

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS VETERINARIAS



**Variación del eje eléctrico medio en función al
posicionamiento del paciente durante el registro
electrocardiográfico**

Taisa Stefan Maisterow

Tesis para optar el Título profesional de Médica Veterinaria

Lima, Perú

2016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres que me inculcaron el amor y dedicación a los animales; a Edwin, mi esposo y Sasha, mi hija por tenerme tanta paciencia durante este tiempo que me dediqué más a estudiar que a ellos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme y enseñarme de la vida a lo largo de este camino recorrido.

A mis padres por todas sus enseñanzas, y todo el apoyo brindado para lograr mis metas.

A Edwin, mi esposo por su confianza, apoyo incondicional desde que lo conozco, por todo su amor y fuerza transmitida a lo largo de nuestras vidas juntos.

A mi hija, que supo entender los momentos en los que no estaba con ella por tener que estar avocada a mis estudios.

A Ursula Bezold, mi directora y gran amiga, que confió en mí, en mi esfuerzo y dedicación a lo largo de todo el camino recorrido durante estos 5 últimos años.

A mis jurados: Ricardo Martínez, Wilmer Jara y Guillermo Risco por su paciencia, comprensión y apoyo para la realización de esta tesis.

A Néstor Falcón por su gran ayuda en el procesamiento estadístico.

A Patricia Gómez, mi amiga que si no fuera por su empuje no hubiera logrado mi tan deseada meta.

A Francisco Cavero Robbiano mi maestro y guía y Ana María Pastor de Cavero, en este recorrido por conseguir mi meta y creer en mí.

A todos mis profesores por su dedicación y apoyo en mi formación profesional.

A todos mis amigos y compañeros de estudios por su apoyo y aliento en este recorrido de mi formación profesional.

INDICE

INDICE.....	4
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	6
INTRODUCCION.....	11
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.1 Corazón: Anatomía y función.....	15
2.1.1 Circulación Coronaria.....	15
2.1.2 Inervación del corazón.....	16
2.2 Sistema de conducción	17
2.3 Potencial de acción del musculo cardiaco	19
2.4 Propiedades del músculo cardiaco.....	21
2.4.1 Excitabilidad (badmotropía)	21
2.4.2 Automaticidad (ritmicidad, cronotropía o isotropía).....	22
2.4.3 Refractibilidad	22
2.4.4 Conductividad.....	22
2.4.5 Contractibilidad	23
2.5 Electrocardiografía	23
2.5.1 El vector cardiaco	24
2.5.2 El sistema de conducción y el electrocardiograma.....	24
2.5.3 Sistema de derivaciones.....	27
2.5.4 Valores normales de ECG en caninos ^{7, 13, 14}	30
2.5.5 Indicaciones para el ECG ⁶	31
2.5.6 El Eje Eléctrico Medio	32
2.5.7 Posicionamiento del paciente para el registro electrocardiográfico	35
III OBJETIVOS	39
3.1 Objetivo General.....	39
3.2 Objetivos Específicos	39
IV LUGAR DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN	40
V MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
5.1 Diseño metodológico.....	41
5.2 Población y muestra	41

5.3 Metodología.....	42
5.4 Equipos y Materiales	43
5.5 Operacionalización de variables	44
5.6 Procedimientos	44
5.7 Procesamiento de datos	45
5.8 Técnicas para el procesamiento de la información.....	45
5.9 Aspectos éticos y legales	46
VI RESULTADOS	47
6.1 Variable Peso:.....	47
6.2 Variable Sexo:	48
6.3 Variable Edad:	49
VII DISCUSIÓN	58
VIII CONCLUSIONES	59
IX RECOMENDACIONES	60

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Fig. 1. Sistema de conducción del corazón ²⁶	18
Fig. 2. Grafica del potencial de acción de la célula contráctil miocárdica ventricular, las flechas indican los tiempos de los principales movimientos de iones a través de la membrana celular. (Dr. Luis Higgins).....	21
Fig 3: Simplificación del electrocardiograma y su relación con el fenómeno de activación – conducción cardiaca ⁷	25
Fig. 4. Representación de un registro electrocardiográfico normal en la derivación II, P – QRS – T segmentos e intervalos. Las medidas de la amplitud (milivoltios) se indican por movimientos positivos o negativos; los intervalos de los tiempos (segundos) se indican de izquierda a derecha. Velocidad del papel, 50mm/seg; 1cm = 1mV ²⁶	27
Fig. 5. Triángulo de Einthoven ²²	29
Fig. 6: Derivaciones I,II y III. Conexión electrocardiográfica dirección del flujo de la corriente ⁷	29
Fig.7: Derivaciones unipolares aumentadas aVR, aVL y aVF ⁷	30
Fig. 8. El eje eléctrico medio en este electrocardiograma canino es de +90°. La derivación I es isoeléctrica (suma=0). La derivación perpendicular a la derivación I es aVF, como la derivación aVF es positiva (suma=+5), el eje calculado tiene un valor de +90° (eje normal) ²⁶	34
Fig. 9. En este registro electrocardiográfico, ninguna derivación es isoeléctrica. La derivación II es la que tiene un complejo QRS de mayor amplitud. El eje debe ser relativamente paralelo a la derivación II, como la derivación II es positiva, el eje tiene que estar próximo a +60°. La derivación aVL es perpendicular a la derivación II. Como aVL es más positiva, el eje es menor de 60°. El eje es de +50° ²⁶	34
Fig. 10. El registro electrocardiográfico corresponde al mismo animal que en la Fig. 9, obteniendo un eje de +50° ²⁶	35
Fig. 11: Posicionamiento estándar, sujeción del animal o colocación de los electrodos para la obtención del registro electrocardiográfico, (archivo personal).....	36
Cuadro 1.	51
Distribución de la población total de caninos sometidos a registro electrocardiográfico según variables.....	

Cuadro 2.	51
Chi cuadrado y medidas simétricas para la población total de los pacientes caninos en estudio a los que se les realizó el registro electrocardiográfico.	
Cuadro 3.	51
Distribución de los resultados de la dirección del eje eléctrico medio cardiaco obtenidos en la posición decúbito lateral derecho y decúbito lateral izquierdo a 100 pacientes caninos mediante registro electrocardiográfico	51
Cuadro 4.	52
Resultados positivos según lado de evaluación distribuidos según variables demográficas de los caninos sometidos al registro electrocardiográfico.	52
Cuadro 5.	52
Resumen de los resultados de las pruebas de chi cuadrado Mc Nemar (p), y pruebas simétricas (<i>kappa</i>) de los pacientes en estudio. (n=100) a los que se les realizó registro electrocardiográfico	52
Cuadro 6.	53
Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para la variable "peso" mayor de 20kg. en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico	53
Cuadro 7.	53
Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "peso" hasta 20kg. en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico	53
Cuadro 8.	54
Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "peso" menor de 10kg. en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico	54
Cuadro 9.	54
Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "sexo" Macho en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico ...	54
Cuadro 10.	55
Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "sexo" Hembra en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico	55
Cuadro 11.	55
Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "edad" 1 a 3 años en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico.....	55

Cuadro 12.	56
Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "edad" 4 a 7 años a los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico.....	56
Cuadro 13.	56
Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "edad" 8 a más años a los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico .	56
Cuadro 14.	57
Sensibilidad y especificidad de los resultados de la dirección del eje eléctrico medio cardiaco obtenidos en la posición decúbito lateral derecho y decúbito lateral izquierdo según las variables "peso", "sexo" y "edad" de los pacientes que fueron sometidos a registro electrocardiográfico.	57

RESUMEN

La electrocardiografía es una herramienta básica diagnóstica en la medicina veterinaria de animales de compañía, siendo la mejor alternativa para evaluar la actividad eléctrica del corazón en forma no invasiva. Sin embargo, cambios en el posicionamiento del paciente pueden ocasionar cambios en las medidas del complejo PQRST y desencadenar diagnósticos errados. El propósito de este estudio fue detectar posibles variaciones de la dirección del eje eléctrico medio cuando el registro se hace en posición decúbito lateral izquierdo en lugar de la posición estándar en decúbito lateral derecho, para analizar la variación en los resultados de acuerdo al posicionamiento del paciente. El estudio se realizó en 100 canes aparentemente sanos de ambos sexos, mayores a 1 año de edad y de cualquier peso. Se registraron dos electrocardiogramas por cada paciente: decúbito lateral derecho e izquierdo, que luego fueron analizados uno por uno; los resultados del cálculo del eje eléctrico medio fueron comparados, llegando a la conclusión que no son similares y que la posición decúbito lateral derecho es irremplazable para el cálculo del eje eléctrico medio cardíaco en caninos.

Palabras claves: Eje eléctrico medio, electrocardiografía, posicionamiento, caninos

ABSTRACT

Electrocardiography is a basic diagnostic tool in veterinary medicine pet, being the best non-invasively alternative to assess the electrical activity of the heart. However, changes in patient positioning may cause changes in measures of PQRST complex and trigger misdiagnoses. The purpose of this study was to detect possible changes in the direction of the mean electrical axis when the register is in left lateral position (LL) instead of the standard right lateral position (RL), to analyze the variation in results according to patient positioning. The study was conducted in 100 apparently healthy male and female dogs, older than 1 year of age and of any weight. Two electrocardiograms were registered for each patient: right and left lateral decubitus, which were then analyzed one by one; two electrocardiograms were performed for each patient the results of the calculation of the average electrical axis were compared, concluding that they are not similar and that the right lateral decubitus position is irreplaceable for calculating mean electrical axis of the heart in dogs.

Key words: Mean electrical Axis, Electrocardiography, positioning, canine

INTRODUCCION

El electrocardiograma (ECG) es la representación gráfica de la actividad eléctrica que realiza el corazón, la que es obtenida en la superficie del organismo mediante electrodos cutáneos que captan las diferencias de potencial que se producen y se transmiten a través de los diferentes tejidos. Es una herramienta diagnóstica de utilidad básica en la clínica veterinaria de animales de compañía²¹ conformando una parte importante e irremplazable del examen del aparato cardiovascular²². Colabora en la evaluación cardiológica pre-quirúrgica permitiendo ajustar el riesgo pre anestésico y es la única prueba que nos permitirá obtener datos fiables y completos del funcionamiento eléctrico cardiaco a partir de la evaluación de las ondas, complejos, segmentos e intervalos, que resulta vital para la funcionalidad y eficacia del órgano.¹⁴

La posición ideal para el registro electrocardiográfico en caninos es en decúbito lateral derecho. De esta forma el corazón guarda la posición fisiológica para la que se han estandarizado la mayoría de los parámetros electrocardiográficos.¹⁴ Sin embargo, en ocasiones el paciente es posicionado en decúbito lateral izquierdo ya sea por error o por alguna lesión que impida la posición estándar lo cual puede generar variaciones ya que al acercarse el ápex del corazón a la pared lateral torácica izquierda se producirán cambios significativos¹³.

El eje eléctrico medio es la representación vectorial de la media de todas las fuerzas eléctricas producidas por la despolarización ventricular. Aporta información sobre el aumento de los ventrículos y sobre los defectos de conducción interventricular pero siempre y cuando la posición adoptada por el paciente a la hora de realizar el procedimiento sea la correcta.⁸

Es por esta razón que consideramos interesante la realización de un estudio que compare el eje eléctrico medio obtenido mediante ECG estándar en decúbito lateral derecho con el ECG

en posición en decúbito lateral izquierdo en un mismo paciente. De esta manera, se podría evaluar la existencia de cambios electrocardiográficos significativos que podrían llevar a errores en el diagnóstico cuando se realiza la técnica en la posición equivocada, pudiendo obtener resultados de diagnósticos falsos positivos conllevando a un gasto innecesario en pruebas complementarias, así como de resultados falsos negativos en los cuales se asumiría la inexistencia de enfermedad cuando realmente se estaría encubriendo una patología.

Identificación y descripción del problema

En la clínica veterinaria actual se ha incrementado el diagnóstico de patologías cardíacas, así como también la realización de estudios prequirúrgicos, entre ellos la electrocardiografía. Es de suma importancia asegurar el correcto registro electrocardiográfico para tener diagnósticos certeros, así como para poder elegir los tratamientos o protocolos anestésicos más indicados para cada paciente. (Bezold, comunicación personal, Dic 2014)

En Lima, en los últimos años, se ha notado un incremento en la realización de exámenes prequirúrgicos, siendo lo más frecuente realizar hemograma, perfil hepático y perfil renal así como también electrocardiografía y estudios por imágenes. En el caso particular de la sala de cirugía de animales menores de la Universidad Ricardo Palma, los estudios pre quirúrgicos básicos son el hemograma, perfil hepático, perfil renal y electrocardiografía; en función a los hallazgos se realizarán exámenes complementarios extras como rayos X y ecografía. Esta realidad ocurre en diversos consultorios de Lima que no cuentan con salas de rayos X ni ecógrafos propios. (Bezold, comunicación personal, Dic 2014)

La electrocardiografía, en la práctica clínica veterinaria, constituye una herramienta importante por varias razones:

Es el único método que permite evaluar la actividad eléctrica del corazón objetivamente.

Colabora en la evaluación cardiológica pre quirúrgica permitiendo ajustar el riesgo pre anestésico.

Aporta información acerca de sobrecargas camerales atriales y/o ventriculares a partir de la evaluación de las ondas, complejos, segmentos e intervalos.²¹

La determinación del eje eléctrico medio es utilizada para detectar crecimientos de las cámaras cardíacas, en especial de los ventrículos, y para clasificar los defectos de conducción intraventricular que son la desviación del eje eléctrico hacia la izquierda o 'levoeje' y la desviación del eje eléctrico hacia la derecha o 'dextroeje'.¹⁴

El presente estudio busca determinar el grado de variación de la dirección del eje eléctrico medio cardíaco de acuerdo al posicionamiento del paciente durante el registro electrocardiográfico, así como identificar la proporción de falsos diagnósticos asociados al mal posicionamiento del paciente.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Haciendo un poco de historia, 330 años antes de Cristo, Aristóteles decía que el corazón era el órgano central del cuerpo y por tanto el centro del alma; Hipócrates también decía que el órgano central del cuerpo era el corazón, el encargado de suministrar la sangre esencial para la vida y el origen de las facultades. Ambos sostenían que el calentamiento definitivo de la sangre se producía en el corazón y el pulso se formaba en los vasos sanguíneos siendo estos los que conducían el aire desde los pulmones hacia el exterior, enfriando al corazón, que se contraía otra vez.

Galeno, creador de la medicina europea durante la Edad Media, lanza la teoría de que el corazón participa en los tres procesos de la digestión, explicando que la sangre fluye por las venas directamente a la periferia del cuerpo pero la mayor cantidad fluye al corazón, y así muchos más desde antes de Cristo tenían teorías sobre el funcionamiento del corazón.¹

En 1543 Andreas Vesalio habla del lado izquierdo y derecho del corazón; así llegamos al siglo XVI en que ya se habla de cámaras que dividen el corazón, luego se descubre la sangre arterial y venosa, circulación mayor y menor hasta que en 1839 Johannes Evangelista Ritter von Purkinje detectó unas fibras especiales en las paredes interiores del corazón de las ovejas a las que hoy llamamos “Fibras de Purkinje” y que identifica como parte del sistema de conducción de los impulsos. Luego, Wilhelm His descubre un haz muscular especial que va desde las aurículas a los ventrículos; se trata del famoso “Fascículo de His” o “Haz de His”. Luego, a principios del siglo XX, Ludwing Aschoff reconoce en el nódulo auriculoventricular que es el centro secundario de formación de los impulsos con lo que se abre el estudio del sistema de conducción de los estímulos cardiacos.

Gracias a estos descubrimientos se llega a conocer, morfológicamente, el sistema de conducción de la excitación del corazón, cuya acción se refleja en el electrocardiograma (ECG).¹

2.1 Corazón: Anatomía y función

El corazón se ubica en la cavidad torácica, espacio mediastínico medio. Está cubierto por los pulmones y sostenido por los grandes vasos. Es un órgano fundamentalmente muscular, enfundado en una película serosa (epicardio), rodeado por una funda fibrosa (pericardio), con un líquido entre ambas (líquido pericárdico) lo que permite el movimiento del corazón durante sus fases de relajación y contracción. Interiormente está cubierto por células endoteliales (endocardio) que está en contacto con la sangre. ⁹

Es una bomba muscular hueca que está dividida en cuatro cámaras por medio de válvulas: atrio derecho (AD), ventrículo derecho (VD), atrio izquierdo (AI) y ventrículo izquierdo (VI) y tabiques interatriales e interventriculares respectivamente. La AD recibe sangre de las venas cavas craneal y caudal, pasándola al VD por medio de la válvula tricúspide. Una vez en el VD es expulsada por la arteria pulmonar hacia los pulmones a través de la válvula del tronco pulmonar. La AI es la cámara que recibe sangre de las venas pulmonares y se encuentra separada del VI por medio de la válvula mitral o bicúspide. El VI recibe esta sangre y éste la expulsa hacia la aorta a través de la válvula aórtica. ²

2.1.1 Circulación Coronaria

El corazón está rodeado por las arterias coronarias, excepto en su porción cráneo ventral. Son las primeras ramas de la aorta y se encargan de la irrigación del corazón. Ambas arterias, la derecha y la izquierda, surgen de los senos aórticos justo por encima de la válvula aórtica y lanzan ramas que irrigan ambas aurículas y ventrículos. La arteria coronaria derecha tiene su origen en el seno coronario derecho de la aorta ascendente, irriga a la aurícula derecha, el ventrículo derecho la superficie diafragmática del ventrículo izquierdo y la porción posterior del septum interventricular a través de la rama interventricular posterior y el nodo SA (60%) y AV (80%), mientras que la arteria coronaria izquierda nace del seno aórtico izquierdo, irriga la aurícula izquierda, la mayor parte del ventrículo izquierdo, parte del ventrículo derecho, dos tercios anteriores del tabique interventricular y el nodo SA en 40% de la población.

El corazón posee tres tipos de drenajes venosos,

Venas de tebesio: que drenan sangre directamente a la cavidad cardiaca.

Venas anteriores del ventrículo derecho: se dirigen al atrio derecho.

Venas tributarias del seno coronario: discurren por el surco auriculo-ventricular posterior hasta desembocar en el atrio derecho. Supone el 75% del flujo coronario total.¹²

2.1.2 Inervación del corazón

El corazón está inervado por ramas del sistema nervioso autónomo simpático y parasimpático. El sistema nervioso autónomo se encarga de regular la frecuencia de formación intrínseca del impulso. Afecta además la conducción del impulso y tiene influencia sobre la contractibilidad cardíaca.

Los nervios simpáticos emergen de su respectivo ganglio superior simpático torácico e inervan las diferentes zonas del corazón: nodo sinoatrial, región nodal atrioventricular, haz de His y los ventrículos.^{7, 20} La estimulación simpática causa efectos cronotrópico e inotrópico positivo.²²

Los nervios simpáticos derecho e izquierdo de los ventrículos difieren en sus efectos cardíacos en el perro, siendo dominantes los nervios simpáticos izquierdos. Las fibras de los nervios simpáticos derechos inervan principalmente la pared anterior ventricular y los nervios simpáticos izquierdos inervan la pared posterior ventricular. La estimulación de los nervios simpáticos izquierdos produce arritmias de la unión atrio ventricular o arritmias ventriculares, así como prolongación del intervalo Q-T y alternación de la Onda T.¹¹

Los nervios parasimpáticos se originan en la médula oblonga, formando el nervio vago; sus fibras terminan primariamente en el nodo sinusal, en el atrio y en el nodo atrioventricular. Los nervios vago izquierdo y vago derecho se distribuyen de distinta manera al nodo sinusal y al nodo atrioventricular.⁷ El nervio vago derecho afecta predominantemente al nodo sinusal, mientras que el nervio vago izquierdo tiene gran influencia sobre el nodo atrioventricular. Producen disminución de la frecuencia cardíaca y disminución de la conducción A-V hacia los ventrículos. El nervio vago es el responsable de la arritmia sinusal en el perro.^{7, 11, 20, 22}

2.2 Sistema de conducción

El corazón está compuesto por fibras musculares con un sistema de conducción bien coordinado. Este consiste en: nódulo sinoatrial (SA), nódulo atrio ventricular (AV), fascículo atrio ventricular (haz de His), y red subendocárdica (fibras de Purkinje).

El nódulo sino auricular (SA) o de Keith y Flack o nódulo sinusal es el primer y principal marcapaso del corazón y se encuentra localizado en la parte superior del atrio derecho, cerca la entrada de la vena cava craneal. Este primer marcapaso tiene la propiedad de producir espontáneamente estímulos eléctricos a mayor frecuencia que otros puntos del miocardio, por lo que comanda y origina el automatismo cardiaco. La conducción del impulso cardiaco a través del atrio ocurre vía tres tractos intranodales: anterior, medio y posterior. Existe una conducción directa de fibra a fibra en los caminos entre el nódulo SA y el nódulo AV.^{5, 6,15}

El nódulo aurículo ventricular (AV) o de Aschoff y Tawara, está ubicado en la unión entre la aurícula y ventrículo derecho. El nodo AV retrasa la transmisión del impulso una media de 0,12 segundos, haciendo posible que la sangre pase de las aurículas a los ventrículos antes de que estos se contraigan y protegiendo a los ventrículos en caso de arritmias auriculares. También puede generar estímulos, por lo que en cada caso de algunas alteraciones del nódulo SA, este puede asumir el papel de marcapaso cardiaco, aunque con menor frecuencia y ritmo.¹⁵

El haz de His está conformado por fibras excitables que se continúan desde el nódulo AV y siguen el camino del tabique intraventricular. Cruza a lo largo del septo membranoso hacia la válvula aórtica y se bifurca en la válvula formando la rama derecha e izquierda. La rama derecha pasa a través del lado derecho del tabique interventricular hacia el músculo papilar anterior. Una red de fibras conductoras que irradian la rama derecha luego se extiende sobre la pared ventricular derecha. La rama izquierda pasa a través del lado izquierdo del tabique interventricular justo por debajo de la cúspide de la válvula aórtica. En esta unión con el primer tercio del septum se divide en fascículo anterior y posterior que pasan por el correspondiente músculo papilar. Estos fascículos se dividen hacia una red de fibras denominadas fibras de Purkinje que están distribuidas en el miocardio ventricular.^{5, 7,15}

La activación del latido cardiaco comienza en el nódulo SA; luego el impulso abandona el nódulo SA produciendo la despolarización atrial. Las fibras especializadas del atrio favorecen la propagación uniforme del impulso. La onda de excitación alcanza el nódulo AV, pasa

lentamente a través de él y el haz de His. Cuando el impulso entra en las ramas derecha e izquierda del haz de His, aumenta su velocidad y se propaga rápidamente a través de las fibras de Purkinje a los ventrículos.⁵

La primera área activada es la pared izquierda del tabique interventricular; seguidamente se activa la porción apical de los ventrículos derecho e izquierdo, y la onda de despolarización se dirige hacia arriba por las paredes laterales hacia la base del corazón. La última porción que se despolariza es la base del ventrículo; seguidamente viene la repolarización ventricular.^{5, 9}
(Fig. 1)

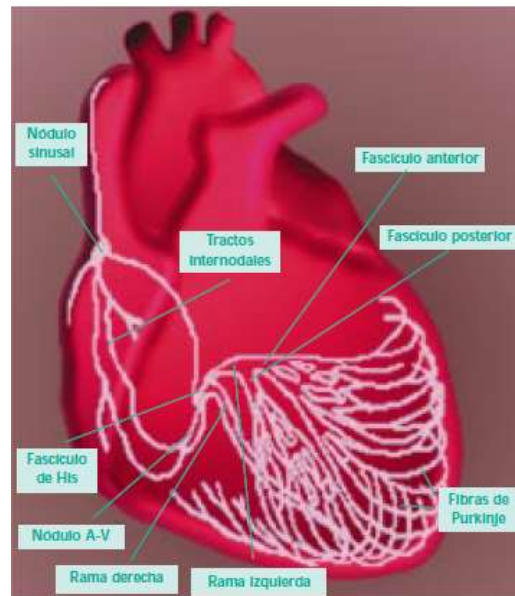


Fig. 1. Sistema de conducción del corazón²⁶

2.3 Potencial de acción del musculo cardiaco

El potencial de acción cardiaco presenta características diferentes al de las fibras neuronales y esqueléticas. Es resultado de la entrada y salida de cargas iónicas a través de la membrana celular.⁷

La membrana de la célula muscular cardiaca es similar en muchas formas a otras células. Durante su estadio de reposo, esta se encuentra polarizada; el medio interno de la célula es negativo con respecto a la superficie externa de esta que es positivo. Esta polaridad es mantenida gracias a la distribución y concentración de los iones extracelulares e intracelulares.

La célula en descanso es casi impermeable al sodio (Na^+) y parcialmente permeable al potasio (K^+) y al cloruro (Cl^-). En adición a esto existe una “bomba” celular metabólica que expulsa el sodio fuera de la célula, aun cuando la concentración de sodio es mucho más alta fuera de la célula. Igualmente la concentración de potasio es mucha más alta en el intracelular que en el extracelular, cerca de 20:1, lo que favorece la salida de potasio fuera de la célula. La concentración de cloruro es mucho más alta fuera que dentro de la célula lo que favorece la entrada de este en la célula.^{2, 20}

La medición de esta diferencia relativa de cargas da una cantidad que es el potencial de membrana en reposo (PMR) que es de aproximadamente -90mV en cualquier célula miocárdica.^{2, 7, 11, 20, 22}

Una lenta migración de sodio al interior ayuda a promover la automaticidad por mantenimiento de un potencial de membrana en reposo de menor negatividad (-40mV) en las células marcapaso. La generación de potencial de acción normal en los nodos sinusal y atrioventricular depende de la corriente iónica lenta hacia el interior. Este mecanismo es parcialmente responsable de la formación del impulso en el nodo sinusal y la conducción del impulso en el nodo atrioventricular. Cuando un estímulo es aplicado a la célula, se produce un súbito incremento en su permeabilidad al sodio, produciéndose un gran incremento de éste dentro de la célula, causando un cambio en la polaridad de la membrana. Después que las células han sido estimuladas para despolarizarse, el proceso se esparce rápidamente por todas las fibras musculares sin estimulación adicional. Esta onda de iones produce una corriente eléctrica medible.^{7, 20}

Cuando la célula es estimulada por otra célula, o por una despolarización espontánea, se abren canales selectivos en la membrana, que permiten que el calcio (Ca^{++}) y el sodio (Na^+) ingresen a la célula. El sodio ingresa por canales rápidos y el calcio a través de canales lentos y canales rápidos.⁷

Durante la fase 1 (repolarización temprana) los canales de sodio empiezan a cerrarse e inicia una entrada de calcio por canales lentos.

Durante la fase 2 (meseta) y la fase 3 (repolarización rápida), hay una gran salida de iones K^+ de la célula para compensar el ingreso de cargas de Na^+ y Ca^{++} durante las fases previas, esta pérdida de K^+ es de tal magnitud que la célula recupera su potencial de reposo de -90 mv .⁷

Durante la fase 4 (reposo) la bomba sodio-potasio restablece el equilibrio tanto eléctrico como químico, el retornar los iones de K^+ al interior y los de Na^+ al exterior.⁷

(Fig. 2)

Durante las fases 1 y 2 una célula no puede ser normalmente despolarizada por otro estímulo, la célula es refractaria. Durante la fase 3 (repolarización rápida) un impulso eléctrico de gran magnitud, puede causar otra despolarización, la célula es relativamente refractaria. Durante la fase 4 un estímulo que alcance el umbral, produce una despolarización y el ciclo inicia de nuevo.¹⁵

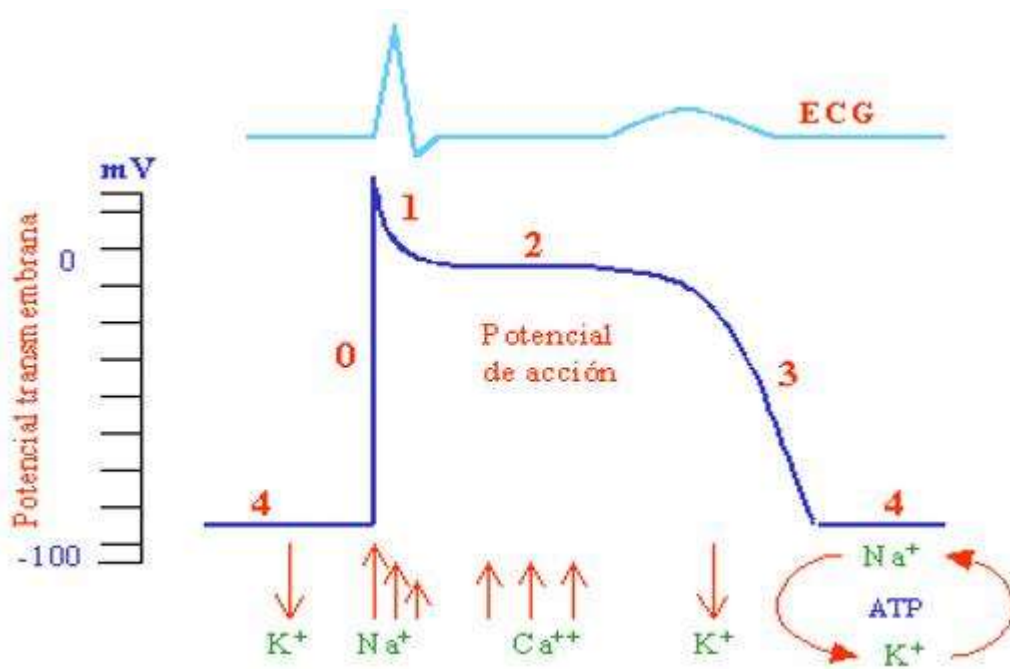


Fig. 2. Grafica del potencial de acción de la célula contráctil miocárdica ventricular, las flechas indican los tiempos de los principales movimientos de iones a través de la membrana celular. (Dr. Luis Higgins)

2.4 Propiedades del músculo cardiaco

Existen tres tipos de músculo cardiaco: el atrial, el ventricular y el no contráctil que son las últimas fibras del sistema especializado de conducción. El músculo cardiaco tiene 5 propiedades fisiológicas fundamentales que son: excitabilidad, automaticidad refractibilidad, conductividad y contractibilidad. ^{7, 22}

2.4.1 Excitabilidad (badmotropía)

El músculo cardiaco es excitado cuando un estímulo reduce el potencial de reposo a un nivel crítico que es el potencial umbral. La respuesta cardiaca a un estímulo obedece a la ley del “todo o nada”. Si la intensidad del estímulo es incrementada, no causa un cambio en el potencial de acción. El potencial de acción no se producirá si el estímulo está por debajo del potencial de umbral. ^{7, 22}

2.4.2 Automaticidad (ritmicidad, cronotropía o isotropía)

Las células del sistema especializado de conducción son capaces de iniciar sus propios impulsos, estas células pueden despolarizarse durante la fase cuatro (reposo) hasta que alcanzan el potencial de umbral y producir un potencial de acción.^{7,20}

El nódulo sinusal es el marcapaso dominante del corazón normal, porque manifiesta una despolarización diastólica más lenta que la del resto de los tejidos cardiacos. Si se deprime otro tejido automático de menor frecuencia de automaticidad independiente, tomará su lugar.^{2, 7, 20}

Cuando el nódulo sinusal se deprime se produce un ritmo ectópico pasivo a diferencia de un ritmo ectópico activo que ocurre cuando otras células marcapaso adquiere una frecuencia de automaticidad mayor que el nódulo sinusal.²²

En el sistema nervioso, las concentraciones sanguíneas de diferentes metabolitos, electrolitos, hormonas y las drogas cardioactivas son clínicamente importantes en la modificación de la velocidad del disparo de las células marcapasos.^{4, 7, 22}

2.4.3 Refractibilidad

El músculo cardíaco no responderá a ningún estímulo externo durante su periodo de contracción, ya que la contracción debe ser completada y la célula debe recuperarse antes de que otra contracción ocurra. Si el corazón no poseyera esta propiedad tan importante, este fallaría como bomba porque sufriría de contracciones continuas.⁷

2.4.4 Conductividad

Es la particularidad que tienen las fibras musculares cardiacas de permitir la propagación de la excitación a la célula vecina.¹⁰ La velocidad de conducción varía en las diferentes porciones del sistema de conducción y del miocardio; la mayor velocidad se registra en las fibras de Purkinje y la menor velocidad se da en la porción media del nódulo AV. Esta activación secuencial para las diferentes porciones del sistema especializado de conducción permite un máximo de eficiencia mecánica para cada contracción.⁷

2.4.5 Contractibilidad

Es la capacidad de traducir actividad electroquímica en energía mecánica (contráctil), es decir, ocurre en respuesta a una corriente eléctrica.^{7,9}

El Ca^{++} se almacena en el retículo sarcoplásmico y en los túbulos transversos, y se libera en respuesta a un potencial de acción. La concentración intracelular de Ca^{++} libre aumenta y modifica la velocidad de desdoblamiento de ATP y el desarrollo posterior de tensión. Este mecanismo estimula entonces los procesos de acoplamiento excitación – contracción.^{7,22}

2.5 Electrocardiografía

El electrocardiógrafo es un medidor sensitivo de voltaje por medio del cual se puede determinar el potencial eléctrico del corazón.⁵

El electrocardiograma (ECG) es el registro gráfico de los potenciales eléctricos producidos en el corazón durante las diferentes fases del ciclo cardiaco.¹⁴

En 1885 Augustus D. Waller fue el primero en demostrar que los impulsos eléctricos del corazón podían ser registrados desde la superficie del cuerpo. Williem Einthoven en 1895 introdujo los términos P, Q, R, S y T para las deflexiones electrocardiográficas. El ECG es utilizado en medicina desde 1912 y en veterinaria desde 1913.¹⁶

La actividad eléctrica dentro del corazón puede ser descrita como una cantidad de voltaje producida por una masa de asociación de células cardiacas o un fascículo de fibras musculares.⁷

La actividad eléctrica total puede ser determinada en un punto externo y resuelta dentro de una fuerza eléctrica o carga, teoría a la que su llama “hipótesis dipolar”. Esta hipótesis asume que cada vector instantáneo es el resultado de un potencial eléctrico que actúa como un dipolo. Esta actividad eléctrica dentro del corazón se eleva a través de múltiples dipolos, donde cada célula vital actúa como un dipolo. Los potenciales de membrana de un grupo de células cardiacas pueden teóricamente ser determinadas dipolo por dipolo.²⁰

Los efectos sumados de varios dipolos pueden ser analizados usando un análisis de ángulo sólido, donde se integra el efecto combinado de varios dipolos. Si el tejido corporal y los

fluidos son conductores homogéneos del potencial eléctrico, un dipolo único conformado por la suma de todos los dipolos puede ser medido en la superficie corporal.⁷

2.5.1 El vector cardiaco

Las fuerzas eléctricas son vectores cuantificables, cuya magnitud se mide por el largo de una línea y la dirección de su polaridad hacia el electrodo positivo se indica con la cabeza de la flecha.^{7, 20, 23}

El vector cardiaco define a todas las fuerzas eléctricas del ciclo cardiaco. De esta manera se puede obtener un vector medio para cada porción del ciclo cardiaco.

La mayoría de los potenciales son cancelados por fuerzas opuestas. Este concepto puede ser mejor comprendido tomando como ejemplo una onda de despolarización, así cuando la onda de despolarización se dirige hacia el electrodo positivo se obtiene una deflexión positiva en el registro, cuando la onda de despolarización se orienta hacia el lado opuesto del lugar donde se encuentra el electrodo positivo se registrará una deflexión negativa; las deflexiones podrán ser muy pequeñas o no aparecerán cuando la onda de despolarización se dirija en sentido perpendicular al electrodo positivo.^{7, 20}

2.5.2 El sistema de conducción y el electrocardiograma

La génesis del ECG involucra una serie de factores: iniciación del impulso en el marcapaso primario, transmisión del impulso a través del sistema especializado de conducción cardiaco, despolarización del miocardio atrial y ventricular, y recuperación o repolarización de las anteriores tres áreas. (Fig. 3)

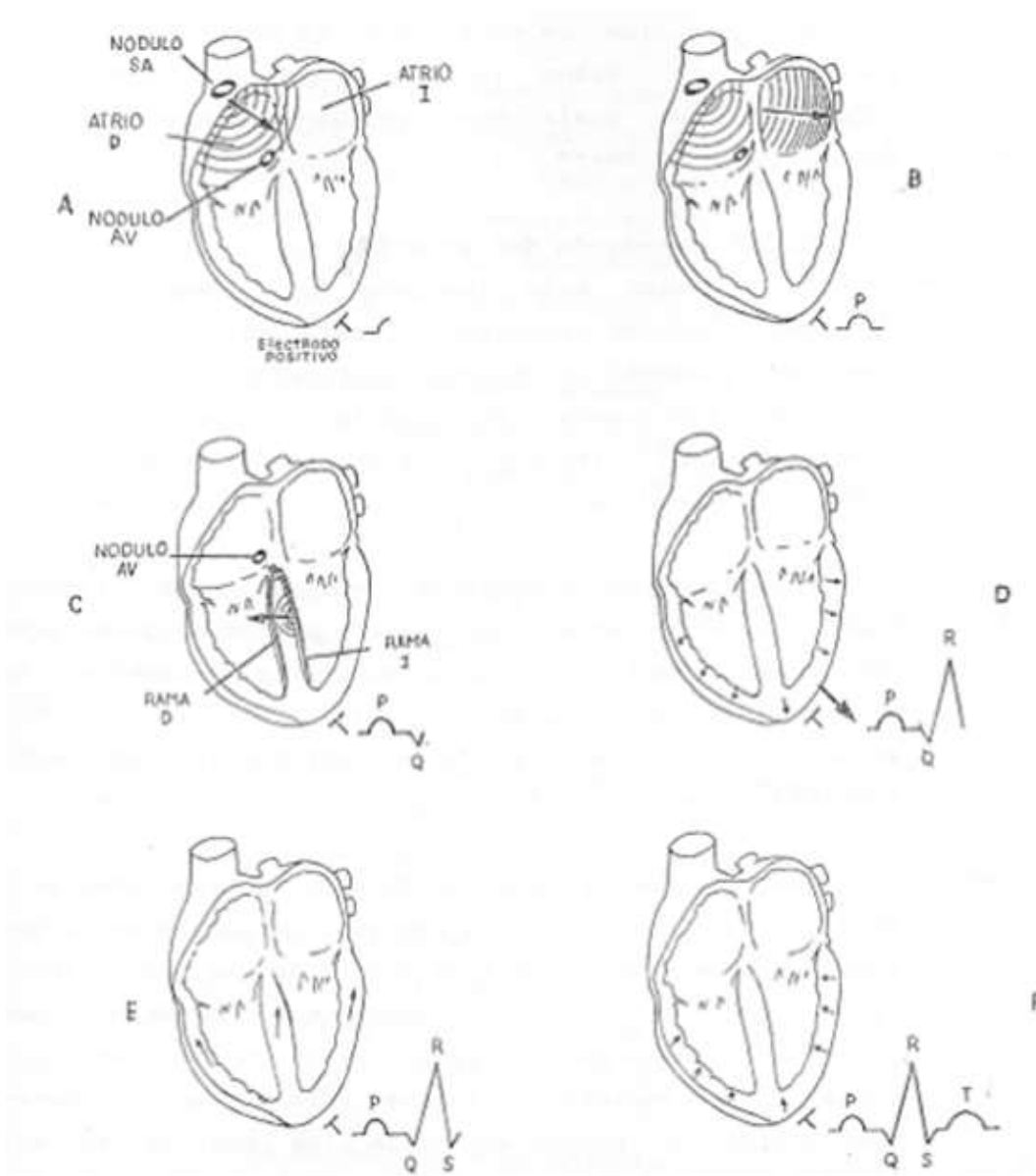


Fig 3: Simplificación del electrocardiograma y su relación con el fenómeno de activación – conducción cardíaca⁷

Los parámetros del ECG están representados por el complejo P-QRS-T donde:

La onda P explica el inicio de la despolarización del nódulo sino auricular (SA), propagación por fibras auriculares y despolarización de las fibras musculares auriculares.

El intervalo PR explica el tiempo requerido por el impulso para atravesar el nódulo SA hacia el ventrículo. Funcionalmente ambas fases, representan la sístole auricular y fase de polarización diastólica ventricular.¹⁴

El complejo QRS corresponde a un conjunto de ondas provenientes de la despolarización de distintos sectores de los ventrículos, y que cronológicamente se corresponden con la conducción eléctrica del nódulo aurículo-ventricular, haz de His, fibras de Purkinje y miocardio ventricular. La onda Q es una deflexión negativa que se origina en la porción alta del tabique interventricular. La onda R es una onda positiva alta y representa la despolarización de casi toda la masa ventricular. La onda S es una deflexión negativa que proviene de la despolarización de las porciones basales de las paredes de ambos ventrículos. Todo el complejo QRS coincide con las Fases 0, 1 y parte de la Fase 2 del potencial de acción en meseta de las fibras contráctiles del ventrículo y coinciden con la sístole ventricular.

14

El segmento ST corresponde a la primera fase de repolarización ventricular o Fase 2 de despolarización lenta del potencial de acción.

La onda T grafica el final del ciclo cardíaco, correspondiendo a la repolarización rápida ventricular (Fase 3 del potencial de acción). Adquiere formas muy variadas en la especie canina, pudiendo ser positiva, negativa o difásica.

El intervalo QT indica el tiempo de despolarización y repolarización ventricular.

Por último, el segmento TP coincide con la Fase 4 del potencial de reposo, y se corresponde con la finalización de un ciclo y el comienzo del próximo ciclo cardíaco.^{4,6,7,9} (Fig. 4)

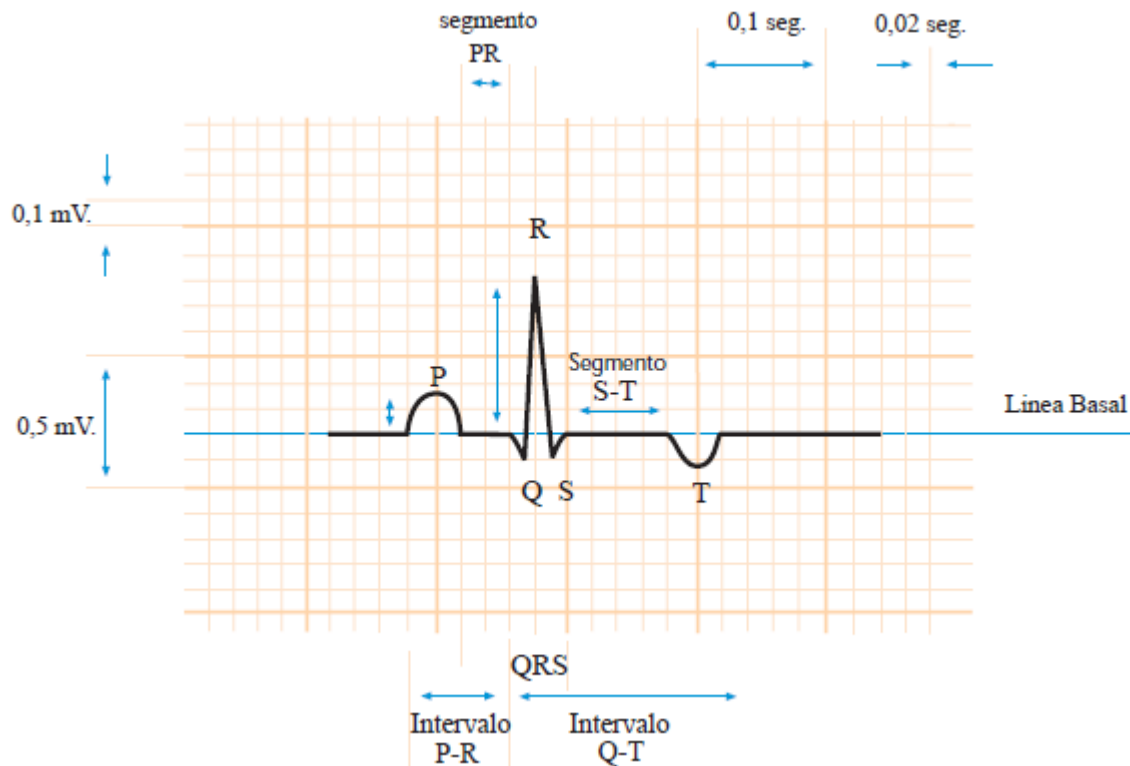


Fig. 4. Representación de un registro electrocardiográfico normal en la derivación II, P – QRS – T segmentos e intervalos. Las medidas de la amplitud (milivoltios) se indican por movimientos positivos o negativos; los intervalos de los tiempos (segundos) se indican de izquierda a derecha. Velocidad del papel, 50mm/seg; 1cm = 1mV²⁶

2.5.3 Sistema de derivaciones

Desde el punto de vista eléctrico, se considera al cuerpo del animal como un cilindro inspeccionable desde tres puntos de vista: Frontal, horizontal y sagital.

La exploración electrocardiográfica del corazón se realiza en el plano frontal con las derivaciones estándar y las unipolares de los miembros. El plano horizontal se explora con las derivaciones precordiales.²²

Por derivación o eje se entiende una línea hipotética que conecta dos electrodos en la superficie del cuerpo. Los electrodos deben encontrarse equidistantes del dipolo cardíaco para que sus registros queden en la misma escala de medida. Convencionalmente, al electrodo negativo se le denomina “de referencia” y al positivo “de registro” o “explorador”.

2.5.3.1 Derivaciones bipolares

Las derivaciones bipolares estándares (I, II, y III) han sido utilizadas desde los inicios de la electrocardiografía. Para obtenerlas los electrodos son colocados en el brazo izquierdo, brazo derecho y pierna izquierda; la pierna derecha conecta al animal a tierra. Solo se usan dos extremidades por cada derivación. El electrocardiograma grafica o graba la diferencia de actividad eléctrica entre los dos electrodos. (Fig. 6)

Estas tres derivaciones forman un triángulo equilátero el cual tiene como centro eléctrico el corazón, conocido como “triángulo de Einthoven”. Como su centro es el corazón se pueden trasladar los tres lados a éste, para formar lo que se denomina sistema triaxial. (Fig. 5)

Las derivaciones bipolares son especialmente útiles para estudiar anomalías en las deflexiones de P-QRS-T, para diagnosticar arritmias cardiacas y para determinar el eje eléctrico medio.⁷

2.5.3.2 Derivaciones unipolares aumentadas

Son las derivaciones aVR, aVL y aVF. La derivación aVR mide la diferencia eléctrica entre el promedio del brazo y pierna izquierdas respecto al brazo derecho; la derivación aVL mide la diferencia entre el promedio del brazo derecho y la pierna izquierda con respecto al brazo izquierdo, mientras que la derivación aVF registra la diferencia eléctrica entre el promedio de ambos brazos con respecto a la pierna izquierda.^{7,9,13} (Fig.7)

2.5.3.3 Otros sistemas de derivaciones

Existen otros sistemas de derivaciones que incluyen a las derivaciones precordiales que son:

Derivación CV5RL (rV2) quinto espacio intercostal derecho, inmediatamente lateral al esternón.

Derivación CV6LL (V2) sexto espacio intercostal izquierdo, inmediatamente lateral al esternón.

CV6LU (V4) Sexta unión costondral izquierda.

Derivación V10 Sobre el proceso espinal de la séptima vértebra torácica.

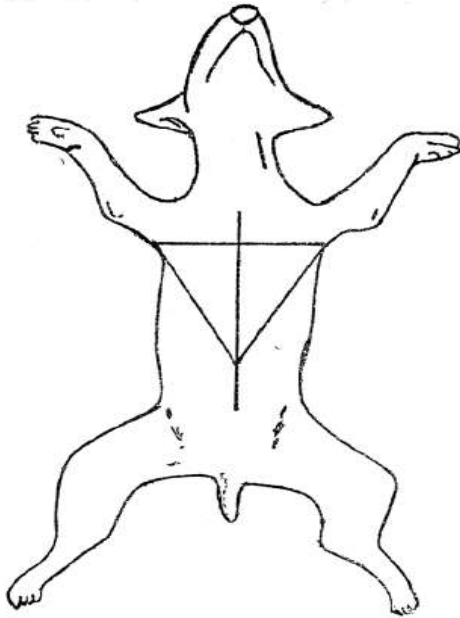


Fig. 5. Triángulo de Einthoven ²²

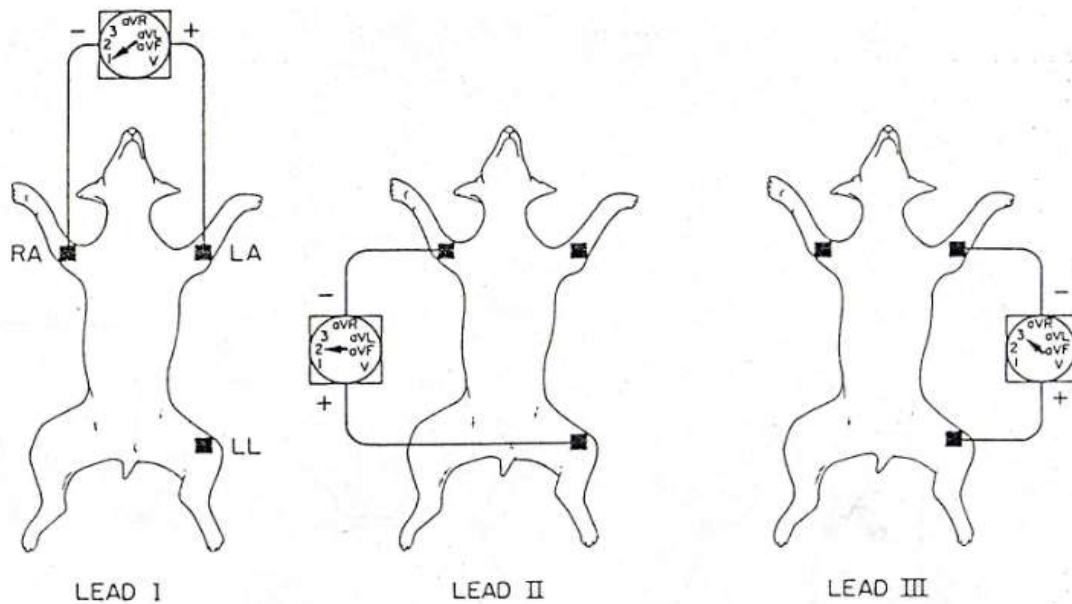


Fig. 6: Derivaciones I,II y III. Conexión electrocardiográfica dirección del flujo de la corriente ⁷

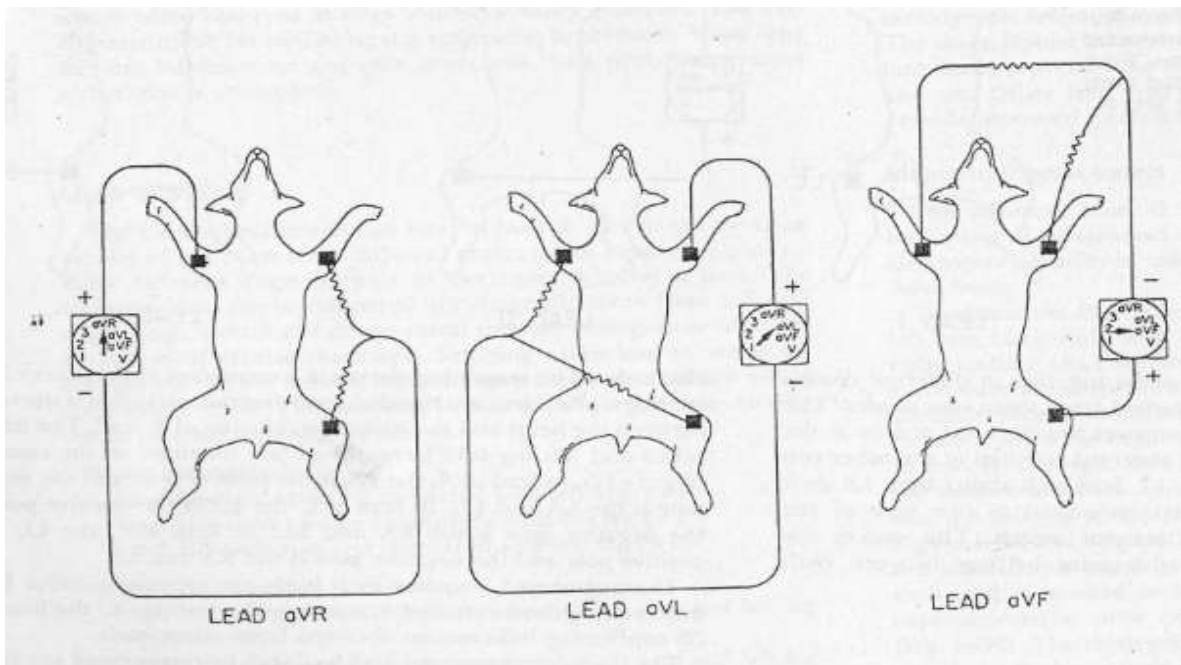


Fig.7: Derivaciones unipolares aumentadas aVR, aVL y aVF ⁷

2.5.4 Valores normales de ECG en caninos ^{7, 13, 14}

Frecuencia cardiaca 70 – 160 latidos por minuto perro adulto

60 – 140 latidos por minuto razas gigantes

Arriba de 180 latidos por minuto Razas enanas

Ritmo	Ritmo sinusal normal
	Arritmia sinusal
	Marcapaso errante sinusal
Onda P altura	0.4 mV.
Onda P duración	0.04 seg.
Intervalo P-R	0.06 – 0.13 seg.
Duración QRS	0.06 seg.

Amplitud QRS	2.5 mV. en razas chicas
	3.0 mV. en razas grandes
Segmento S-T	
Depresión	no más de 0.2 mV.
Elevación	no más de 0.15 mV.
Onda T positiva, negativa o bifásica no más de $\frac{1}{4}$ de R	
Duración Q-T	0.15 – 0.25 seg.
Eje eléctrico medio	+40° a +100°

Las mediciones deben ser realizadas en derivación II y el eje eléctrico en la derivación I y III

2.5.5 Indicaciones para el ECG ⁶

En el campo de la clínica de animales pequeños, la utilización del electrocardiograma se puede enmarcar dentro de dos tendencias principales:

La integración de la técnica electrocardiográfica, exclusivamente, como parte de la rutina del examen cardiovascular.

El uso de la electrocardiografía como parte de la rutina del examen general o particular de sistemas o aparatos relacionados con el sistema cardiovascular además del uso específico antes mencionado. ²⁴

El electrocardiograma nos brinda información acerca de²⁶:

- Frecuencia cardiaca
- Ritmo cardiaco
- Diagnóstico diferencial de arritmias
- Conducción intracardiaca

- Indicios de agrandamiento de las cámaras cardíacas
- Desequilibrio electrolítico
- Pronóstico de enfermedad cardíaca
- Examen prequirúrgico
- Base de datos y consultas

2.5.6 El Eje Eléctrico Medio

La suma total de la energía eléctrica de todas las despolarizaciones en un latido de los ventrículos representa la cuenta final de las despolarizaciones individuales, que incluye los impulsos conducidos en la misma dirección sumados unos a otros y los impulsos conducidos en dirección contraria que se contrarrestan. Por tanto, en un corazón normal, la suma de la energía eléctrica consumida por un latido de los ventrículos presenta un impulso global que se dirige a la izquierda (porque el ventrículo izquierdo es más grande que el derecho) y caudal (porque se dirige más energía hacia la punta del corazón durante la activación inicial que la que viaja retrógradamente hacia la base, al final de la activación ventricular). Esta suma total se denomina eje eléctrico medio. La dirección y el impulso de la energía eléctrica son característicos de un individuo y, salvo que exista una alteración intermitente en la conducción interventricular, es constante latido a latido en un registro ECG. En individuos normales el eje eléctrico medio, como se ha mencionado, apunta hacia la izquierda y caudalmente. Sin embargo el eje eléctrico medio puede cambiar si el corazón cambia de forma o si hay interrupción de la conducción. El eje eléctrico normal en el perro se extiende entre $+40^\circ$ y $+100^\circ$, mientras que en el felino se encontrará en un rango mayor entre 0° y 160° . En el perro si el eje es menor de 40° se denomina desviación del eje a la izquierda o leveje. Si es mayor de 100° se denomina desviación del eje hacia la derecha o dextroeje.¹³

El significado de la determinación del eje cardíaco radica en la información que nos aporta sobre el agrandamiento de los ventrículos. También es útil en el diagnóstico de determinadas anomalías de la conducción (bloqueos) que afectan a las ramas izquierda y derecha del fascículo.

El método más fiable para calcular el eje cardiaco requiere medir la superficie de los complejos QRS en diferentes derivaciones, pero como ese proceso es ciertamente difícil normalmente se logra una correcta estimación del eje midiendo la amplitud de las deflexiones de los complejos QRS.^{7, 20, 22, 25, 26}

Hay tres métodos básicos para estimar el eje cardiaco en el plano frontal; estos son:

Método de derivación isoelectrica (Fig. 8) consiste en localizar aquella derivación en la que la suma algebraica de las deflexiones del complejo QRS sea igual a 0 (la positiva R, con signo positivo y las negativas Q y S con signo negativo). Esta se denominará derivación isoelectrica. El eje eléctrico cardiaco debe ser perpendicular a dicha derivación, por lo que debemos observar el valor que adquiere la suma algebraica de las deflexiones del complejo QRS en la derivación perpendicular a la isoelectrica la cual según sea positiva o negativa nos dará la estimación de los grados del eje cardiaco. Es la forma más sencilla y práctica de obtener el eje eléctrico cardiaco.

Estimación del eje por la mayor deflexión (Fig. 9) Permite estimar el eje eléctrico cardiaco con un error de aproximadamente 30° simplemente observando las derivaciones I, II y III. El procedimiento consiste en escoger la derivación con la mayor suma neta de las deflexiones del complejo QRS. El eje cardiaco será relativamente paralelo al eje de esta derivación, con lo cual sabiendo si la suma neta es positiva o negativa podremos estimar los grados de eje cardiaco asignándole el ángulo que ocupa dicha derivación en el sistema hexaxial. Este método sirve como un indicador general pues no siempre es preciso.

Representación de dos derivaciones (Fig. 10) Consiste en seleccionar dos derivaciones (suelen escogerse la derivación I y la derivación III) y obtener la suma neta de las deflexiones positivas y negativas de un complejo QRS de cada una de las dos derivaciones. Los valores obtenidos debemos superponerlos en los ejes de las derivaciones correspondientes (en el sentido positivo o negativo según corresponda). Describiremos una línea perpendicular a cada derivación desde el punto que nos ha marcado el valor que hemos superpuesto. Una línea dibujada desde el centro del sistema triaxial o hexaxial hasta el punto de corte de las dos perpendiculares nos definirá la dirección y el sentido del eje cardiaco. Es el método más preciso para la estimación del eje eléctrico medio y suele ser usado de forma rutinaria por lo que disponemos de tablas en las que introduciendo los valores descritos para las derivaciones I y III obtendremos rápidamente el eje cardiaco.^{7, 20, 22, 25, 26}

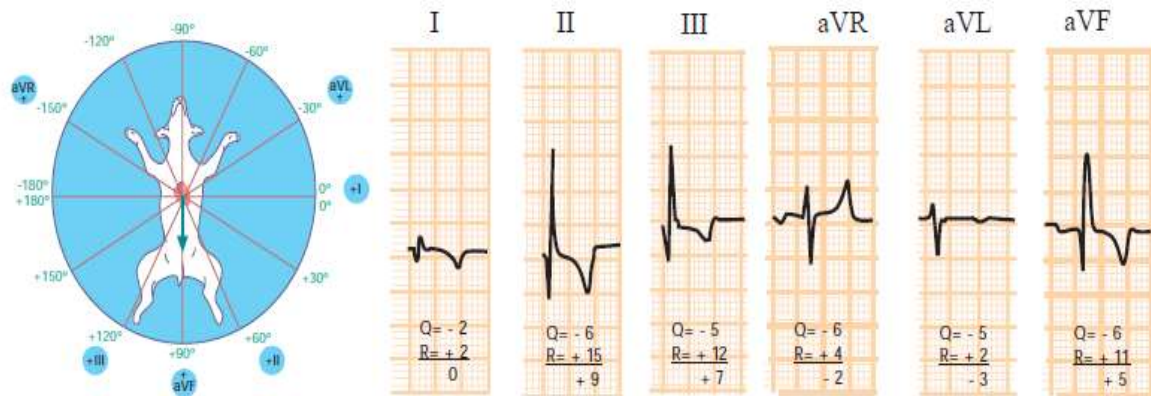


Fig. 8. El eje eléctrico medio en este electrocardiograma canino es de $+90^\circ$. La derivación I es isoelectrica (suma=0). La derivación perpendicular a la derivación I es aVF, como la derivación aVF es positiva (suma=+5), el eje calculado tiene un valor de $+90^\circ$ (eje normal) ²⁶

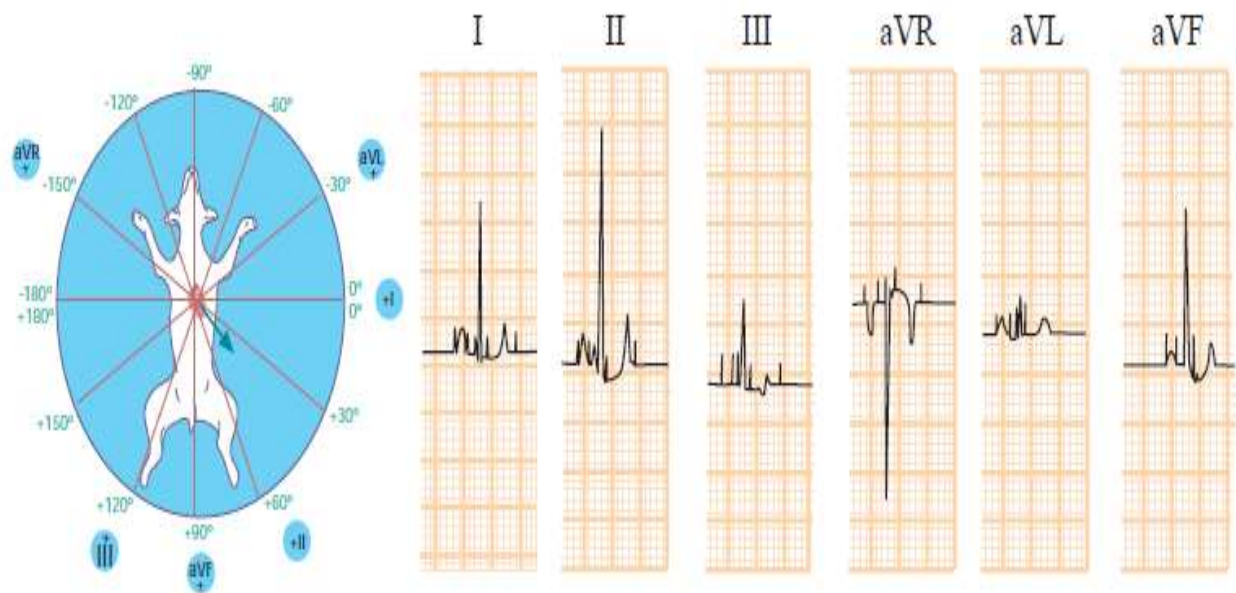


Fig. 9. En este registro electrocardiográfico, ninguna derivación es isoelectrica. La derivación II es la que tiene un complejo QRS de mayor amplitud. El eje debe ser relativamente paralelo a la derivación II, como la derivación II es positiva, el eje tiene que estar próximo a $+60^\circ$. La derivación aVL es perpendicular a la derivación II. Como aVL es más positiva, el eje es menor de 60° . El eje es de $+50^\circ$ ²⁶

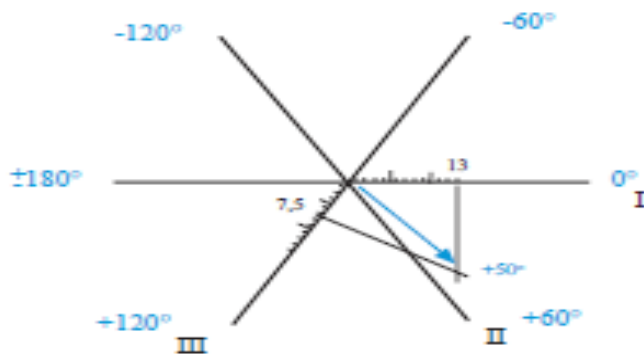
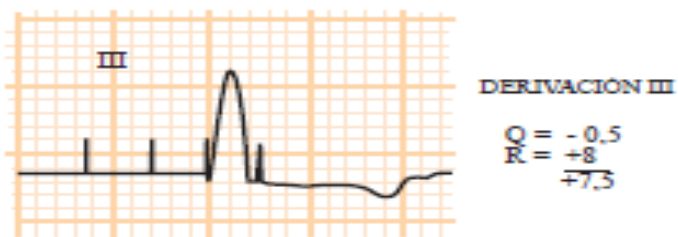
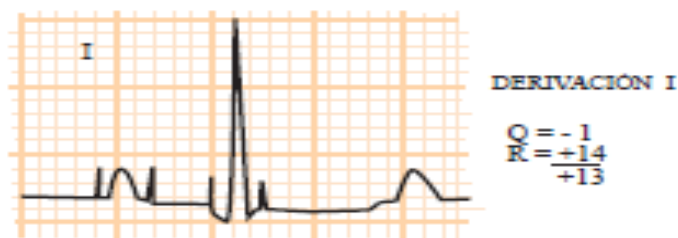


Fig. 10. El registro electrocardiográfico corresponde al mismo animal que en la Fig. 9, obteniendo un eje de $+50^\circ$ ²⁶

2.5.7 Posicionamiento del paciente para el registro electrocardiográfico

En perros, la posición ideal para obtener un buen trazado electrocardiográfico es en decúbito lateral derecho siempre que el paciente esté relajado y no comprometa su capacidad respiratoria.¹⁴

El éxito de un buen registro electrocardiográfico va a residir en el correcto posicionamiento y sujeción del paciente así como en la colocación de los electrodos. Por convenio, ciertas posturas del paciente y los lugares de colocación de los electrodos han sido estandarizados en

los animales domésticos. Los perros y gatos deben estar en decúbito lateral derecho y en la posición más confortable posible. Debemos así recordar que en animales con severa dificultad respiratoria resulta muy estresante el decúbito lateral, al igual que esta posición puede resultar inadecuada en animales en estado crítico. En estos casos el electrocardiograma puede ser hecho con el animal en decúbito esternal o incluso en estación si fuese necesario. Sin embargo, hay que tener en cuenta que con el animal en estas posiciones las medidas de amplitudes de las ondas o la detección de los patrones de agrandamiento de las cámaras (eje cardiaco) pierden fiabilidad, aunque el electrocardiograma podrá ser utilizado para la interpretación del ritmo y de los intervalos entre ondas. Es importante recordar que la detección de los agrandamientos de las cámaras requiere que nos adaptemos al estándar en cuanto a la posición del paciente y colocación de los electrodos, mientras que la evaluación de las arritmias necesita solo que los electrodos estén fijados al animal.³¹

Con el paciente en decúbito lateral derecho la persona que lo sujeta se sitúa en frente al dorso del animal pasando su brazo derecho sobre el cuello del paciente para sujetarle los antebrazos y colocando un dedo entre las dos extremidades de modo que no se toquen la una con la otra. Con la mano izquierda sujetará de forma similar las extremidades traseras. El húmero y el fémur de las extremidades deben situarse formando, en la medida de lo posible, un ángulo recto con el cuerpo y paralelos entre sí. (Fig. 11) ²⁶



Fig. 11: Posicionamiento estándar, sujeción del animal o colocación de los electrodos para la obtención del registro electrocardiográfico, (archivo personal)

Muchos valores de rangos de referencia para electrocardiogramas en posición de decúbito lateral derecho no son válidos para electrocardiogramas obtenidos en decúbito esternal o con el perro sentado.³

Existen estudios previos en los que se comprueban diferencias en los registros entre las posiciones en las que se realizó el procedimiento de electrocardiografía. Coleman *et al*¹⁷. en el año 2005 demostraron que se encuentran cambios significativos en las medidas tomadas de un electrocardiograma en un perro sentado o en decúbito esternal comparadas con las del decúbito lateral derecho. Sin embargo, en el año 2002, Rishniw *et al.*¹⁸ encontraron que el eje eléctrico medio (MEA) se desplaza a la izquierda en la posición de estación, pero se mantuvo dentro del rango normal en la posición decúbito lateral izquierdo, concluyendo que los valores no cambiaron entre las posiciones decúbito lateral derecho e izquierdo. También según Baldovino *et al.*²⁸ en el año 2006, donde no existe evidencia de variación significativa en ninguna de las 6 derivaciones estudiadas de una posición a otra, pero hay que tomar en cuenta que en dicho estudio la comparación fue entre la posición en estación y decúbito lateral derecho, y que además la población utilizada fue de tan solo 36 canes. En otro estudio de variación de eje eléctrico realizado por Ghita *et al.*²⁷ en el año 2007 se llegó a la conclusión que la posición de estación lleva el eje hacia el lado izquierdo, siendo en decúbito lateral derecho un 6.95% más altos (hacia el lado derecho) lo que es una variación significativa comparada con la posición en estación; por lo tanto, según este estudio, tenemos que la posición en estación lleva al eje hacia el lado izquierdo.

Con relación al estudio del posicionamiento en electrocardiografía en felinos, un estudio realizado en la Universidad de Bristol en Langford, (Reino Unido), por Harvey AM *et al.*²⁹, con 41 gatos en las 3 posiciones; decúbito lateral derecho (RL), decúbito esternal (ST) y decúbito lateral izquierdo (LL), mostró diferencias significativas en las amplitudes de las ondas R y MEA. Se llegó a la conclusión que las posiciones ST y LL no deberían ser utilizadas para la obtención de registros electrocardiográficos si las amplitudes y MEA se van a comparar con referencias estándar.

Con relación a los seres humanos, Nelwan *et al.*³² en el año 2001, llegaron a la conclusión que el mal posicionamiento y mala colocación de los electrodos puede generar falsas alarmas en los resultados electrocardiográficos y de esta manera complicar la interpretación del diagnóstico. Ellos analizaron a 160 pacientes en tres posiciones: supina, lateral izquierdo y de pie. Los cambios más notables se vieron en el segmento ST, la onda T así como también en la

onda QRS. No solo se vieron cambios en la posición del paciente, sino también en el posicionamiento de los electrodos en las muñecas y los tobillos cuando estos fueron colocados en los brazos y piernas.³²

III OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar si existe variación de la dirección del Eje Eléctrico Medio Cardíaco, obtenido mediante electrocardiografía, en las posiciones en decúbito lateral derecho y en decúbito lateral izquierdo en perros que serán sometidos a riesgo quirúrgico pre operatorio o chequeo cardiológico de rutina.

3.2 Objetivos Específicos

Determinar si la variación de la dirección del Eje Eléctrico Medio Cardíaco es constante en todos los casos o es aleatoria.

Determinar si la variación de la dirección del Eje Eléctrico Medio Cardíaco lleva el eje hacia la derecha (dextroeje) o hacia la izquierda (levoeje).

Determinar si la variación de la dirección del Eje Eléctrico Medio Cardíaco es dependiente de las variables sexo, edad y peso de paciente.

Determinar en la población de estudio la proporción de pacientes con diagnóstico falso positivo.

Determinar en la población de estudio la proporción de pacientes con diagnóstico falso negativo.

Determinar la sensibilidad y la especificidad estadística para el registro electrocardiográfico en la posición decúbito lateral izquierda.

IV LUGAR DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

El estudio se realizó en la Clínica Veterinaria Groomers SRL en la ciudad de Lima, distrito Miraflores, con perros (*Canis familiaris*) aparentemente sanos, que llegaron para su aseo, chequeo previo a la aplicación de vacunas, así como también aquellos perros que serían intervenidos quirúrgicamente, tanto para castración como ovario histerectomía como parte de la evaluación preanestésica.

V MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Diseño metodológico

El estudio fue de tipo descriptivo y se realizó en un consultorio veterinario en la ciudad de Lima distrito de Miraflores entre Octubre del 2014 a Junio del 2015.

Los criterios de inclusión fueron: perros de ambos sexos, a partir de un año de edad en adelante, y cualquier peso, que asistieron a la clínica veterinaria para aseo, aplicación de vacunas o riesgo quirúrgico para procedimientos de castración u ovario histerectomía, y que presenten el consentimiento firmado del dueño para la realización del procedimiento.

Los criterios de exclusión fueron: todo paciente que no sea canino, que haya tenido diagnóstico previo de enfermedad cardíaca o extra cardíaca, que al examen físico o anamnesis haya sugerido enfermedad, que a la auscultación no presentara alteración en los sonidos cardíacos y que procediera de pacientes intervenidos por emergencia o enfermedad, así como las hembras gestantes o en celo y aquellos pacientes que estaban recibiendo alguna medicación. Así mismo se descartaron aquellos animales agresivos y de difícil manejo para evitar el uso de drogas tranquilizantes.

5.2 Población y muestra

Basándonos en trabajos previos realizados en nuestro medio, en el área de cardiología tenemos que Martínez en el año 1996 muestreó un total de 50 animales, mientras que Gavazzo en el año 2005 trabajó con un total de 100 animales, lo mismo que Farias en el año 2006 que utilizó la formula descrita líneas abajo ^{11,12} la que se basa en que para determinar el tamaño de muestra se utiliza la proporción 0.5 cuando no se tiene ningún dato anterior obteniéndose con esta proporción el número más alto de muestra, por rigor científico. ¹⁹

$n =$ Tamaño de muestra

$z =$ Nivel de confianza (1.96 para seguridad del 95%)

$p =$ Prevalencia esperada (0.5)

$E =$ Grado de precisión a emplear (0.1)

$$Z^2 p (1-p)$$

$$n = \frac{\quad}{\quad}$$

$$E^2$$

$$n = 96$$

En base a estos antecedentes, y teniendo en cuenta el valor en el mercado del examen electrocardiográfico, el tamaño de muestra para el presente estudio se ha fijado en 100 animales, lo cual supera el valor de 96 obtenido por la fórmula arriba citada.

5.3 Metodología

Se seleccionaron 100 caninos de ambos sexos, de edad igual o superior al año a los que se registró el electrocardiograma por ambas posiciones, decúbito lateral derecho e izquierdo.

Para el cálculo del Eje Eléctrico Medio se utilizó el método descrito por Ynaraja y Montoya¹³ en el año 2012, el cual es el siguiente: en la derivación I se midió todos los cuadrados positivos del complejo QRS (por ejemplo 10 cuadrados positivos de la onda R) y luego se midieron todos los cuadrados negativos del complejo (por ejemplo, cuatro cuadrados negativos de la onda Q y dos de la onda S; es decir, seis cuadrados negativos) realizando la suma neta de estos valores.

En la derivación III se hizo la misma operación y los valores obtenidos se buscaron en las tablas de Tilley (anexos 2, 3, 4, 5) y se obtuvo la medida del Eje Eléctrico Medio para cada posición.¹⁴

Para el registro electrocardiográfico se colocó primero al paciente en decúbito lateral derecho sobre una superficie aislante a la electricidad, y se fijaron los electrodos de ECG con trozos de algodón embebidos en alcohol en los pliegues de los cuatro miembros de la siguiente manera, según el código de colores de la International Electrotechnical Commission (IEC):¹⁴

Rojo	: miembro torácico derecho
Amarillo	: miembro torácico izquierdo
Negro	: miembro pelviano derecho
Verde	: miembro pelviano izquierdo

Una vez el animal posicionado se procedió al registro de las 6 derivaciones (I, II, III, aVR, aVL, aVF) a una velocidad de 50mm/seg durante un mínimo de 30 segundos.¹⁴

Finalizado el registro electrocardiográfico en decúbito lateral derecho, se procedió al reposicionamiento cuidadoso en decúbito lateral izquierdo sin cambiar los electrodos de su posición para hacer un nuevo registro electrocardiográfico similar al anterior.

5.4 Equipos y Materiales

Electrocardiógrafo TEMIS PC Based ECG – TM 300 V

Alcohol

Algodón

Colchoneta aislante

Fichas de registro

Lápiz y lapiceros

Balanza

5.5 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Sexo	Variable Independiente nominal	No tiene	Hembra Macho	No tiene
Edad	Variable Intervalar	Edad en año	1 – 3 años :A 4 – 7 años :B de 8 a más :C	% de pacientes por edad
Peso	Variable Intervalar	Especificar el peso del paciente	Pequeño (hasta 10kg) Mediano (10kg < x > 20kg) Grande (Mayor a 20kg)	% de perros por peso
Posición del paciente	Variable Independiente Nominal	Especificar posición	Decúbito lateral derecho (LD) Decúbito lateral izquierdo (LI)	No tiene

5.6 Procedimientos

Para la recolección de datos y su posterior procesamiento se siguieron los siguientes procesos:

El paciente llegó al consultorio de la Clínica Veterinaria ya sea para baños, chequeo de rutina, aplicación de vacunas o realizar riesgo quirúrgico para cirugía de castración u ovario histerectomía.

Se realizó la evaluación física del paciente, incluyendo auscultación; se procedió con la anamnesis y revisión de historia clínica.

Se preparó al paciente para el procedimiento electrocardiográfico.

Se conectó el electrocardiógrafo primero al paciente en decúbito lateral derecho sobre una superficie aislante a la electricidad, y se fijó los electrodos de ECG con trozos de algodón embebidos en alcohol en los pliegues de los cuatro miembros de la manera descrita en la metodología. Una vez el animal posicionado se procedió al registro de las 6 derivaciones (I, II, III, aVR, aVL, aVF) a una velocidad de 50mm/seg durante un mínimo de 30 segundos.

Finalizado el registro electrocardiográfico en decúbito lateral derecho, se procedió al reposicionamiento cuidadoso en decúbito lateral izquierdo sin cambiar los electrodos de su posición para hacer un nuevo registro electrocardiográfico similar al anterior.

Se registraron los datos durante todo el procedimiento.

5.7 Procesamiento de datos

Los datos registrados en el equipo de electrocardiógrafo fueron analizados y evaluados y se pasaron a una base de datos en Microsoft Office Excel para su procesamiento.

La lectura de los ECG consistió en un análisis sistemático como: calcular la frecuencia cardiaca y determinar el eje eléctrico medio.

5.8 Técnicas para el procesamiento de la información

Los resultados obtenidos se ingresaron a una base de datos para posteriormente ser analizados mediante un software especial de procesamiento estadístico.

Se realizó las pruebas de comparación de Chi Cuadrado con tablas de contingencia, pruebas de chi cuadrado Nivel de significancia Mc Nemar y Pearson y pruebas simétricas *Kappa* las que van interrelacionadas. ¹⁹

Se determinaron las proporciones de falsos positivos y negativos, en función a las observaciones que resultaron fuera de los rangos normales que menciona la literatura para el eje eléctrico medio en caninos siendo este de 40 a 100°.

Se consideró una tolerancia de +/- 10° en la variación del resultado del eje eléctrico medio, siempre y cuando se mantenga dentro del rango de 40-100° que menciona la literatura.

Para considerar que no existe variación en la dirección del Eje Eléctrico Medio cuando el registro se hace en decúbito lateral izquierdo en vez de la posición estándar (derecha), debe cumplirse que en la prueba de chi cuadrado el nivel de significancia de Mc Nemar sea menor a 0.05 y el valor de medidas simétricas (*Kappa*) debe tener una concordancia mayor o igual a 0.8 (80%). (Falcón, comunicación personal, Diciembre 2015)

Los resultados de las pruebas estadísticas se expresan con un nivel de confiabilidad del 95%.

5.9 Aspectos éticos y legales

Para la realización de este proyecto, los propietarios de los pacientes que fueron evaluados, firmaron un documento, el cual acredita el permiso que otorga dicho propietario a la suscrita, aceptando la realización de la prueba. (Anexo 1)

VI RESULTADOS

En el presente estudio se evaluaron 200 electrocardiogramas, dos por cada paciente (uno en cada posición estudiada: decúbito lateral derecho y decúbito lateral izquierdo).

En el Cuadro 1, se muestra la distribución de todos los animales a los que se les hizo el registro electrocardiográfico según las variables en estudio. Tenemos que de los 100 muestreados 53% fueron hembras mientras que el 47% restante fueron machos. Vemos que en la clase etaria el 27% de perros muestreados están entre 1 a 3 años, el 46% entre 4 y 7 años y el otro 27% animales de más de 8 años. En lo que se refiere al peso tenemos un 65% de perros pequeños entre 0 y 10kg, medianos de 11 a 20kg 22% y grandes de 21kg a más, 13%.

El Cuadro 2 muestra el valor de significancia obtenido por la prueba de chi cuadrado de McNemar (0,701) el cual al ser mayor que 0.05 nos muestra que no existe diferencia significativa. Sin embargo, al calcular la concordancia con la prueba de medidas simétricas se obtuvo un valor de *kappa* de 42%, lo que nos indica que hay baja concordancia entre ellos, ya que para poder afirmar que las lecturas de ambas posiciones son similares, la concordancia debería tener un 80% como mínimo (Falcón comunicación personal). Por lo tanto, podemos afirmar que los resultados obtenidos en los registros en las dos posiciones son diferentes.

En el Cuadro 3, donde se comparan ambas lecturas para el total de la población en estudio, notamos que si existe variación en los resultados obtenidos. Al realizar el examen en la posición izquierda se obtuvieron 15 casos falsos negativos (15%) y 12 falsos positivos (12%) donde observamos un resultado de 27 (27%) de resultados discrepantes en comparación a la posición derecha que es la posición estandarizada y recomendada por la literatura para registro electrocardiográfico en caninos. Se encontró una variación aleatoria por lo que no se puede hablar de un porcentaje específico de variación.

6.1 Variable Peso:

El Cuadro 4 nos resume los resultados positivos en posición decúbito lateral derecha e izquierda. En función a la variable “Peso”, podemos observar que el 61% de la población

total tuvo un eje eléctrico medio normal (negativo), mientras que el 39% presentó un desvío del mismo. Así mismo, nos resume los hallazgos en posición decúbito lateral izquierdo para la variable “Peso”. Se observa que al 64% de la población total se le diagnosticó un eje eléctrico medio normal (negativo), mientras que el 36% presentó un desvío del mismo.

Al enfrentar los resultados obtenidos en la posición izquierda frente a los de la posición derecha (estándar) por grupo de peso, tenemos que los pacientes de mayor peso (más de 20 kg) presentaron un 7.1% de diagnósticos falso-negativos y falso-positivos (Cuadro 6). En cuanto a las pruebas de chi cuadrado Mc Nemar tenemos que no hay significancia, mientras que el test de medidas simétricas arrojó un valor de *kappa* de 0.650 (Cuadro 5), que al ser menor a 0.8 indica que no hay concordancia significativa.

Los perros de peso mayor a 10 kg y menor a 20 kg (“medianos”) tuvieron un 14.3% de diagnósticos falsos negativos y 14.3% falsos positivos cuando se realizó el examen en posición izquierda (Cuadro 7). Con relación a las pruebas de chi cuadrado Mc Nemar igualmente no hay significancia y el test de medidas simétricas arrojó un valor de *kappa* de 0.427, por lo que no hay concordancia tampoco (Cuadro 5).

En el caso de los pacientes de hasta 10 kg de peso (“pequeños”) el registro en la posición izquierda arrojó 16.9% de falsos negativos y 12.3% de falsos positivos (Cuadro 8). En el test de chi cuadrado encontramos una diferencia de 0.648 (Cuadro 5) por lo tanto ya que es un valor por encima de 0.05 vemos que no hay diferencia significativa, y en el test de medidas simétricas arrojó un valor de *kappa* de 0.368, por lo que tampoco hay concordancia (Cuadro 5).

Con relación a la prueba de chi cuadrado de Pearson, no mostró diferencia significativa (Cuadro 4) ni en el lado derecho ni en el izquierdo ya que los valores de significancia son mayores a 0.05.

6.2 Variable Sexo:

En cuanto a la variable “Sexo”, en el Cuadro 4 vemos los resultados para el total de la población mediante un registro en posición decúbito lateral derecho. El 51.1% de machos resultó con un eje normal (negativo), mientras que el 48.9% tuvo el eje desviado (positivo). El

69.8% de hembras tuvo un eje normal (negativo) y el 30.2% fue positivo a desvío. Vemos que aparentemente los machos parecen tener una mayor tendencia al desvío del eje eléctrico.

Con respecto a los resultados por “Sexo” para el total de la población mediante un registro en posición decúbito lateral izquierdo, el Cuadro 4 muestra que 53.2% de machos resultó con un eje normal, mientras que el 46.8% tuvo el eje desviado. El 73.6% de hembras tuvo un eje normal y el 26.4% fue positivo a desvío. El total de la población dio los siguientes resultados: 64% con eje normal y 36% con desvío de eje; en este caso la prueba de chi cuadrado de Pearson dio un valor menor a 0.05 (Cuadro 4) lo que indica que estadísticamente son diferentes, es decir, es más frecuente el diagnóstico de desvío del eje eléctrico en machos cuando el registro se hace en posición decúbito lateral izquierdo.

Al enfrentar los resultados obtenidos en pacientes machos en posición lateral izquierda frente a la posición estándar (derecha) podemos notar que en la posición izquierda se tuvo un 17% de falsos positivos y 14.9% de falsos negativos (Cuadro 9). Al respecto, si bien la prueba de chi cuadrado Mc Nemar, no mostró diferencia significativa (Cuadro 5), el test de medidas simétricas arrojó un valor de $kappa$ de 0.361, que al ser menor a 0.7 indica que no hay concordancia significativa, es decir, la posición izquierda no reemplaza a la derecha.

Con respecto a las hembras, la posición lateral izquierda arrojó un 13.2% de falsos positivos y 9.4% de falsos negativos (Cuadro 10). Al igual que en el caso de los machos, la prueba de chi cuadrado Mc Nemar, no mostró diferencia significativa 0.774 (Cuadro 5), mientras que el valor de medidas simétricas $kappa$ fue de 0.443 indicando que no hay concordancia, es decir, tampoco en este caso la posición izquierda reemplaza a la derecha.

La prueba de chi cuadrado de Pearson dio un valor mayor a 0.05 (Cuadro 4) por lo que estadísticamente ambos sexos son similares cuando la prueba se hace por el lado derecho; pero es menor a 0.05 cuando se realiza la prueba por el lado izquierdo (0.034) por lo que podemos decir que si hay diferencia significativa.

6.3 Variable Edad:

El Cuadro 4 muestra los resultados por “Edad” mediante un registro en posición decúbito lateral derecho. Podemos observar que el desvío de eje es más frecuente en los pacientes de 1-

3 años. Esto se corrobora mediante la prueba de chi cuadrado de Pearson, obteniendo un valor menor a 0.05, lo que ratifica la diferencia.

Con respecto a los resultados por “Edad” mediante un registro en posición decúbito lateral izquierdo, muestra similitudes entre los tres grupos etarios en estudio, lo que es reafirmado con la prueba de chi cuadrado de Pearson que arrojó un valor de 0.71, indicando que no hay diferencia estadística significativa.

Al enfrentar los resultados obtenidos en pacientes de 1-3 años en posición lateral izquierda frente a la posición estándar (derecha) podemos notar que en la posición izquierda se tuvo un 25.9% de falsos positivos y 11.1% de falsos negativos (Cuadro 11). La prueba de chi cuadrado *Mc Nemar* no mostró diferencia significativa (Cuadro 5), mientras que el test de medidas simétricas arrojó un valor de *kappa* de 0.266, indicando que no hay concordancia significativa, es decir, la posición izquierda no reemplaza a la derecha (Cuadro 5).

En los pacientes de 4-7 años (Cuadro 12), el registro en posición izquierda generó un 13% de falsos negativos y 17.4% de falsos positivos. La prueba de chi cuadrado no mostró diferencia significativa (Cuadro 5), mientras que el test de medidas simétricas arrojó un valor de *kappa* de 0.348, indicando que no hay concordancia significativa (Cuadro 5).

Finalmente los pacientes de 8 años a más presentaron 7.4% de falsos negativos y 3.7% de falsos negativos (Cuadro 13). Como en todos los casos anteriores, la prueba de chi cuadrado *Mc Nemar* no mostró diferencia significativa (Cuadro 5), mientras que el test de medidas simétricas arrojó un valor de *kappa* de 0.743, indicando que no hay concordancia significativa (Cuadro 5), aunque vale la pena mencionar que fue el mayor índice de concordancia obtenido en todo el estudio.

Cuadro 1. Distribución de la población total de caninos sometidos a registro electrocardiográfico según variables

VARIABLES	ESTRATO	TOTAL
PESO	PEQUEÑO (0-10KG)	65
	MEDIANO (11-20KG)	22
	GRADE (21-MÁS)	13
SEXO	HEMBRA	53
	MACHO	47
EDAD	1- 3 AÑOS	27
	4-7 AÑOS	46
	8- A MÁS	27

Cuadro 2. Chi cuadrado y medidas simétricas para la población total de los pacientes caninos en estudio a los que se les realizó el registro electrocardiográfico.

POBLACION TOTAL	PRUEBA DE CHI CUADRADO Mc NEMAR	MEDIDAS SIMETRICASS KAPPA
100	0,701	0,425

Cuadro 3. Distribución de los resultados de la dirección del eje eléctrico medio cardiaco obtenidos en la posición decúbito lateral derecho y decúbito lateral izquierdo a 100 pacientes caninos mediante registro electrocardiográfico

		RESULTADO LATERAL		DECUBITO IZQUIERDO
		NEGATIVO	POSITIVO	TOTAL
RESULTADO DECUBITO LATERAL DERECHO	NEGATIVO	49 (49,0%)	12 (12,0%)	61 (61,0%)
	POSITIVO	15 (15,0%)	24 (24,0%)	39 (39,0%)
	TOTAL	64 (64,0%)	36 (36,0%)	100 (100%)

Cuadro 4. Resultados positivos según lado de evaluación distribuidos según variables demográficas de los caninos sometidos al registro electrocardiográfico.

VARIABLE	ESTRATO	TOTAL	LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		
			NRO.	%	NIVEL DE SIG. PEARSON	NRO.	%	NIVEL DE SIG. PEARSON
PESO	20KG A MÁS	13	5	38.5	0.521	5	38.5	0.428
	10KG A 20KG	22	9	40.9		9	40.9	
	0 A 10KG	65	25	38.5		22	33.8	
	TOTAL	100%	39%			36%		
SEXO	MACHO	47	23	48.9	0.055	22	46.8	0.034
	HEMBRA	53	16	30.2		14	26.4	
	TOTAL	100%	39%			36%		
EDAD	1 a 3 AÑOS	27	14	51.9	0.275	10	37	0.71
	4 A 7 AÑOS	46	16	34.8		18	29.1	
	8 A MÁS	27	9	33.3		8	29.6	
	TOTAL	100%	39%			36%		

Cuadro 5. Resumen de los resultados de las pruebas de chi cuadrado Mc Nemar (p), y pruebas simétricas (*kappa*) de los pacientes en estudio. (n=100) a los que se les realizó registro electrocardiográfico

VARIABLES	Mc SIGNIFICANCIA	NEMAR	PRUEBAS SIMÉTRICAS (KAPPA)
PESO	PEQUEÑO (0-10KG)	0.648	0.368
	MEDIANO (11- 20KG)	1.000	0.427
	GRADE (21-MÁS)	1.000	0.650
SEXO	HEMBRA	0.774	0.443
	MACHO	1.000	0.361
EDAD	1- 3 AÑOS	0.334	0.266
	4-7 AÑOS	0.791	0.348
	8- A MÁS	1.000	0.743

* POB TOTAL Mc NEMAR 0,701 Y KAPPA 0,425

Cuadro 6. Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para la variable "peso" mayor de 20kg. en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico

		RESULTADO IZQUIERDO			Total
		NEGATIVO	POSITIVO		
RESULTADO DERECHO	NEGATIVO	Recuento	9	1	10
		% del total	64,3%	7,1%	71,4%
	POSITIVO	Recuento	1	3	4
		% del total	7,1%	21,4%	28,6%
Total	Recuento	10	4	14	
	% del total	71,4%	28,6%	100,0%	

Cuadro 7. Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "peso" hasta 20kg. en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico

		RESULTADO IZQUIERDO			Total
		NEGATIVO	POSITIVO		
RESULTADO DERECHO	NEGATIVO	Recuento	8	3	11
		% del total	38,1%	14,3%	52,4%
	POSITIVO	Recuento	3	7	10
		% del total	14,3%	33,3%	47,6%
Total	Recuento	11	10	21	
	% del total	52,4%	47,6%	100,0%	

Cuadro 8. Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "peso" menor de 10kg. en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico

			RESULTADO IZQUIERDO		Total
			NEGATIVO	POSITIVO	
RESULTADO DERECHO	NEGATIVO	Recuento	32	8	40
		% del total	49,2%	12,3%	61,5%
	POSITIVO	Recuento	11	14	25
		% del total	16,9%	21,5%	38,5%
Total		Recuento	43	22	65
		% del total	66,2%	33,8%	100,0%

Cuadro 9. Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "sexo" Macho en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico

			RESULTADO IZQUIERDO		Total
			NEGATIVO	POSITIVO	
RESULTADO DERECHO	NEGATIVO	Recuento	17	7	24
		% del total	36.2%	14.9%	51.1%
	POSITIVO	Recuento	8	15	23
		% del total	17.0%	31.9%	48.9%
Total		Recuento	25	22	47
		% del total	53.2%	46.8%	100,0%

Cuadro 10. Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "sexo" Hembra en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico

			RESULTADO IZQUIERDO		Total
			NEGATIVO	POSITIVO	
RESULTADO DERECHO	NEGATIVO	Recuento	32	5	37
		% del total	60,4%	9,4%	69,8%
	POSITIVO	Recuento	7	9	16
		% del total	13,2%	17,0%	30,2%
Total	Recuento	39	14	53	
	% del total	73,6%	26,4%	100,0%	

Cuadro 11. Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "edad" 1 a 3 años en los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico.

			RESULTADO IZQUIERDO		Total
			NEGATIVO	POSITIVO	
RESULTADO DERECHO	NEGATIVO	Recuento	10	3	13
		% del total	37,0%	11,1%	48,1%
	POSITIVO	Recuento	7	7	14
		% del total	25,9%	25,9%	51,9%
Total	Recuento	17	10	27	
	% del total	63,0%	37,0%	100,0%	

Cuadro 12. Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "edad" 4 a 7 años a los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico

		RESULTADO IZQUIERDO		Total	
		NEGATIVO	POSITIVO		
RESULTADO DERECHO	NEGATIVO	Recuento	22	8	30
		% del total	47,8%	17,4%	65,2%
	POSITIVO	Recuento	6	10	16
		% del total	13,0%	21,7%	34,8%
Total	Recuento	28	18	46	
	% del total	60,9%	39,1%	100,0%	

Cuadro 13. Resultados según la posición decúbito lateral derecha e izquierda para variable "edad" 8 a más años a los pacientes caninos que fueron sometidos a registro electrocardiográfico

		RESULTADO IZQUIERDO		Total	
		NEGATIVO	POSITIVO		
RESULTADO DERECHO	NEGATIVO	Recuento	17	1	18
		% del total	63,0%	3,7%	66,7%
	POSITIVO	Recuento	2	7	9
		% del total	7,4%	25,9%	33,3%
Total	Recuento	19	8	27	
	% del total	70,4%	29,6%	100,0%	

Cuadro 14. Sensibilidad y especificidad de los resultados de la dirección del eje eléctrico medio cardiaco obtenidos en la posición decúbito lateral derecho y decúbito lateral izquierdo según las variables "peso", "sexo" y "edad" de los pacientes que fueron sometidos a registro electrocardiográfico.

VARIABLE		SENSIBILIDAD	ESPECIFICIDAD
POBLACION GENERAL		61.50%	80.30%
PESO	PEQUEÑO (0-10KG)	56.00%	80.00%
	MEDIANO (11- 20KG)	70.00%	72.70%
	GRADE (21-MÁS)	75.00%	90.00%
SEXO	MACHO	65.20%	70.80%
	HEMBRA	56.30%	86.50%
EDAD	1 - 3 AÑOS	50.00%	76.90%
	4 - 7 AÑOS	62.50%	73.30%
	8 A MAS AÑOS	77.80%	94.40%

VII DISCUSIÓN

En un estudio realizado por Rishniw³⁹ *et al.* en el año 2002, en 39 perros en los que se compararon las posiciones lateral derecha, estación y lateral izquierda, se encontró que el eje eléctrico medio no varió al realizar el estudio en posición decúbito lateral izquierda, mientras que si existió variación en la posición de estación. Otro estudio realizado por Baldovino²⁸ *et al.* en el año 2006 en 36 perros, en las posiciones decúbito lateral derecho y estación tampoco evidenció diferencia significativa entre las dos medidas obtenidas en las dos posiciones. Ambos estudios difieren con los resultados del presente estudio, aunque el segundo no trabajó específicamente con la posición lateral izquierda. Hay que considerar que las poblaciones utilizadas en ambos estudios fueron relativamente pequeñas, por lo que se asume que a población mayor hay más exactitud en los resultados.

Los estudios de Coleman¹⁷ *et al.* en el año 2005 con 31 perros, Ghita²⁷ *et al.* el año 2007 con 20 perros y Stern³³ *et al.* en el año 2013 con 65 perros, si mostraron diferencia según el posicionamiento del paciente, pero ninguno de ellos trabajó con la posición lateral izquierda considerando a la posición lateral derecha, esternal o de pie. Además, todos los casos mencionados utilizan poblaciones menores a la presente investigación.

Por otro lado, un estudio realizado en 47 gatos si mostró diferencias entre los valores obtenidos en las posiciones lateral derecha, esternal y lateral izquierda (Harvey²⁹ *et al.*, año 2005), lo que concuerda con el presente estudio.

Finalmente, un estudio realizado en humanos por Nelwan³² *et al.* en el año 2001 con 160 pacientes en la posición supina, lateral izquierda y de pie, encontró variación en el eje solo en el 14% de los pacientes en estudio, aunque hay que considerar que la anatomía del ser humano difiere de la de los cuadrúpedos por lo que los posicionamientos difieren totalmente de los recomendados en veterinaria.

VIII CONCLUSIONES

Existe diferencia en la dirección del eje eléctrico medio cardiaco en las posiciones decúbito lateral derecho y izquierdo.

La variación de la dirección del eje eléctrico medio cardiaco en las dos posiciones es aleatoria para todas las variables no siendo indistintamente hacia la derecha o hacia la izquierda.

El porcentaje de falsos positivos de la población total del estudio fue de 12% oscilando entre 3.7% y 17.4%

El porcentaje de falsos negativos de la población total del estudio fue de 15% oscilando entre 7.1% y 25.9%

La sensibilidad estadística de la determinación en la posición del eje eléctrico medio cardiaco lateral izquierdo respecto a la posición estándar lateral derecha fue de 61.5% (50 – 77%) (Cuadro 14)

La especificidad estadística de la determinación en la posición del eje eléctrico medio cardiaco lateral izquierda respecto a la posición estándar fue de 80.3% (70.8 – 94.4%) (Cuadro 14)

IX RECOMENDACIONES

Capacitar adecuadamente al personal veterinario encargado de realizar los registros electrocardiográficos para evitar malos posicionamientos y diagnósticos errados.

Realizar estudios similares en caninos considerando otras posiciones (de pie, esternal y decúbito dorsal)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARCHIVOS BOLIVIANOS DE LA HISTORIA DE LA MEDICINA vol. 7, N° 2 y Vol. 8 N° 1 – Julio, 2001 – Junio, 2002

GUYTON Y HALL, Tratado de Fisiología Medica Decimosegunda edición, 2011- Elsevier Saunders

COLEMAN MG, Y ROBSON MC. Am J Vet Res 2005;66: pp 233-237

TILLEY, L. & BURTNICK, N. Manual de Consulta Rápida Electrocardiografía práctica en pequeños animales. 2000 Barcelona.

SEVERIN, G. 1992. Manual de Cardiología Veterinaria. Buenos Aires.

MARTIN, M. 2001 ECG en pequeños animales. una guía introductoria. Buenos Aires.

TILLEY, L. 1992. Essentials of Canine and Feline Electrocardiography. Interpretation and treatment. Third edition. Philadelphia.

NELSON, R. & COUTO, C. 1999. Manual de Medicina Interna de Pequeños Animales. Madrid

BELERENIAN, G.; MUCHA, C. & CAMACHO, A. 2001 Afecciones Cardiovasculares en pequeños animales. Buenos Aires.

GARCIA-SACRISTAN, A. 1995 Fisiología Veterinaria. Mac Graw-Hill Interamericana España.

MARTÍNEZ, R. 1996. Aplicación de la electrocardiografía en la Clínica de caninos. Tesis para optar el Título de Médico Veterinario. UNMSM. Lima.

GAVAZZO, F. 2005. Casuística de Cardiopatías en perros (*Canis familiaris*) en Lima Metropolitana. Tesis para optar el Título de Médico Veterinario. UAP. Lima.

MONTOYA J, YNARANJA, E. (1998) Medicina cardiovascular de Pequeños Animales. Barcelona, ed. Multimédica, 603 p

MONTOYA J, YNARANJA, E 2012 – Manual de electrocardiografía clínica canina – 2da Edición– Grupo Asis

G. CUNNINGHAM, B.G. KLEIN, 2009 Fisiología Veterinaria, Cap. 19, Cuarta Edición, Elsevier Saunders

PASŁAWSKA U. The Electrocardiographic curve of clinically healthy dogs of selected breed. Electronic Journal of Polish agricultural Universities, Veterinary Medicine, Volume 1, issue 1.

Available online: <http://www.ejpau.media.pl/series/volume1/veterinary/art-04.html>

COLEMAN MG, ROBSON MC, 2005 AM J Vet Res
http://www.ecgveterinaria.com/pdf/Posicionamiento_en_ECG_y_ECO.pdf

M RISHNIW 2002 Effect of body position on the 6 lead ECG of dogs. J Vet Intern Med 16:69 – 73

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1939-676.2002.tb01608.x/pdf>

DANIEL W. 2009, Bioestadística Base para el análisis de las ciencias de la Salud – 4ta. Edición – Limusa Wiley

EDWARDS NJ 1987 Bolton's Handbook of Canine and Feline Electrocardiography. 2nd Edition Philadelphia: W.B. Saunders Co.

MEDER AR, 2010 Ciencia Veterinaria, Volumen 12 – Numero 1 –General Pico – La Pampa, República de Argentina <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/revet/n12a07meder.pdf>

ETTINGER SJ, Textbook of Veterinary Internal Medicine 3th Ed. Philadelphia W.B. Saunders Co. 1989

BURCH G, Principios de Electrocardiografía 3era. Edición Buenos Aires, Ed. El Ateneo – 1965

ZENDEJAS F J, Posibilidades y Limitaciones de la electrocardiografía canina – Facultad de Estudios Profesionales Cuautitlán, Estado de Mexico – 1981

FOX PR, Canine and Feline Cardiology, Churchill – Livingstone, 1988

SANTAMARIA PERNAS,G; TORIBIO ALVAREZ, R; SUAREZ REY, M;
Electrocardiografía en pequeños animales, Lugo – España www.consultavet.org

GHITA M., COTOR G., BRASLASU R., Researches on the variation of the mean electrical axis in dogs depending on the ECG recording position, - Faculty of Veterinary Medicine Bucuresti, Rumanía 2007. http://www.usab-tm.ro/vol7MV/69_vol7.pdf

BALDOVINO A. GIL A. ROTUNNO A. Estudio comparativo de amplitud de ondas electrocardiográficas en perros en la estación y en decúbito lateral derecho – Universidad de la República, Montevideo – Uruguay – 2006

<http://revistas.um.es/analesvet/article/view/760>

HARVEY AM, Efecto de la posición corporal en los registros electrocardiográficos en felinos. Bristol University – UK <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1939-1676.2005.tb02723.x/pdf>

GUADALAJARA. J. 1991. Cardiología. Cuarta edición. México

TORIO ALVAREZ, R. SUAREZ REY Ma L. Principios Básicos de Electrocardiografía Veterinaria – España <http://www.consultavet.org>

NELWAN SP, MEIJ SH, VAN DAM TB, KORS JA - Correction of ECG variations caused by body position changes and electrode placement during ST-T monitoring (2001)

Anexo 1

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____ autorizo que se realice el proceso de Registro Electrocardiográfico a mi mascota _____ de especie _____ para su utilización dentro de los proyectos de investigación de la Universidad Ricardo Palma, por lo que me comprometo a no realizar ningún tipo de reclamo judicial en caso de ocurrir algún accidente durante el procedimiento y a cumplir las pautas recomendadas para mi mascota luego del registro.

Lima, ____ de _____ de 20__

Firma del interesado

DNI N° _____

TABLAS DE TILLEY

Anexo 2

Tablas de Tilley - Derivación I Positiva, Derivación III Positiva

Derivación III Positiva	Derivación I Positiva																						
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	20,0	
0,0		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
0,5	90	60	49	44	41	39	38	37	36	35	35	34	33	33	33	32	32	32	32	32	32	32	31
1,0	90	71	60	53	49	46	44	42	41	40	39	38	37	36	35	35	34	34	34	33	33	33	32
1,5	90	76	67	60	55	52	49	47	45	44	43	41	39	38	38	37	36	36	36	35	35	35	33
2,0	90	79	71	65	60	56	53	51	49	47	46	44	42	41	40	39	38	38	37	37	36	36	35
2,5	90	81	74	68	64	60	57	54	52	51	49	47	45	43	42	41	40	39	39	38	38	36	36
3,0	90	82	76	71	67	63	60	57	55	53	52	49	47	45	44	43	42	41	40	39	39	37	37
3,5	90	83	78	73	69	66	63	60	58	56	54	51	49	47	46	44	43	42	42	41	40	40	38
4,0	90	84	79	75	71	68	65	62	60	58	56	53	51	49	47	46	45	44	43	42	42	42	39
4,5	90	85	80	76	73	69	67	64	62	60	58	55	53	51	49	48	47	45	44	43	43	43	40
5,0	90	85	81	77	74	71	68	66	64	62	60	57	55	52	51	49	48	47	46	45	44	44	41
6,0	90	86	82	79	76	73	71	69	67	65	63	60	57	55	53	52	50	49	48	47	46	46	43
7,0	90	87	83	81	78	75	73	71	69	67	65	63	60	58	56	54	53	51	50	49	48	48	44
8,0	90	87	84	82	79	77	75	73	71	69	68	65	62	60	58	56	55	53	52	51	50	50	46
9,0	90	87	85	82	80	78	76	74	73	71	69	67	64	62	60	58	57	55	54	53	52	52	48
10,0	90	88	85	83	81	79	77	76	74	72	71	68	66	64	62	60	58	57	56	54	53	53	49
11,0	90	88	86	84	82	80	78	77	75	73	72	70	67	65	63	62	60	59	57	56	55	55	50
12,0	90	88	86	84	82	81	79	78	76	75	73	71	69	67	65	63	61	60	59	57	56	56	52
13,0	90	88	86	84	83	81	80	78	77	76	74	72	70	68	66	64	63	61	60	59	58	58	53
14,0	90	88	87	85	83	82	80	79	78	77	75	73	71	69	67	66	64	63	61	60	59	59	55
15,0	90	88	87	85	84	82	81	80	78	77	76	74	72	70	68	67	65	64	62	61	60	60	55
20,0	90	89	88	87	85	84	83	82	81	80	79	77	76	74	72	71	70	68	67	65	65	65	60

Tablas matemáticas para el cálculo del eje cardíaco. Tomado de L. P. Tilley: *Essentials of canine and feline electrocardiography*, 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, USA, 1992.

Anexo 3

Tablas de Tilley - Derivación I Positiva, Derivación III Negativa

Derivación III Negativa	Derivación I Positiva																					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	20,0
0,0		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
0,5	-90	-30	0	11	16	19	21	22	23	24	25	26	26	27	27	27	28	28	28	28	28	29
1,0	-90	-60	-30	-11	0	7	11	14	16	18	19	21	22	23	24	25	25	26	26	26	27	27
1,5	-90	-71	-49	-30	-16	-7	0	5	7	11	13	16	18	20	21	22	23	23	24	24	25	26
2,0	-90	-76	-60	-44	-30	-19	-11	-5	0	4	7	11	14	16	18	19	20	21	22	22	23	25
2,5	-90	-79	-67	-53	-41	-30	-21	-14	-8	-4	0	6	9	12	14	16	17	19	20	20	21	23
3,0	-90	-81	-71	-60	-49	-39	-30	-22	-16	-11	-7	0	5	8	11	13	15	16	17	18	19	22
3,5	-90	-82	-74	-65	-55	-46	-38	-30	-23	-18	-13	-8	0	4	7	10	12	14	15	16	17	21
4,0	-90	-83	-76	-68	-60	-52	-44	-37	-30	-24	-19	-11	-5	0	4	7	9	11	13	14	15	19
4,5	-90	-84	-76	-71	-64	-56	-49	-42	-36	-30	-25	-16	-9	-4	0	3	6	8	10	12	13	18
5,0	-90	-85	-79	-73	-67	-60	-53	-47	-41	-35	-30	-21	-14	-8	-4	0	3	6	8	9	11	16
6,0	-90	-86	-81	-76	-71	-66	-60	-54	-49	-44	-39	-30	-22	-16	-11	-7	-3	0	3	5	7	13
7,0	-90	-86	-82	-78	-74	-69	-65	-60	-55	-51	-46	-38	-30	-23	-18	-13	-9	-6	-3	0	2	10
8,0	-90	-87	-83	-80	-76	-72	-68	-64	-60	-56	-52	-44	-37	-30	-24	-19	-15	-11	-8	-5	-2	7
9,0	-90	-87	-84	-81	-78	-74	-71	-67	-64	-60	-56	-49	-42	-36	-30	-25	-20	-16	-13	-9	-7	3
10,0	-90	-87	-85	-82	-79	-76	-73	-70	-67	-63	-60	-53	-47	-41	-35	-30	-25	-21	-17	-14	-11	0
11,0	-90	-88	-85	-83	-80	-77	-75	-72	-69	-66	-63	-57	-51	-45	-40	-35	-30	-26	-22	-18	-15	-3
12,0	-90	-88	-86	-83	-81	-79	-76	-74	-71	-68	-66	-60	-54	-49	-44	-39	-34	-30	-26	-22	-19	-7
13,0	-90	-88	-86	-84	-82	-80	-77	-75	-73	-70	-68	-63	-57	-52	-47	-43	-38	-34	-30	-26	-23	-10
14,0	-90	-88	-86	-84	-82	-80	-78	-76	-74	-72	-69	-65	-60	-55	-51	-46	-42	-38	-34	-30	-27	-13
15,0	-90	-88	-87	-85	-83	-81	-79	-77	-75	-73	-71	-67	-62	-58	-53	-49	-45	-41	-37	-33	-30	-16
20,0	-90	-89	-87	-86	-85	-83	-82	-81	-79	-78	-76	-73	-70	-67	-63	-60	-57	-53	-50	-47	-44	-30

Tablas matemáticas para el cálculo del eje cardiaco. Tomado de L. P. Tilley: *Essentials of canine and feline electrocardiography*. 3^{ra} ed. Lea & Febiger. Philadelphia, USA, 1992.

Anexo 4

Tablas de Tilley - Derivación I Negativa, Derivación III Positiva

Derivación III Positiva	Derivación I Negativa																					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	20,0
0,0		-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150
0,5	90	150	180	-169	-164	-161	-159	-158	-157	-156	-155	-154	-154	-153	-153	-152	-152	-152	-152	-152	-152	-151
1,0	90	120	150	169	180	-173	-169	-166	-164	-162	-161	-159	-158	-157	-156	-155	-155	-154	-154	-154	-153	-153
1,5	90	109	131	150	164	173	180	-175	-172	-169	-167	-164	-162	-160	-159	-158	-157	-157	-156	-156	-155	-154
2,0	90	104	120	136	150	161	169	175	180	-176	-173	-169	-166	-164	-162	-161	-160	-159	-158	-158	-157	-155
2,5	90	101	113	127	139	150	159	166	172	176	180	-174	-171	-168	-166	-164	-163	-161	-160	-160	-159	-157
3,0	90	99	109	120	131	141	150	158	164	169	173	180	-175	-172	-169	-167	-165	-164	-163	-162	-161	-158
3,5	90	98	106	115	125	134	142	150	157	162	167	174	-180	-176	-173	-170	-168	-166	-165	-164	-163	-159
4,0	90	97	104	112	120	128	136	143	150	156	161	169	175	180	-176	-173	-171	-169	-167	-166	-165	-161
4,5	90	96	102	109	116	124	131	138	144	150	155	164	171	176	180	-177	-174	-172	-170	-168	-167	-162
5,0	90	95	101	107	113	120	127	133	139	145	150	159	166	172	176	180	-177	-174	-172	-171	-169	-164
6,0	90	94	99	104	109	114	120	126	131	136	141	150	158	164	169	173	177	180	-177	-175	-173	-167
7,0	90	94	98	102	106	111	115	120	125	129	134	142	150	157	162	167	171	174	177	180	-178	-170
8,0	90	93	97	100	104	108	112	116	120	124	128	136	143	150	156	161	165	169	172	175	178	-173
9,0	90	93	96	99	102	106	109	113	116	120	124	131	138	144	150	155	160	164	167	171	173	-177
10,0	90	93	95	98	101	104	107	110	113	117	120	127	133	139	145	150	155	159	163	166	169	180
11,0	90	92	95	97	100	103	105	108	111	114	117	123	129	135	140	145	150	154	158	162	165	177
12,0	90	92	94	97	99	101	104	106	109	112	114	120	126	131	136	141	146	150	154	158	161	173
13,0	90	92	94	96	98	100	103	105	107	110	112	117	123	128	133	137	142	146	150	154	157	170
14,0	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	111	115	120	125	129	134	138	142	146	150	153	167
15,0	90	92	93	95	97	99	101	103	105	107	109	113	118	122	127	131	135	139	143	147	150	164
20,0	90	92	93	94	95	97	98	99	101	102	104	107	110	113	117	120	123	127	130	133	136	150

Tablas matemáticas para el cálculo del eje cardíaco. Tomado de L. P. Tilley: *Essentials of canine and feline electrocardiography*, 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, USA, 1992.

Anexo 5

Tablas de Tilley - Derivación I Negativa, Derivación III Negativa

Derivación III Negativa	Derivación I Negativa																					
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	20,0
0,0	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150
0,5	-90	-120	-131	-136	-139	-141	-142	-143	-144	-145	-145	-146	-147	-147	-147	-148	-148	-148	-148	-148	-148	-149
1,0	-90	-109	-120	-127	-131	-134	-136	-138	-139	-140	-141	-142	-143	-144	-145	-145	-146	-146	-146	-147	-147	-148
1,5	-90	-104	-113	-120	-125	-128	-131	-133	-135	-136	-137	-139	-141	-142	-142	-143	-144	-144	-144	-145	-145	-147
2,0	-90	-101	-109	-115	-120	-124	-127	-129	-131	-133	-134	-136	-138	-139	-140	-141	-142	-142	-143	-143	-144	-145
2,5	-90	-99	-106	-112	-116	-120	-123	-126	-128	-129	-131	-133	-135	-137	-138	-139	-140	-141	-141	-142	-142	-144
3,0	-90	-98	-104	-109	-113	-117	-120	-123	-125	-127	-128	-131	-133	-135	-136	-137	-138	-139	-140	-141	-141	-143
3,5	-90	-97	-102	-107	-111	-114	-117	-120	-122	-124	-124	-129	-131	-133	-134	-136	-137	-138	-138	-139	-140	-142
4,0	-90	-96	-101	-105	-109	-112	-115	-118	-120	-122	-124	-127	-129	-131	-133	-134	-135	-136	-137	-138	-138	-141
4,5	-90	-95	-100	-104	-107	-111	-113	-116	-118	-120	-122	-125	-127	-129	-131	-132	-133	-135	-136	-137	-137	-140
5,0	-90	-95	-99	-103	-106	-109	-112	-114	-116	-118	-120	-123	-125	-128	-129	-131	-132	-133	-134	-135	-136	-139
6,0	-90	-94	-98	-101	-104	-107	-109	-111	-113	-115	-117	-120	-123	-125	-127	-128	-130	-131	-132	-133	-134	-137
7,0	-90	-93	-97	-99	-102	-105	-107	-109	-111	-113	-115	-117	-120	-122	-124	-126	-127	-129	-130	-131	-132	-136
8,0	-90	-93	-96	-98	-101	-103	-105	-107	-109	-111	-112	-115	-118	-120	-122	-124	-125	-127	-128	-129	-130	-134
9,0	-90	-93	-95	-98	-100	-102	-104	-106	-107	-109	-111	-113	-116	-118	-120	-122	-123	-125	-126	-127	-128	-132
10,0	-90	-92	-95	-97	-99	-101	-103	-104	-106	-108	-109	-112	-114	-116	-118	-120	-122	-123	-124	-126	-127	-131
11,0	-90	-92	-94	-96	-98	-100	-102	-103	-105	-107	-108	-110	-113	-115	-117	-118	-120	-121	-123	-124	-125	-130
12,0	-90	-92	-94	-96	-98	-99	-101	-102	-104	-105	-107	-109	-111	-113	-115	-117	-119	-120	-121	-123	-124	-128
13,0	-90	-92	-94	-96	-97	-99	-100	-102	-103	-104	-106	-108	-110	-112	-114	-116	-117	-119	-120	-121	-122	-127
14,0	-90	-92	-93	-95	-97	-98	-100	-101	-102	-103	-105	-107	-109	-111	-113	-114	-116	-117	-119	-120	-121	-125
15,0	-90	-92	-93	-95	-96	-98	-99	-100	-102	-103	-104	-106	-108	-110	-112	-113	-115	-116	-118	-119	-120	-125
20,0	-90	-91	-92	-93	-95	-96	-97	-98	-99	-100	-101	-103	-104	-106	-108	-109	-110	-112	-113	-115	-115	-125

Tablas matemáticas para el cálculo del eje cardíaco. Tomado de L. P. Tilley: *Essentials of canine and feline electrocardiography*, 3rd ed, Lea & Febiger, Philadelphia, USA, 1992.

Anexo 6, 7, 8, 9, 10, 11

Ejemplos de electrocardiogramas registrados en ambas posiciones (RL) (LL) de tres perros con resultados diferentes en los tres casos.