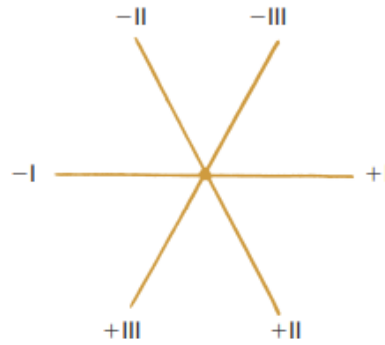


Figura 5: Diagrama triaxial de las derivaciones I, II y III (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a)

Como hemos comentado anteriormente, además de estas derivaciones bipolares, también existen las monopulares de los miembros llamadas aVR o augmented voltage right, aVL o augmented voltage left y aVF o augmented voltage foot. Al seleccionar la derivación aVR el electrodo unido al miembro anterior derecho será positivo. La elección de la derivación aVL hace que el electrodo colocado en el miembro anterior izquierdo sea positivo. Por otro lado, seleccionando la derivación aVF convertimos el sensor de la extremidad posterior izquierda en el polo positivo (Fig. 6). Estas derivaciones tienen una orientación diferente a la de las bipolares (Santamarina Pernas, Torío Álvarez y Suárez Rey, 1998).

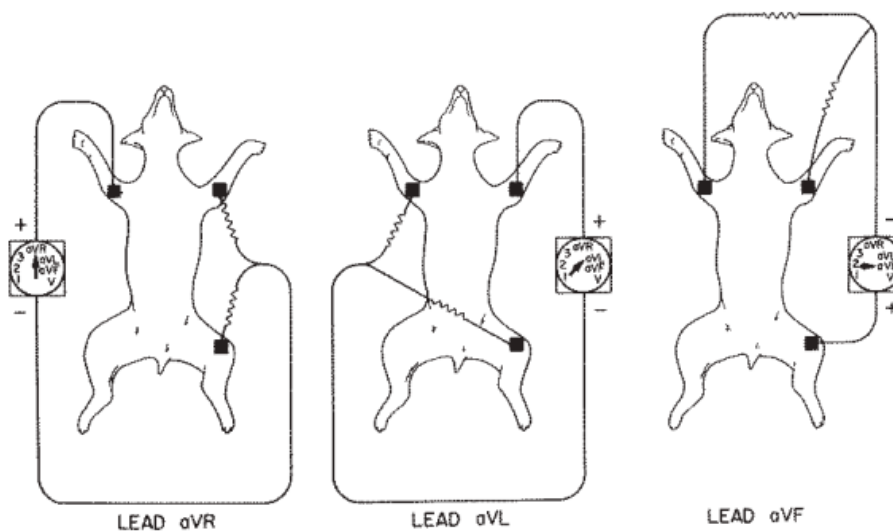


Figura 6: Esquema de las derivaciones aVR, aVL y aVF respectivamente con sus diferencias de potencial (Tilley et al., 2015).

En el caso de las derivaciones monopolares, también se puede representar esquemáticamente la orientación espacial, pero en vez de formar un triángulo, se forma un diagrama triaxial. Este diagrama formado está por tres líneas o ejes que tienen una parte positiva y negativa en función del centro del diagrama: la parte positiva de la derivación aVR corresponde al extremo que apunta hacia la extremidad anterior derecha del paciente, la parte positiva de la aVL corresponde al extremo que apunta hacia la extremidad anterior izquierda del paciente y la parte positiva de la aVF señala hacia la extremidad posterior izquierda del paciente (Fig. 7) (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a).

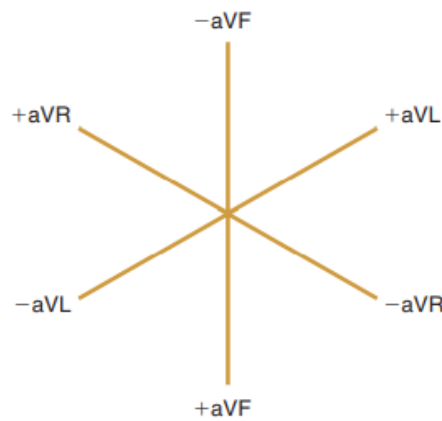


Figura 7: Diagrama triaxial de las derivaciones monopolares aVR, aVL y aVF (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a).

Asimismo, los dos diagramas triaxiales obtenidos de las derivaciones de los miembros se pueden combinar en un nuevo diagrama, esta vez de seis ejes o hexaxial (Fig. 8), de forma que todos los ejes se encuentren en un punto en común y que muestra la orientación espacial de las seis derivaciones (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a).

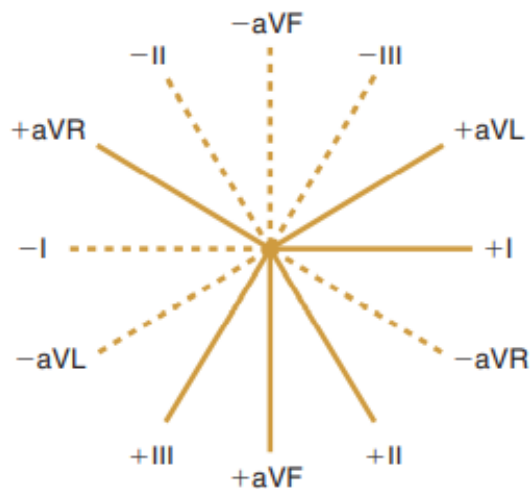


Figura 8: Diagrama hexaxial de las derivaciones de los miembros (I, II, III, aVR, aVL y aVF) en línea continua el extremo positivo y en discontinua el lado negativo (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a).

Este diagrama es utilizado para saber la dirección del eje del corazón hacia donde apuntan los complejos QRS, es decir, hacia que derivación se dirigen los complejos QRS. Como norma general, la dirección del QRS se encuentra entre dos de las derivaciones que muestren una “R” de igual altura. Otro modo de estimar la dirección hacia la que apunta el eje es observando en las derivaciones un complejo QRS bifásico, que la onda R y la onda S sean del mismo tamaño aproximadamente. Una vez localizado, el eje se encontrará a -90° o a 90° de esa derivación. Por ejemplo, si dicha derivación se tratase de la derivación I, el eje se dirigiría hacia $-aVF$ o $+aVF$ y lo comprobaríamos mirando si la R es positiva o negativa (Fig. 9) (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a)

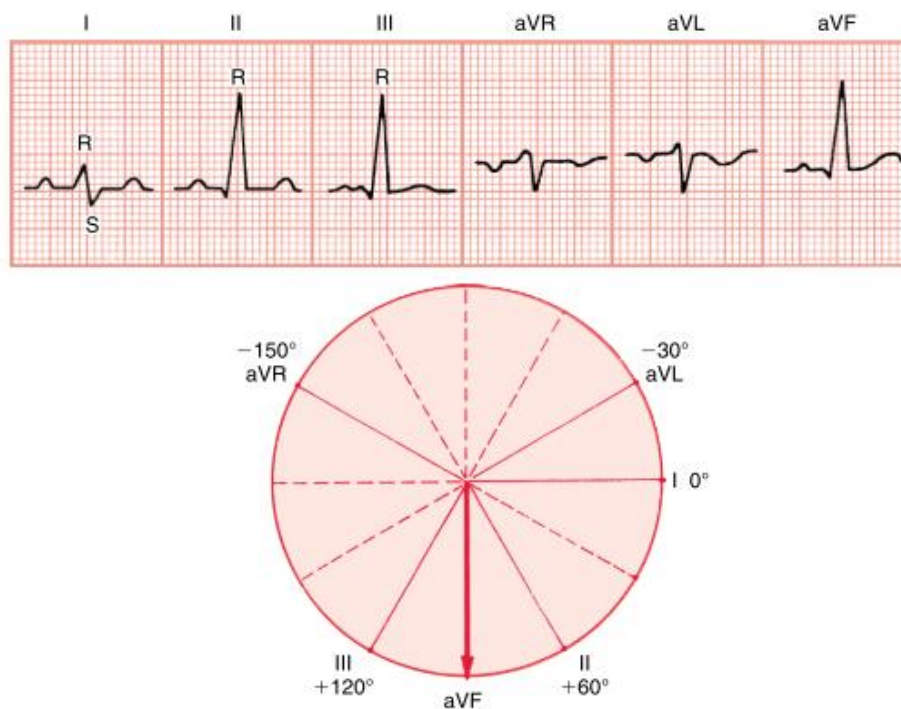


Figura 9: Diagrama de la dirección del eje del corazón. Arriba se observan las derivaciones de un electrocardiograma y abajo se observa un diagrama hexaxial y la flecha que apunta hacia la derivación aVF es la dirección del eje del corazón (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2018a).

1.1.4. Interpretación del electrocardiograma

Tras haber colocado los electrodos en el animal, el electrocardiograma empezará a registrar los impulsos eléctricos detectados por los electrodos y empezará a formar ondas y complejos. Estas ondas y complejos, arbitrariamente se han denominado onda P, complejo QRS y onda T. Dichas ondas y complejos están separados por intervalos regulares (Fig. 10) (Tilley *et al.*, 2015).

La onda P se corresponde con la despolarización de las aurículas, el impulso inicial del nódulo sinusal no produce un cambio electrocardiográfico sobre el cuerpo del animal, así que no se

puede detectar. Cuando el impulso llega hacia el nódulo auriculoventricular, la conducción se enlentece y no se detecta actividad eléctrica en la superficie del cuerpo, así que se obtendrá una línea isoelectrica (Tilley *et al.*, 2015). Una línea isoelectrica o línea basal, es una línea horizontal que se puede observar entre ondas, cuando no se detecte ningún impulso eléctrico o cuando el impulso se dirige de manera perpendicular al electrodo que se comporta como positivo en cualquier derivación (Azcona, 2009).

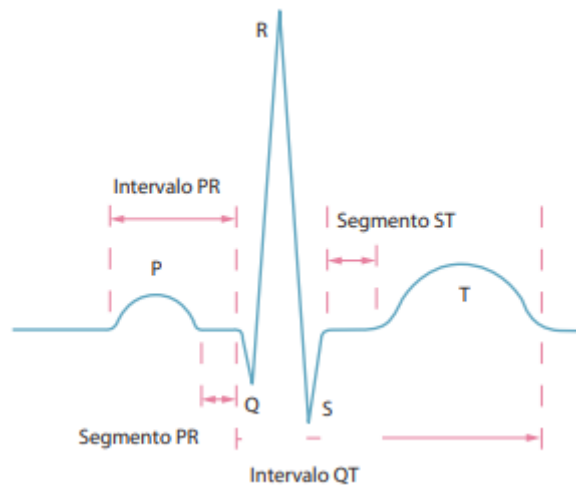


Figura 10: Representación de las diferentes ondas y segmentos del electrocardiograma (Azcona, 2009).

Este tiempo donde no se obtiene actividad eléctrica es el denominado intervalo PR. El siguiente complejo es el QRS, que se corresponde con la despolarización de los ventrículos. La onda Q representa la despolarización inicial del septo interventricular y se define como la primera desviación negativa posterior a la onda P y anterior a la onda R. Esta onda Q puede no ser detectada en todos los animales. Posteriormente, la onda R representa la despolarización del miocardio ventricular y es la siguiente onda positiva posterior a la onda P y, normalmente, la onda más prominente del electrocardiograma. A continuación, se encuentra la onda S que representa la despolarización de las secciones basales de la pared ventricular y el septo interventricular. La onda S es la primera onda negativa después de la onda R. Finalmente, la repolarización de los ventrículos causa la onda T. La demora en la repolarización de los ventrículos es lo que origina el intervalo ST (Tilley *et al.*, 2015; do Vale Madeiro *et al.*, 2019).

Sin profundizar en el mecanismo del electrocardiógrafo, los impulsos eléctricos del corazón se acercan al electrodo positivo, el aparato representará una onda positiva. Por otro lado, si se observa una onda negativa significa que los impulsos se dirigen hacia el polo negativo (Mellema, 2015). Sin embargo, los impulsos eléctricos con dirección perpendicular del polo

positivo, no originará ninguna onda, ni positiva ni negativa, si no una línea isoelectrica (Tilley *et al.*, 2015).

1.2. Radiografía de tórax

Otra de las pruebas diagnósticas que más información nos aportan y que es básica en el diagnóstico definitivo de las enfermedades cardiorrespiratorias es la radiografía de tórax. Para la realización de una radiografía el paciente se debe posicionar entre el tubo de rayos X, de donde salen, y la película que capta los rayos X. Cuando se disparan los rayos, pasan a través del cuerpo del paciente hasta llegar a la película que contiene partículas fluorescentes que son activadas con la llegada de los rayos X, formando una imagen. Las máquinas de rayos X más modernas utilizan unas láminas de fósforo que capturan los rayos X que llegan a la misma y, posteriormente, un dispositivo se encarga de leer las láminas y el patrón proyectado es almacenado como una imagen digital (Petrovich y Pretorius, 2011).

Hay que tener en cuenta que, a la hora de hacer una radiografía, no todas las estructuras van a permitir el paso de los rayos X, todo depende de la densidad de dichas estructuras. Por una parte, las estructuras con altas densidades como el hueso van a inhibir el paso de los rayos X y, por otro lado, los gases van a permitir que los rayos pasen prácticamente inalterados. Existen otras estructuras con densidades intermedias que van a permitir que pasen más rayos que el hueso, pero menos que los gases. Es esta cualidad la que va a permitir diferenciar unas estructuras de otras. Como consecuencia de esto, la radiografía se plasmará de color blanco allí donde un tejido ha impedido el paso de los rayos X, y de color negro donde no haya nada que impida el paso de los rayos X (Kealy, McAllister y Graham, 2011a).

Una radiografía es una imagen de sombras compuesta por diferentes densidades y las normas geométricas aplicables a la formación de las sombras son aplicables a las radiografías. De esta forma, el objeto que esté más cerca de la película tendrá el contorno más definido. Si el objeto se encuentra más lejos de la película y más cerca del tubo de rayos X, este se magnificará, es decir, que aparecerá más grande de lo que es realmente. Sabiendo esto, el objeto a radiografiar debería estar lo más cerca posible a la película y a una distancia razonable de la fuente de radiación (Kealy, McAllister y Graham, 2011a).

Como la radiografía solo nos permite ver los objetos en dos dimensiones, si queremos hacer un estudio de un objeto en las tres dimensiones deberemos hacer dos proyecciones ortogonales. Al realizar la radiografía, algunos rayos X pasan directamente a la película, otros son absorbidos por el objeto o cuerpo radiografiado y otros son dispersados al chocar con el objeto a

radiografiar. Estos rayos dispersos producen una pérdida de calidad de la radiografía y definición en los bordes de los cuerpos (Kealy, McAllister y Graham, 2011a).

1.2.1. Técnica radiográfica

En perros y gatos, las radiografías de tórax básicas que se realizan son la laterolateral izquierda, laterolateral derecha (Fig. 11), ventrodorsal y dorsoventral (Fig. 12). A la hora de realizar estas proyecciones, es importante que la totalidad del tórax entre dentro de la radiografía, es decir desde la entrada del tórax hasta unos centímetros por detrás de la última costilla. Si esto no fuera posible por el tamaño del perro, todas las proyecciones realizadas (laterolaterales, ventrodorsales y dorsoventrales) deberían dividirse en dos partes, la craneal y caudal para no perder ningún detalle (Thrall, 2018).

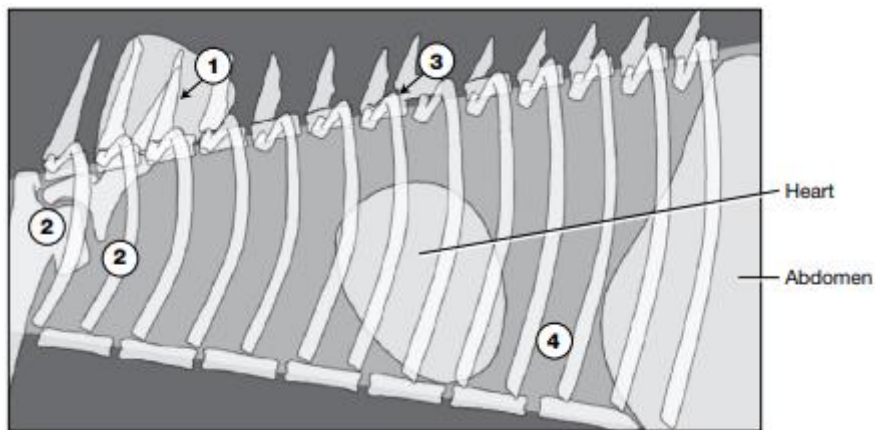


Figura 11: Esquema de una radiografía lateral de tórax (Poteet, 2008).

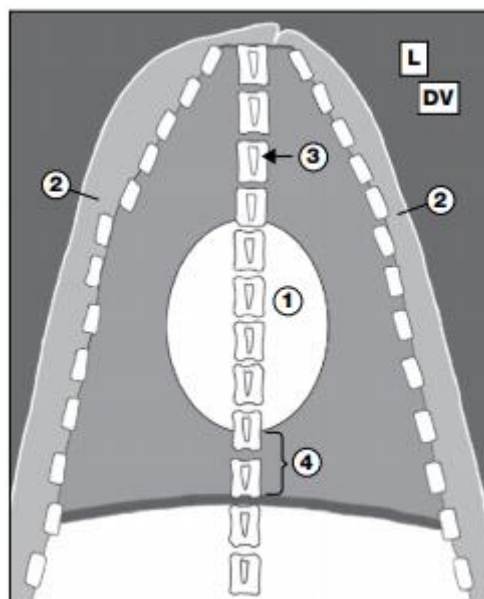


Figura 12: Esquema de una radiografía de tórax dorsoventral (Poteet, 2008).

Los hallazgos radiográficos encontrados no son lo suficientemente específicos como para establecer un diagnóstico definitivo sin unos signos clínicos que lo corroboren (Poteet, 2008). A la hora de examinar las radiografías, se debe examinar de forma sistemática y completa y no solo la zona donde se ve la lesión inicialmente o donde se cree que va a estar la lesión. Algunas veces, se producen cambios radiológicos lejos de la zona de la lesión que no deben pasar desapercibidos (Kealy, McAllister y Graham, 2011a). Con el fin de realizar un diagnóstico correcto, en una radiografía se debe:

- Evaluar la técnica radiológica, posicionamiento del paciente y comprobar que la exposición sea correcta.
- Determinar la fase de la respiración.
- Examinar la cavidad torácica en su totalidad: columna vertebral, esternón, diafragma, las paredes del tórax, las costillas, el mediastino craneal y caudal.
- Examinar la porción craneal del abdomen visible en la radiografía. La exposición utilizada en el tórax es la mitad de la necesaria para el abdomen, pero se puede observar el tamaño hepático, una parte del estómago con su contenido.
- Evaluar la posición, trayecto y diámetro de la tráquea junto con sus principales bifurcaciones.
- Observar la posición del ápice cardíaco y el mediastino caudal.
- Examinar el tamaño, forma y trayecto de la arteria pulmonar y las arterias y venas pulmonares periféricas.
- Evaluar los pulmones, distribución y patrones pulmonares de alteraciones radiopacas y radiolúcidas.
- Examinar los bordes cardíacos (craneal, caudal, analogía del reloj) para observar cambios en el tamaño de las cámaras del corazón, posiciones o conformación anómalos (Poteet, 2008).

1.2.2. Anatomía radiográfica del corazón

La proyección laterolateral permite la diferenciación del corazón derecho e izquierdo debido a la anatomía del órgano dentro de la cavidad torácica, esto es porque el corazón se encuentra ligeramente rotado sobre el eje base ápex. De esta forma, en la silueta cardíaca observada en la proyección laterolateral, el corazón derecho con su aurícula y ventrículo se observan en la parte craneal y, el corazón izquierdo, en la parte caudal de la silueta. Las cámaras del corazón pueden ser identificadas y delimitadas aproximadamente si se realizan dos líneas imaginarias en la silueta obtenida. Si se traza una línea desde la carina hasta el ápex del corazón, dividiéndolo por la mitad, se diferencia el corazón derecho más craneal y el izquierdo más caudal. Además, si se

traza una segunda línea perpendicular a la anterior desde la pared ventral de la vena cava caudal, se divide el corazón en aurículas y ventrículos, encontrándose las dos aurículas dorsales a los ventrículos (Fig. 13). En la parte dorsal de la silueta cardiaca, también se encuentran la arteria y vena pulmonar, la vena cava craneal, la vena cava caudal y el arco aórtico, no solo las aurículas (Poteet, 2008).

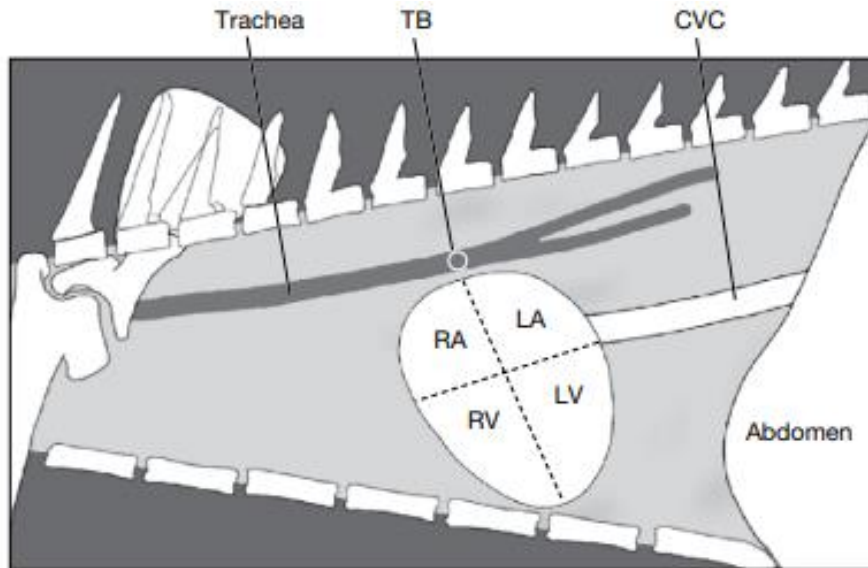


Figura 13: Esquema de la división de las cuatro cámaras cardíacas en una radiografía lateral de tórax siendo RA aurícula derecha; LA aurícula izquierda; RV ventrículo derecho; LV ventrículo izquierdo. Además, aparecen señaladas la Tráquea, la carina o TB (Traqueal bifurcation) y la vena cava caudal o CVC (Poteet, 2008).

Al examinar el corazón en una radiografía de tórax es imprescindible valorar el tamaño y conformación de las cámaras que forman el órgano. Para ello, se solía tomar como referencia el tamaño del corazón en su punto más ancho, que es la línea perpendicular al eje base-ápex y a la altura de la vena cava caudal. Se tomaba como referencia que este tamaño debía ser entre 2,5 a 3,5 espacios intercostales. Sin embargo, este método no era del todo fiable, ya que dependiendo de el tipo de tórax, fase de respiración, superposición de las costillas y desviaciones en el eje del corazón, este parámetro podía variar sin ser necesariamente una cardiomegalia (Buchanan y Bücheler, 1995).

Para evitar este problema aparecieron varias proporciones corazón/esqueleto, destacando el ratio tamaño del corazón con la longitud vertebral, porque ambos son medibles en una misma radiografía y existe una buena correlación entre la longitud cardiaca y el tamaño del cuerpo del animal. Para medir el tamaño del corazón, se mide en primer lugar la longitud del eje largo que va desde la parte ventral del bronquio izquierdo principal, o la carina, hasta el ápex del corazón. Después, se mide la longitud del eje corto que es perpendicular al otro eje y se mide desde la vena cava (Fig. 14). Estas medidas obtenidas, se trasladan a la columna vertebral y, desde la

parte craneal de la cuarta vértebra torácica, se mide el número de vértebras por las que pasan las mediciones obtenidas. A esta proporción se le llama Índice de Buchanan o Vertebral Heart Score (VHS). El VHS fisiológico se encuentra entre 8,5 y 10,5 (Buchanan y Bücheler, 1995).

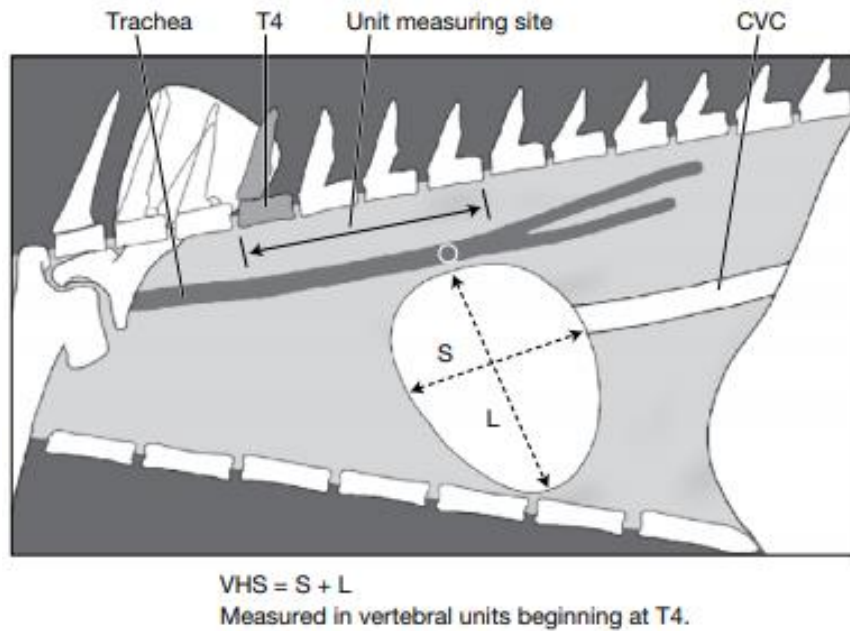


Figura 14: Esquema de un Índice de Buchanan o Vertebral Heart Score (VHS) realizado en una radiografía lateral de tórax. También se señala donde se debe colocar la línea obtenida (S y/o L) que es en la parte craneal de la vértebra T4 (Poteet, 2008).

En la proyección dorsoventral o ventrodorsal del tórax del animal, se observa el corazón con forma ovoide y con el ápice del corazón rotado unos 30° hacia la izquierda del animal. Debido a la rotación del eje principal del corazón, las cámaras derechas están orientadas hacia craneal y a la derecha, mientras que las cámaras izquierdas están orientadas hacia caudal y a la izquierda del animal (Poteet, 2008). En esta proyección, se utiliza la analogía del reloj (Fig. 15) para situar las diferentes cámaras y estructuras que son posibles ver en la radiografía. De esta forma, de 11 a 1 se encuentra el cayado aórtico; de 1 a 2 está la arteria pulmonar; de 2 a 3 se encuentra la aurícula izquierda que normalmente está superpuesta por el ventrículo izquierdo; de 3 a 5 está el resto del ventrículo izquierdo; de 5 a 9 se localiza el ventrículo derecho; de 9 a 11 está, finalmente, la aurícula derecha (Kealy, McAllister y Graham, 2011b).

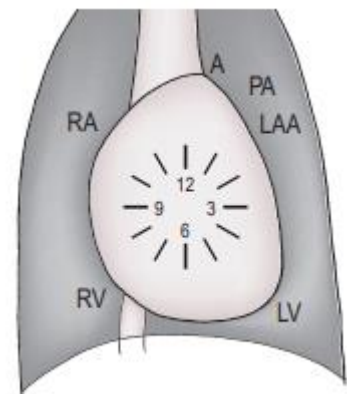


Figura 15: Esquema de la analogía del reloj en una radiografía ventrodorsal donde A es cayado aórtico; PA arteria pulmonar; LAA aurícula izquierda; LV ventrículo izquierdo; RV ventrículo derecho; RA aurícula derecha (Dennis et al., 2010)

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En los últimos años, la esperanza de vida de los perros domésticos se ha visto alargada. Por este motivo, cada vez son más frecuentes las patologías asociadas a la edad como, por ejemplo, las patologías cardíacas. Si a esto le añadimos las patologías cardíacas congénitas existentes, es necesario que los veterinarios clínicos sean capaces de diagnosticar estos problemas. Con esto en mente, se ha realizado el presente trabajo con un objetivo general, que sería el conocer las patologías cardíacas más frecuentes en los perros domésticos.

Los objetivos específicos serían:

- Comprender los aspectos fundamentales de la electrocardiografía para ser capaz de interpretar un ECG de forma autónoma.
- Determinar a través de un amplio número de ECG cuales son los hallazgos electrocardiográficos patológicos más frecuentes en la clínica.
- Repasar los principales signos de patología cardíaca y respiratoria en las radiografías de tórax.
- Descubrir los hallazgos radiológicos más comunes en radiografías de tórax realizadas en la consulta clínica.

4. METODOLOGÍA

La metodología seguida para realizar este trabajo de fin de grado ha sido, por un lado, la búsqueda de información de artículos científicos, capítulos de libros de texto y revistas científicas y de difusión mediante motores de búsqueda científicos especializados como: PubMed, ScienceDirect, World of Science, etc. Esta búsqueda ha ido orientada a respaldar mediante información científica consolidada la parte experimental del trabajo.

Por otro lado, los veterinarios Manuel Monzo de la clínica veterinaria CardioCare y Javier Caruncho de la CV Arealonga cedieron desinteresadamente un total de 716 pruebas diagnósticas recogidas durante los últimos 5 años. Es por ello por lo que ha sido posible la obtención de un gran número de electrocardiogramas y radiografías de tórax. Una vez facilitadas las pruebas diagnósticas al alumno, éste ha ido clasificando cada prueba independientemente del diagnóstico realizado por la clínica, obteniendo como resultado un total de 398 electrocardiogramas y 318 radiografías de tórax.

Los electrocardiogramas a estudio se han clasificado en las siguientes categorías:

- Normal
- P ancha
- P pulmonar
- R alta
- QRS ancho
- Q profunda
- S profunda
- ST alterado
- T profunda
- Taquicardia sinusal
- Bradicardia sinusal
- Arritmia sinusal respiratoria
- Fibrilación atrial
- Arritmia ventricular
- Bloqueo auriculoventricular grado I
- Bloqueo auriculoventricular grado II Mobitz I
- Bloqueo auriculoventricular grado II Mobitz II
- Bloqueo auriculoventricular grado III
- Errores y artefactos

Por otro lado, las radiografías de tórax facilitadas han sido examinadas y clasificadas en los siguientes apartados:

- Fallo Cardíaco Congestivo
- Sobrecarga derecha
- Patrón bronquial sin sobrecarga derecha
- Consolidaciones
- Normal

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Electrocardiogramas

Los electrocardiogramas han sido tomados de perros que, inicialmente, presentaban sintomatología clínica o sospecha de padecer una patología cardíaca y, por tanto, estaba justificado el realizar esta prueba diagnóstica o de pacientes sometidos a un control prequirúrgico. Sin embargo, como se verá a continuación, no todos los electrocardiogramas han mostrado una alteración significativa como para poder clasificarse dentro de las categorías arriba referenciadas y se han considerado normales.

Una vez analizado y clasificado todos los electrocardiogramas (398), se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Resultados de la clasificación de los electrocardiogramas. Fuente: propia.

RESULTADOS DE LOS ELECTROCARDIOGRAMAS					
Categoría	Número	Porcentaje	Categoría	Número	Porcentaje
Arritmia ventricular	77	19,3%	Fibrilación atrial	76	19%
Taquicardia sinusal	60	15%	Normal	50	12,6%
Bloqueos auriculoventriculares	46	11,6%	QRS ancho	17	4,3%
Q profunda	16	4%	Arritmia sinusal respiratoria	12	3%
ST alterado	11	2,8%	R alta	7	1,8%
P pulmonar	6	1,5%	Bradicardia sinusal	6	1,5%
T profunda	6	1,5%	Errores y artefactos	5	1,3%
S profunda	3	0,7%	P ancha	0	0%

Estos resultados, se pueden comparar con un estudio realizado por Noszczyk-Nowak (2017) sobre la prevalencia de arritmias en perros. Dicho estudio se hizo sobre un total de 1201 perros referidos para una consulta cardiológica por los siguientes motivos: una cirugía programada, control en razas predisponentes, irregularidades detectadas a la auscultación y sospecha de patología entre 2008 y 2014. A estos perros les realizaron electrocardiogramas y se observó que 726 de los pacientes no mostraban ninguna arritmia, mientras que 475 padecían alguna arritmia patológica. Este estudio determinó que la principal arritmia detectada en perros es la fibrilación auricular con una prevalencia del 13,5% del total de perros examinados y de un 33,7% de los perros que padecían alguna arritmia patológica. Seguidamente, la segunda arritmia más prevalente en perros fueron las arritmias ventriculares con un 11,2% del total y el 28% de los perros que presentaban una arritmia patológica. Las siguientes arritmias fueron: las pausas sinusales con un 11% y un 27,6%, las arritmias supraventriculares con un 9,6% y un 24%, y los bloqueos auriculoventriculares constituyeron un 9,2% y 22,95% respectivamente (Noszczyk-Nowak *et al.*, 2017).

Comparando los resultados de este estudio con los resultados obtenidos, se observa que el número de electrocardiogramas clasificados como “normales” es mucho mayor en el estudio de Noszczyk-Nowak porque no solo se realizaron los electrocardiogramas a pacientes con sospecha de padecer una patología cardíaca como en el presente trabajo. Por otro lado, las arritmias más

prevalentes detectadas en dicho estudio fueron la fibrilación atrial y las arritmias ventriculares y, en el presente trabajo, las dos más prevalentes son esas mismas categorías, aunque se han detectado más arritmias ventriculares que fibrilación atrial. Sin embargo, la diferencia entre las dos arritmias más prevalentes es de un solo caso. Asimismo, las siguientes arritmias más prevalentes en el estudio de Noszczyk-Nowak fueron las pausas sinusales que no se han contemplado en este trabajo, las arritmias supraventriculares donde podríamos introducir las taquicardias sinusales clasificadas en este estudio y, finalmente, los bloqueos auriculoventriculares. Por tanto, se puede afirmar que ambos estudios obtuvieron unos resultados relativamente similares en función al volumen de electrocardiogramas tomados.

Observando los resultados obtenidos, se puede afirmar que los signos más comunes detectados en electrocardiogramas realizados en perros son: la fibrilación atrial, la arritmia ventricular y los bloqueos auriculoventriculares. Los electrocardiogramas clasificados como “Normales” y “Taquicardia sinusal” no se incluyen dentro de estos signos a destacar ya que no se van a considerar signos patológicos. Los clasificados como “Normales” porque no presentan ningún aspecto patológico, y los clasificados como “Taquicardia sinusal” porque, si no aparece ningún otro signo en el mismo electrocardiograma, se considera una taquicardia sinusal provocada por el estrés del animal al estar en la clínica veterinaria, someterse a la prueba diagnóstica y, en general, sufrir algún tipo de estrés que le provoque esa taquicardia que remitirá. Aunque también puede deberse a la presencia de dolor (Mellema, 2015).

Una vez identificados los principales signos patológicos que padecen los perros, se procede a entrar en más detalle de estos para que el veterinario clínico tenga la información adecuada para enfrentarse a estos peligros ya que serán los que más se encuentre en su vida laboral.

5.1.1 Arritmia ventricular

Las arritmias ventriculares son aquellas que tienen su origen en los ventrículos, aquí se incluyen los complejos ventriculares prematuros, la taquicardia y la fibrilación ventriculares (Santamarina Pernas, Torío Álvarez y Suárez Rey, 1998).

Los complejos ventriculares prematuros o extrasístoles ventriculares son despolarizaciones prematuras que se originan en los ventrículos y que suelen originarse bien en el ventrículo izquierdo o bien, en el derecho. De esta forma, los ventrículos no son estimulados simultáneamente y el impulso eléctrico es conducido por los mismos en una dirección anormal, produciendo un complejo QRS mucho más ancho que los complejos QRS normales (Fig. 15). A veces, estos complejos aberrantes van precedidos de una onda P sinusal, antes de que aparezca

el complejo QRS normal. En cambio, otras veces aparece una onda P invertida, es decir, siguiendo el impulso que proviene de los ventrículos y que va en dirección contraria a la normal.

Por otra parte, estas extrasístoles ventriculares pueden aparecer aisladas, o a una frecuencia constante. Si el corazón sigue un ritmo constante de un latido normal seguido por un complejo ventricular prematuro y vuelta a empezar, se llama bigeminismo (Fig. 16). Si en lugar de un latido normal y uno ectópico suceden dos latidos normales y uno ectópico se trata de trigeminismo y, si son tres latidos normales y una extrasístole, se trata de cuadrigeminismo. Además, después de producirse una extrasístole ventricular suele haber una pausa compensatoria entre la extrasístole y el siguiente complejo QRS normal que suele ser el doble de un intervalo P-P normal. Esta pausa también se llama pausa compensatoria completa. Las consecuencias clínicas de estos escapes ventriculares pueden ser desde no suponer ninguna relevancia clínica a suponer un problema severo para la salud llegando a provocar la muerte súbita en los peores casos (Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2012).

Además de los ritmos de escape ventricular, nos encontramos en esta categoría con la taquicardia ventricular. Para que se considere que un perro padece una taquicardia ventricular, su frecuencia debe ser superior a 150-180 latidos por minuto, que es la frecuencia sinusal que estos animales pueden alcanzar. En el electrocardiograma se observarán complejos QRS anchos propios de las extrasístoles ventriculares a una elevada frecuencia (Fig. 17). Existen dos tipos de taquicardias ventriculares dependiendo del tiempo que duren las crisis de taquicardia ventricular, si es menor a 30 segundos, es una taquicardia no sostenida y, si es una taquicardia que, con una duración superior a 30 segundos, hablamos de una taquicardia sostenida. La primera no suele tener consecuencias clínicas por su corta duración, en cambio, la segunda es más peligrosa porque puede ocasionar incluso la muerte súbita del animal (Pariat, 2015).



Figura 16: Electrocardiograma en la derivación II donde se observan extrasístoles ventriculares (elipse) y bigeminismo. Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.



Figura 17: Electrocardiograma en la derivación II donde se observa una taquicardia ventricular. Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.

Finalmente, dentro de las arritmias ventriculares, se encuentra la fibrilación ventricular. La fibrilación ventricular se caracteriza por despolarizaciones desorganizadas e incoordinadas a nivel de los ventrículos con la pérdida de la contracción organizada, es por ello que, la fibrilación ventricular es casi siempre un suceso terminal asociado con paro cardiaco (Martin, 2002; Goldberger, Goldberger y Shvilkin, 2012).

5.1.2. Fibrilación atrial

La fibrilación atrial es una arritmia común en el perro caracterizada por la falta de ondas P y una elevada frecuencia ventricular (Tilley *et al.*, 2015). A consecuencia de esto, no aparecen ondas P en el electrocardiograma, solo ondas fibrilatorias irregulares llamadas “ondas F” (Fig. 18). Estas ondas tienen como característica una amplitud baja y la línea basal aparece con ondulaciones. Estas ondas F son la representación electrocardiográfica de unas contracciones incoordinadas generalizadas en las aurículas que, a la larga, van a producir una degeneración del músculo, dando paso a fibrosis y pérdida de su masa muscular (do Vale Madeiro *et al.*, 2019). Por otro lado, debido al gran número de impulsos que llegan al nódulo auriculoventricular, este se encuentra refractario y no se transmiten todos los impulsos hacia los ventrículos. Aún así, la frecuencia ventricular se encuentra elevada y las contracciones ventriculares son irregulares (Tilley *et al.*, 2015). Una vez el impulso ha llegado a los ventrículos, este se transmite de forma normal, formando complejos QRS y ondas T de una morfología fisiológica porque el sistema de conducción del impulso de los ventrículos es normal. Sin embargo, puede darse que, debido a la presencia de las ondas F, sea difícil diferenciar las ondas T porque pueden estar enmascaradas (do Vale Madeiro *et al.*, 2019).

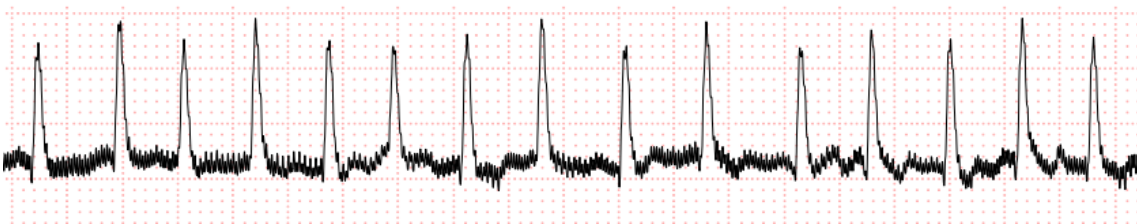


Figura 18: Imagen de un ECG con fibrilación atrial en la derivación II. Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.

La fibrilación atrial puede ser debida a tres posibles mecanismos que hacen que se presente esta patología:

1. Un foco ectópico el cual se despolariza rápidamente y que se propaga irregularmente por toda la aurícula dependiendo de la capacidad del resto del órgano para transmitir este impulso.
2. Un circuito que se vuelve a despolarizar rápidamente y que hace que el tejido adyacente también se estimule.
3. Varios circuitos que se vuelven a despolarizar rápidamente.

El aumento de la actividad ectópica en las aurículas se ve favorecida por la inflamación miocárdica y varios tipos de estrés que despolarizan las células que se encuentran en reposo hacia el umbral. Para que se produzca una nueva despolarización, es necesario que el músculo cardíaco vuelva a ser excitable, es decir, se haya recuperado de la despolarización anterior. Este tiempo que transcurre entre dos despolarizaciones se llama "periodo refractario". Los factores que favorecen la aparición de una nueva despolarización son aquellos que acorten el periodo refractario, los que enlentecen la conducción o los que agrandan el corazón (Brundel *et al.*, 2005).

Las causas de la fibrilación atrial pueden ser las siguientes:

- Daño estructural cardíaco como: valvulopatías avanzadas, cardiomiopatía dilatada, neoplasia atrial o enfermedades cardíacas congénitas.
- Fibrilación atrial aislada, la cual ocurre en perros de raza grande sin que exista daño estructural cardíaco.
- Otras causas extra cardíacas tales como: dilatación gástrica, vólvulo intestinal u otras patologías que alteren el tono vagal del animal, genéticas.
- Inducido por fármacos (por ejemplo, la digoxina) (Tilley *et al.*, 2015).

Consecuencias clínicas de la fibrilación atrial:

En pacientes con fibrilación atrial y un sistema de conducción normal, el nódulo auriculoventricular hace la función de filtrar la frecuencia de impulsos que llegan a los ventrículos y así evitar una frecuencia ventricular elevada. El principal mecanismo que limita la conducción auriculoventricular es el período refractario del propio nódulo. Sin embargo, estos numerosos impulsos que no se conducen a los ventrículos y son filtrados por el nódulo, afectan a su periodo refractario, de modo que se retrasa o incluso bloquea los latidos normales del corazón.

Este hecho acaba provocando que se instaure un ritmo ventricular independiente de las despolarizaciones de las aurículas. Dicho ritmo, sin embargo, no es constante a lo largo del día, si no que las fluctuaciones en los tonos simpático y parasimpático influyen en la frecuencia ventricular durante el ciclo diurno y durante el ejercicio, siendo mayor cuando aumenta el tono simpático. Además, se pueden utilizar fármacos como los digitálicos que disminuyen la frecuencia ventricular durante el ciclo diurno controlando la frecuencia cardiaca en reposo. Por otro lado, se pueden utilizar β -bloqueantes y bloqueadores de los canales del calcio que reducen la frecuencia ventricular tanto en reposo como en ejercicio (Camm *et al.*, 2010).

Otras consecuencias clínicas de la fibrilación atrial son los cambios hemodinámicos, es decir, la cantidad de sangre bombeada por el corazón será menor debido a que existen una serie de factores que afectan a la función hemodinámica causados por la fibrilación auricular instaurada, como son:

- Pérdida de la contracción auricular coordinada.
- Elevada frecuencia ventricular.
- Irregularidad de la respuesta ventricular.
- Disminución del flujo sanguíneo del músculo cardíaco.
- Alteraciones a largo plazo como cardiomiopatías de las aurículas y los ventrículos.

Una pérdida aguda de la coordinación mecánica del músculo auricular cuando se instaura la fibrilación atrial disminuye de un 5 a 15% el rendimiento cardíaco. Una elevada frecuencia ventricular limita el llenado de estos debido a que la diástole está acortada. Además, una irregularidad de la contracción ventricular puede producir también una disminución del rendimiento cardíaco ya que esta variabilidad entre las contracciones supone también una variabilidad de la fuerza de los latidos cardiacos, llegando en algunos casos a un déficit de pulso. Una frecuencia ventricular mantenida de 120-130 latidos por minuto puede llegar a producir taquicardiomiopatía ventricular (Camm *et al.*, 2010).

5.1.3. Bloqueos auriculoventriculares

Los bloqueos auriculoventriculares son una arritmia relativamente común que resultan de irregularidades en el sistema de conducción a través del nódulo auriculoventricular, el haz de His-fibras de Purkinje, o ambas (Santilli *et al.*, 2016). Para la correcta funcionalidad del corazón se necesita cierto retraso en la conducción auriculoventricular que permita a los ventrículos relajarse antes de la siguiente contracción atrial. Un bloqueo auriculoventricular se define como el aumento del retraso o la interrupción de la conducción del impulso y que ocurre normalmente en el nódulo auriculoventricular. La transmisión del impulso y el control auriculoventricular de

la conducción del mismo está determinado por varios factores, tanto morfológicos como funcionales, como son las características del potencial de acción, las uniones celulares y la inervación autónoma (Blank, Loh y Vos, 2014). Los perros con irregularidades en la conducción del nódulo auriculoventricular pueden permanecer asintomáticos o padecer algunos síntomas clínicos como el síncope y muerte súbita secundaria a bradicardia, arritmias ventriculares o ambas.

Dentro de los bloqueos auriculoventriculares se encuentran: los bloqueos auriculoventriculares de primer grado (I), de segundo grado (II) y dentro de estos los Mobitz I y II, y de tercer grado (III). Los bloqueos auriculoventriculares de segundo y tercer grado son las indicaciones más comunes para implantar un marcapasos en perros (Santilli *et al.*, 2016).

5.1.3.1. Bloqueo auriculoventricular de grado I

Este tipo de bloqueo se caracteriza por la dificultad del impulso iniciado en las aurículas para llegar a los ventrículos y se refleja en el electrocardiograma como un retraso prolongado entre la despolarización de las aurículas y la de los ventrículos. El intervalo P-R es mayor a 0,2 segundos en todos los latidos (Fig. 19) (do Vale Madeiro *et al.*, 2019). En el electrocardiograma normal, los rangos del intervalo P-R van desde los 0,12 hasta los 0,20 segundos. Los pacientes asintomáticos que presenten esta arritmia no necesitan tratamiento, aunque sí un seguimiento para detectar una progresión o si evoluciona a un bloqueo auriculoventricular de mayor grado (Blank, Loh y Vos, 2014).

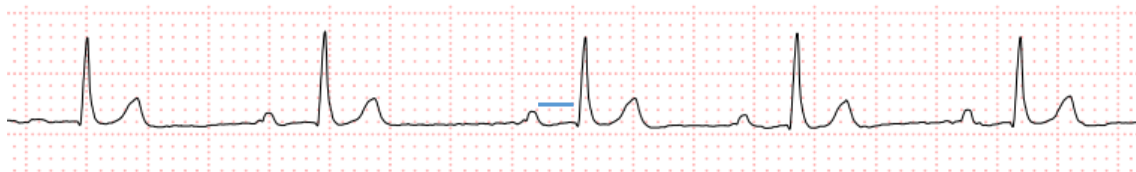


Figura 19: Electrocardiograma con un bloqueo auriculoventricular de grado I en la derivación II. La duración del intervalo PR es de 0,6 segundos (línea azul). Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.

5.1.3.2. Bloqueo auriculoventricular de grado II

En el bloqueo de grado II el impulso iniciado en la aurícula no consigue avanzar hasta los ventrículos en todos los latidos. Esto es debido a un fallo en la conducción del impulso del nódulo auriculoventricular. En el electrocardiograma se observa como alguna onda P no es seguida por ningún complejo QRS. El bloqueo auriculoventricular de grado II se divide, a su vez en otras dos formas (do Vale Madeiro *et al.*, 2019):

- Mobitz Tipo I: Electrocardiográficamente, este bloqueo se caracteriza por una prolongación progresiva de los intervalos P-R con un acortamiento gradual de los intervalos R-R y la aparición de una onda P no seguida por un complejo QRS, se produce el bloqueo auriculoventricular. El intervalo R-R que abarca la pausa, no debe ser superior al doble de un intervalo P-P, y el primer impulso atrial transmitido presenta un intervalo P-R más corto de lo normal (Fig. 20) (Blank, Loh y Vos, 2014).

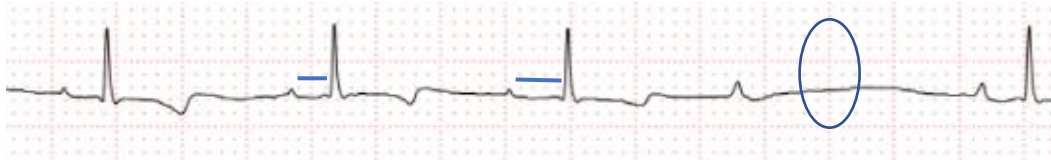


Figura 20: Electrocardiograma con un bloqueo auriculoventricular grado II Mobitz I en la derivación II. Hay una prolongación de los intervalos P-R (líneas azules) y una onda P no seguida de un complejo QRS (elipse azul). Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.

- Mobitz Tipo II: En este tipo de bloqueo se produce un fallo repentino de la transmisión del impulso hacia los ventrículos y que no es precedido por un alargamiento en el intervalo P-R (Fig. 21). Además, el intervalo RR que abarca la pausa de complejos QRS será igual a dos intervalos P-P. Si dos o más impulsos atriales normales no llegan a alcanzar los ventrículos, pero algunos complejos QRS sí que están precedidos por ondas P, significa que hay presente un bloqueo auriculoventricular de mayor importancia (Blank, Loh y Vos, 2014).

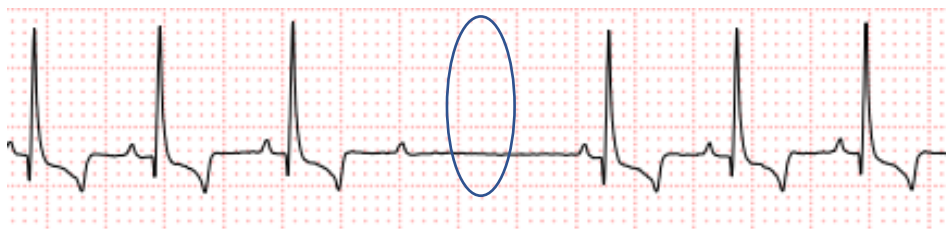


Figura 21: Electrocardiograma con un bloqueo de grado II Mobitz II en la derivación II. Se observa una onda P no seguida de un complejo QRS sin una prolongación de los intervalos P-R. Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.

5.1.3.3. Bloqueo auriculoventricular de grado III

En el bloqueo auriculoventricular de grado III no es posible la conducción del impulso desde las aurículas hacia los ventrículos y todos estos impulsos son detenidos en algún punto del eje de conducción atrioventricular. Para un correcto diagnóstico de esta arritmia es necesario tomar largos tiempos de electrocardiograma. El sitio del bloqueo puede ser el nódulo auriculoventricular, el haz de His o sus ramas. A menudo, aparece un foco ectópico distal al bloqueo que toma el control y hace de marcapasos llevando un ritmo de “escape”. Si este foco

se encuentra cerca del nódulo AV, los complejos QRS serán estrechos, mientras que si se encuentra distal al nódulo los complejos QRS serán más anchos. También, el lugar del foco ectópico va a marcar la sintomatología que presente el paciente, pudiendo ser asintomático si se encuentra cerca del nódulo o síntomas de síncope o incluso muerte súbita si se encuentra distal al nódulo (Blank, Loh y Vos, 2014). En este escenario, el nódulo sinusal seguirá despolarizándose y enviando impulsos hacia el nódulo auriculoventricular, pero éste no se transmitirá hacia los ventrículos y se originará un ritmo y frecuencia de escape iniciado en algún punto de los ventrículos y, normalmente, con una frecuencia entre 40 y 55 latidos por minuto (Fig. 22) (do Vale Madeiro *et al.*, 2019).



Figura 22: Electrocardiograma con un bloqueo auriculoventricular de grado III en derivación II. Se observan ondas P sin complejos QRS que les sigan y un ritmo ventricular independiente. Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.

5.2. Radiografías de Tórax

Las radiografías de tórax son de pacientes con sospecha de patología cardiaca, respiratoria o sometidos a un examen prequirúrgico. En este caso, también ha habido casos en los que, tras examinar detenidamente la radiografía, se ha determinado que no había ningún signo relevante que indicara patología y se ha clasificado como normal.

Una vez examinado todas las radiografías (318), se obtuvieron los siguientes resultados reflejados en la tabla 2.

Tabla 2: Resultados de la clasificación de las radiografías de tórax. Fuente: propia.

RESULTADOS DE LAS RADIOGRAFÍAS DE TÓRAX		
Categoría	Número	Porcentaje
Sobrecarga derecha	180	56,6%
Fallo Cardíaco Congestivo (FCC)	66	20,7%
Consolidaciones	42	13,2%
Patrón bronquial sin sobrecarga derecha	22	6,9%
Normales	8	2,5%

Analizando los resultados que se muestran en la tabla anterior, se puede determinar que el signo radiológico más común encontrado es el de sobrecarga derecha, seguido por el fallo cardíaco

congestivo y las consolidaciones. Sin embargo, estos datos no corresponden con diversos estudios que afirman que la válvula mitral suele ser la válvula más afectada por valvulopatías y provocan un agrandamiento de las cámaras izquierdas del corazón que, eventualmente, dan lugar a fallo cardíaco congestivo (Carlsson *et al.*, 2009; Fox, 2012). La válvula mitral suele estar afectada en un 62% de las veces que existe una valvulopatía, en un 32,5% se encuentran la válvula mitral y la tricúspide afectadas, y en un 1,3% se encuentra afectada únicamente la tricúspide. Por lo tanto, una cardiomegalia del lado derecho del corazón por causa exclusivamente cardíaca, es muy poco común (Fox, 2012) y no concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo. No obstante, la causa cardíaca no es la única que provoca una cardiomegalia del lado derecho, de hecho, la causa más común de sobrecarga derecha es la hipertensión pulmonar (Naeije *et al.*, 2018). Entre las causas que producen hipertensión pulmonar, destacan: la valvulopatía de la válvula mitral, neumonías crónicas, dirofilariasis, fibrosis intersticial pulmonar, etc. (Kellihan y Stepien, 2015).

Teniendo en cuenta estos últimos datos sobre la cardiomegalia izquierda y derecha, hay que preguntarse porque existe esta gran diferencia entre la bibliografía y los resultados obtenidos en este trabajo. En teoría, se deberían haber obtenido un mayor número de placas de tórax clasificadas como fallo cardíaco congestivo o cardiomegalia izquierda, puesto que es la cardiomegalia que más se detecta en los perros. Entonces, el elevado número de placas clasificadas como sobrecarga derecha debe ser por un sobrediagnóstico de cardiopatía cuando, en realidad, hay un problema de tipo respiratorio. En este trabajo solo se han examinado las radiografías cedidas por las diferentes clínicas, con independencia del caso clínico y su sintomatología, así que no se pueden hacer más conjeturas.

Una vez detectados los principales problemas detectados en estas pruebas diagnósticas, se procede a profundizar más en cada categoría para sirva de guía al veterinario clínico ya que serán signos que se encontrará en su vida laboral con elevada frecuencia.

5.2.1. Sobrecarga derecha

La sobrecarga derecha está caracterizada, principalmente, por el agrandamiento del ventrículo derecho, la aurícula derecha no suele verse afectada. Dicho aumento de tamaño es causado como una respuesta al aumento de la poscarga debido a la estenosis de la arteria pulmonar o al aumento de la hipertensión pulmonar y que provoca una cardiopatía dilatada mayoritariamente (Bahr, 2018). Para poder determinar que existe un aumento del corazón, se debería realizar un vertebral heart score (VHS) o índice de Buchanan como se ha explicado anteriormente (Buchanan y Bücheler, 1995). El ventrículo derecho está en contacto con el esternón y, en la

proyección laterolateral, se puede ver el contacto con un mayor número de esternebras, el corazón aparece “recostado” sobre el esternón (Fig. 23). Fisiológicamente, la silueta cardiaca de los perros está en contacto con el esternón durante 2,5 a 3 espacios intercostales de media, mientras que, si hay una dilatación del ventrículo derecho, el número de espacios intercostales subirá a más de 3, aunque hay que tener en cuenta la variabilidad de formas de tórax que hay entre las diferentes razas de perros. Además, en la proyección lateral se puede llegar a observar que el ápice del corazón está desplazado hacia dorsal.

Por otro lado, en la proyección ventrodorsal o dorsoventral, la dilatación del ventrículo derecho se observa que este está más redondeado y desplazado hacia el hemitórax derecho, dando el aspecto de una letra “D” invertida más acusado (Fig. 24) (Bahr, 2018).

Además, en la radiografía de la sobrecarga derecha, como hecho que constata la presencia de hipertensión pulmonar, se puede observar en el pulmón un patrón bronquial. Este patrón se caracteriza por la aparición de anillos o “dónuts” con cierta radioopacidad en la pared con el centro negro, es decir, la pared del bronquio se ve engrosada o llena de líquido o celularidad que provoca un aumento de la opacidad de este haciéndose más visibles a la radiografía (Fig. 23). El centro negro que se observa es el aire en el interior del bronquio. En una radiografía de un pulmón sano, pueden aparecer algunos dónuts, pero si el número es muy elevado ya se puede considerar un patrón bronquial (Bahr, 2018).

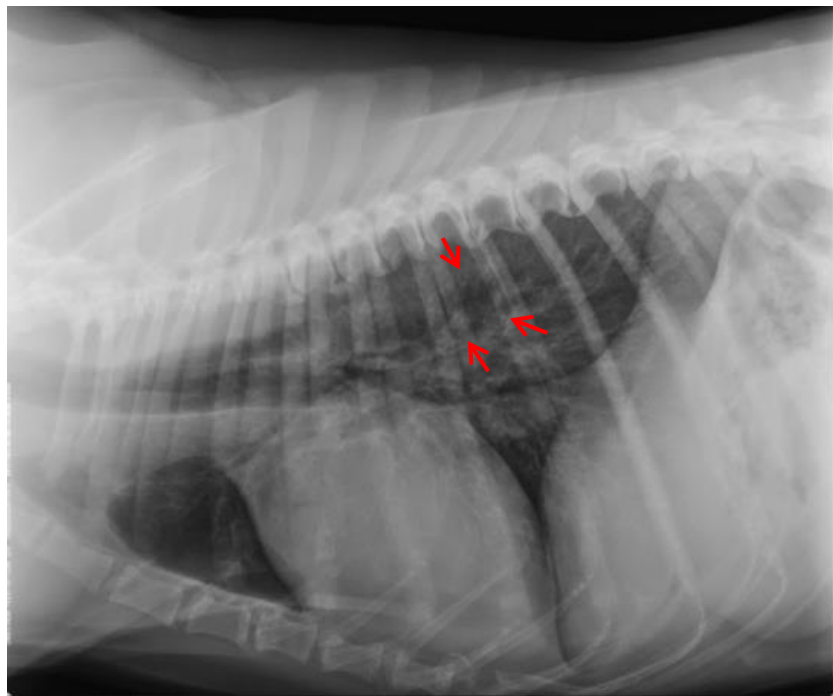


Figura 23: Proyección laterolateral de una radiografía de tórax con sobrecarga derecha y patrón bronquial (flechas rojas). Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.



Figura 24: Proyección ventrodorsal de una radiografía de tórax con sobrecarga derecha, forma de "D" invertida y desplazamiento hacia el hemitórax derecho. Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.

5.2.2. Fallo Cardíaco Congestivo

El fallo cardíaco congestivo o insuficiencia cardíaca, es la principal causa de agrandamiento de la aurícula izquierda en perros, principalmente por la insuficiencia de la válvula mitral. Este agrandamiento es casi siempre causado por una dilatación, hipertrofia dilatada de la aurícula. En la proyección lateral, se ve un cambio en la cara caudodorsal de la silueta cardíaca, en vez de dirigirse hacia la carina, se dirige más hacia dorsal. Este agrandamiento también provoca un desplazamiento hacia dorsal de la bifurcación traqueal, produciendo que esta vaya paralela a la columna vertebral (Fig. 25). En la vista ventrodorsal o dorsoventral, se observa una región mayor opacidad superpuesta sobre la silueta cardíaca (Fig. 26). Si el fallo cardíaco congestivo se vuelve crónico, el ventrículo izquierdo también se verá afectado y se empezaran a producir cambios radiológicos en la estructura del mismo. El ventrículo se verá agrandado como resultado de una hipertrofia dilatada como pasaba en la aurícula y va a provocar un desplazamiento dorsal de toda la tráquea torácica que la acercará hacia la columna vertebral. La dilatación del ventrículo izquierdo puede dar la sensación de que nos encontramos ante una cardiomegalia generalizada en la proyección laterolateral. En cambio, en la proyección ventrodorsal o dorsoventral, el ápex cardíaco aparece más ovalado y el lugar ocupado por el ventrículo izquierdo, en la analogía del reloj de 3 a 5, aparece más redondeado (Bahr, 2018). Una vez detectados cambios radiográficos en la silueta cardíaca, es decir existe remodelación, nos encontramos ante un estadio B2 de fallo cardíaco congestivo. Esta patología se clasifica en los grupos A, B1, B2, C y D, donde A son los pacientes sanos, pero con predisposición a padecer fallo cardíaco congestivo como algunas

razas; en el estadio B nos encontramos a pacientes con diagnóstico evidente de esta patología, siendo B1 pacientes sin remodelación cardíaca y B2 pacientes con remodelación cardíaca; posteriormente está el estadio C que son los pacientes con remodelación cardíaca y, además, con signos clínicos de padecer fallo cardíaco congestivo; y finalmente el estadio D que presente signos clínicos graves incluso en reposo. En esta patología, se aumenta la presión de las venas intrapulmonares llegando a producir edema pulmonar o efusión pleural. Los signos clínicos asociados son, intolerancia al ejercicio, tos, disnea y en los casos más avanzados, síncope (Oyama, 2015).



Figura 25: Proyección laterolateral de una radiografía de tórax con agrandamiento del corazón izquierdo y desplazamiento dorsal de la tráquea. Fuente: cedida por clínica veterinaria al autor.



Figura 26: Proyección dorsoventral de una radiografía de tórax donde se observa una región con opacidad de tejido blando superpuesta a la silueta cardíaca (flechas negras) (Bahr, 2018).

6. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS

Conclusiones.

- ❖ Los principales parámetros a la hora de examinar un electrocardiograma son la frecuencia cardíaca, el origen y la conducción del impulso, la morfología y periodicidad de las ondas, ausencia de complejos y medición de intervalos.
- ❖ Los hallazgos electrocardiográficos patológicos más frecuentes son las arritmias ventriculares, la fibrilación atrial y los bloqueos auriculoventriculares.
- ❖ Los signos radiológicos más importantes a la hora de analizar una radiografía de tórax para la determinación de patología cardíaca son: el tamaño del corazón y de sus cámaras haciéndonos servir del Vertebral Heart Score, la posición de la tráquea con respecto a la columna vertebral y los patrones pulmonares.
- ❖ El hallazgo patológico más común detectado en radiografías de tórax de pacientes cardíacos es la sobrecarga derecha, por lo que las enfermedades respiratorias podrían estar infradiagnosticadas.
- ❖ El patrón bronquial es el signo respiratorio más común encontrado en radiografías de tórax de pacientes supuestamente con patología cardíaca.
- ❖ La cardiomiopatía dilatada es la patología cardíaca más frecuente en perros, puesto que se han clasificado un gran número de radiografías con algún tipo de cardiomegalia y, además, la fibrilación auricular, uno de los principales hallazgos electrocardiográficos, puede tener su causa en una cardiomiopatía dilatada.

Conclusions.

- ❖ The principal parameters used to examine an electrocardiogram are the beats per minute, the origin and conduction of the impulse, morphology and periodicity of the waves, the lack of any complexes and the measurement of the intervals.
- ❖ The most frequent pathological signs in electrocardiograms are ventricular arrhythmia, atrial fibrillation and atrioventricular block.
- ❖ The most important radiological signs in thorax radiography to determine heart disease are: the size of the heart using the Vertebral Heart Score, the situation of the trachea in relation to the vertebral column and the lung patterns.
- ❖ The right heart cardiomegaly is the most common radiographic sign in thorax radiography in patients with heart disease, so maybe the respiratory diseases are infradiagnosed.

- ❖ The bronchial pattern is the respiratory sign observed more frequently in thorax radiography in patients with reportedly cardiac disease.
- ❖ The dilated cardiomyopathy is the most frequent cardiac pathology in dogs. A great number of radiography with dilated cardiomyopathy has been detected, and the atrial fibrillation, one of the ECG category with a great number of electrocardiograms in it, can be caused by dilated cardiomyopathy.

7. VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este trabajo me ha permitido ampliar mis conocimientos en el campo de la cardiología veterinaria, un área de trabajo que me interesó desde el primer momento que la estudié. Además, he podido adquirir una experiencia y una habilidad a la hora de interpretar estas pruebas diagnósticas como son el electrocardiograma y las radiografías de tórax, que de otra forma no hubiera sido posible conseguir. Después de este trabajo, me siento mucho más seguro de mí mismo y contento por poder analizar correctamente estas pruebas tan utilizadas en la clínica diaria de pequeños animales. Además, he aprendido a realizar una búsqueda bibliográfica a través de los distintos motores de búsqueda que seguro voy a necesitar en un futuro no muy lejano.

Por último, quería agradecer a mis tutores Javier y Pablo por todo lo que me han enseñado a lo largo de este TFG, ya que conforme realizaba el presente trabajo, sobre todo la parte de clasificación de las pruebas, me surgieron cantidad de dudas que me resolvieron y explicaron. Con toda seguridad, estos conocimientos adquiridos me serán de gran utilidad en mi inminente futuro laboral.

8. AGRADECIMIENTOS

Finalmente, quería agradecer a los veterinarios de las clínicas que nos han cedido todas las pruebas necesarias para la realización de este trabajo y sin las cuales no se podría haber llevado a término: Manuel Monzo (CardioCare) y Javier Caruncho (CV Arealonga).

9. BIBLIOGRAFÍA

Azcona, L. (2009) "El Electrocardiograma", en *Libro de la salud cardiovascular del hospital clínico. San Carlos y la fundación BBVA*. Bilbao, pp. 49-56.

Bahr, R. (2018) "Canine and Feline Cardiovascular System", en *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. 7.^a ed. Elsevier Inc., pp. 684-709. doi:10.1016/B978-0-323-48247-9.00047-4.

Blank, A. C., Loh, P. y Vos, M. A. (2014) "Atrioventricular Block", en *Cardiac Electrophysiology: From Cell to Bedside*. 6.^a ed. Elsevier Inc., pp. 1043-1049. doi:10.1016/B978-1-4557-2856-5.00106-0.

Brundel, B. J. J. M., Melnyk, P., Rivard, L. y Nattel, S. (2005) "The pathology of atrial fibrillation in dogs", *Journal of Veterinary Cardiology*. Elsevier, 7(2), pp. 121-129. doi:10.1016/j.jvc.2005.07.001.

Buchanan, J. W. y Bücheler, J. (1995) "Vertebral Scale system to measure canine heart size in radiographs", *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 206(2), pp. 194-199. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/15448412>.

Camm, A. J., Kirchhof, P., Lip, G. Y. H., Schotten, U., Savelieva, I., Ernst, S., Van Gelder, I. C., Al-Attar, N., Hindricks, G., Prendergast, B., Heidbuchel, H., Alfieri, O., Angelini, A., Atar, D., Colonna, P., De Caterina, R., De Sutter, J., Goette, A., Gorenek, B., Heldal, M., Hohloser, S. H., Kolh, P., Le Heuzey, J. Y., Ponikowski, P., Rutten, F. H., Vahanian, A., Auricchio, A., Bax, J., Ceconi, C., Dean, V., Filippatos, G., Funck-Brentano, C., Hobbs, R., Kearney, P., McDonagh, T., Popescu, B. A., Reiner, Z., Sechtem, U., Sirnes, P. A., Tendera, M., Vardas, P. E., Widimsky, P., Agladze, V., Aliot, E., Balabanski, T., Blomstrom-Lundqvist, C., Capucci, A., Crijns, H., Dahlöf, B., Folliguet, T., Glikson, M., Goethals, M., Gulba, D. C., Ho, S. Y., Klautz, R. J. M., Kose, S., McMurray, J., Perrone Filardi, P., Raatikainen, P., Salvador, M. J., Schalij, M. J., Shpektor, A., Sousa, J., Stepinska, J., Uuetoa, H., Zamorano, J. L. y Zupan, I. (2010) "Guidelines for the management of atrial fibrillation", *European Heart Journal - Cardiovascular Pharmacotherapy*, 12(10), pp. 1360-1420. doi:10.1093/europace/euq350.

Carlsson, C., Häggstrom, J., Eriksson, A., Kvart, C. y Lord, P. (2009) "Size and shape of Right Heart Chambers in Mitral Valve Regurgitation in Small-Breed Dogs", *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 23(5), pp. 1007-1013. doi:10.1111/j.1939-1676.2009.0359.x.

Dennis, R., Kirberger, R. M., Barr, F. y Wirgley, R. H. (2010) "Cardiovascular system", en *Handbook of Small Animal Radiology and Ultrasound*. 2.^a ed. Elsevier Inc., pp. 175-198. doi:10.1016/C2009-0-43690-0.

Fox, P. R. (2012) "Pathology of myxomatous mitral valve disease in the dog", *Journal of Veterinary Cardiology*. Elsevier B.V, 14(1), pp. 103-126. doi:10.1016/j.jvc.2012.02.001.

Goldberger, A. L., Goldberger, Z. D. y Shvilkin, A. (2012) "Ventricular arrhythmias", en *Goldberger's Clinical Electrocardiography A Simplified Approach*. 8.^a ed. Elsevier, pp. 145-158. doi:10.1016/B978-0-323-08786-5.00016-6.

Goldberger, A. L., Goldberger, Z. D. y Shvilkin, A. (2018a) "ECG Leads", en *Goldberger's Clinical Electrocardiography*. 9.^a ed. Elsevier, pp. 21-31. doi:10.1016/b978-0-323-40169-2.00004-4.

Goldberger, A. L., Goldberger, Z. D. y Shvilkin, A. (2018b) "Essential Concepts", en *Goldberger's Clinical Electrocardiography*. 9.^a ed. Elsevier, pp. 2-5. doi:10.1016/b978-0-323-40169-2.00001-9.

Kealy, J. K., McAllister, H. y Graham, J. P. (2011a) "The Radiograph", en *Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat*. 5.^a ed. Elsevier, pp. 1-22. doi:10.1016/b978-1-4377-0150-0.10001-3.

Kealy, J. K., McAllister, H. y Graham, J. P. (2011b) "The Thorax", en *Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat*. 5.^a ed. Elsevier, pp. 199-349. doi:10.1016/b978-1-4377-0150-0.10003-7.

Kellihan, H. B. y Stepien, R. L. (2015) "Pulmonary Hypertension in Dogs : Diagnosis and Therapy", *Veterinary Clinics of NA: Small Animal Practice*. Elsevier Ltd, 40(4), pp. 623-641. doi:10.1016/j.cvsm.2010.03.011.

Martin, M. (2002) "ECG interpretation in small animals 1. Understanding the electricity of the heart.", *In Practice*, 24(3), pp. 114-123. doi:10.1136/inpract.24.3.114.

Mellema, M. S. (2015) "Electrocardiogram evaluation", en *Small Animal Critical Care Medicine*. 2.^a ed. Elsevier Health Sciences, pp. 967-970. doi:10.1016/B978-1-4557-0306-7.00185-9.

Naeije, R., Vanderpool, R., Peacock, A. y Badagliacca, R. (2018) "The Right Heart-Pulmonary Circulation Unit", *Heart Failure Clinics*. Elsevier Inc, 14(3), pp. 237-245. doi:10.1016/j.hfc.2018.02.001.

Noszczyk-Nowak, A., Michałek, M., Kałuża, E., Cepiel, A. y Paśławska, U. (2017) "Prevalence of arrhythmias in dogs examined between 2008 and 2014", *Journal of Veterinary Research (Poland)*, 61(1), pp. 103-110. doi:10.1515/jvetres-2017-0013.

Oyama, M. A. (2015) "Mechanisms of heart failure", en *Small Animal Critical Care Medicine, Second Edition*. 2.^a ed. Elsevier Inc., pp. 205-209. doi:10.1016/B978-1-4557-0306-7.00038-6.

Pariaut, R. (2015) "Ventricular tachyarrhythmias", en *Small Animal Critical Care Medicine*. 2.^a ed.

Elsevier Inc., pp. 255-259. doi:10.1016/B978-1-4557-0306-7.00048-9.

Petrovich, L. K. y Pretorius, E. S. (2011) "Introduction to plain film radiography and fluoroscopy", en *Radiology Secrets Plus*. 3.^a ed. Elsevier Inc., pp. 9-12. doi:10.1016/b978-0-323-06794-2.00001-8.

Poteet, B. A. (2008) "Radiology of the Heart", en *Manual of Canine and Feline Cardiology*. 4.^a ed. Saunders, pp. 24-48. doi:10.1016/B978-1-4160-2398-2.10002-6.

Poteet, B. A. (2015) "Radiology of the Heart", en *Manual of Canine and Feline Cardiology*. 5.^a ed. Elsevier, pp. 25-48.

Santamarina Pernas, G., Torío Álvarez, R. y Suárez Rey, M. L. (1998) "Principios básicos en electrocardiografía veterinaria", *Consulta de Difusión Veterinaria*, 45, pp. 1-34.

Santilli, R. A., Porteiro Vázquez, D. M., Vezzosi, T. y Perego, M. (2016) "Long-term Intrinsic Rhythm Evaluation in Dogs with Atrioventricular Block", *Journal of Veterinary Internal Medicine*. Blackwell Publishing Inc., 30(1), pp. 58-62. doi:10.1111/jvim.13661.

Thrall, D. E. (2018) "Principles of Radiographic Interpretation of the Thorax", en Donald E. Thrall (ed.) *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. 7.^a ed. Elsevier, pp. 568-582. doi:10.1016/b978-0-323-48247-9.00040-1.

Tilley, L. P., Smith, F. W. K., Oyama, M. y Sleeper, M. (2015) "Electrocardiography", en *Manual of Canine and Feline Cardiology*. 5.^a ed. Elsevier, pp. 49-76.

do Vale Madeiro, J. P., Cortez, P. C., Salinet Jr, J. L., Pedrosa, R. C., da Silva Monteiro Filho, J. M. y Brayner, A. R. A. (2019) "Classical and modern features for interpretation of ECG signal", en *Developments and Applications for ECG Signal Processing: Modeling, Segmentation, and Pattern Recognition*. Elsevier, pp. 1-28. doi:10.1016/B978-0-12-814035-2.00007-4.