

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA ANTES Y  
DESPUÉS DE PRUEBA DE MARCHA EN BOGOTÁ

SEBASTIAN ACUÑA TORRES

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA  
BOGOTA D.C.

2017

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA ANTES Y  
DESPUÉS DE PRUEBA DE MARCHA EN BOGOTÁ

SEBASTIAN ACUÑA TORRES

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA  
BOGOTÁ D.C 2017

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada para cada una de las personas que a lo largo de mi carrera aportaron de su conocimiento para mi proyecto, a mis padres, hermanas y abuelitos por ser promotores por confiar y creer en mí, a mi tío Jairo Acuña por estar siempre presente, representando para mí una figura paterna y por ser siempre ese apoyo incondicional tanto en mi vida personal como profesional; por los consejos valores y principios que me han inculcado.

Agradezco enormemente a mis docentes en especial a la Dra Adriana Pedraza quien me orientó con su paciencia, tiempo y rectitud como docente, por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi preparación profesional.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA ANTES Y DESPUÉS DE PRUEBA DE MARCHA EN BOGOTÁ</b>	0
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
II. JUSTIFICACIÓN	5
III. OBJETIVOS	6
3.1 Objetivo General	6
3.2 Objetivos Específicos	6
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1 El Sistema Cardiovascular	7
4.1.1 Ciclo Cardíaco	7
4.1.2 Actividad Eléctrica del corazón y electrocardiograma	8
4.1.3 Regulación autonómica del sistema cardiovascular	9
4.2 VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA	11
4.3 PRUEBA DE MARCHA DE 6 MINUTOS (6mwt)	13
4.4 Arritmias cardíacas	14
4.5 Diagnóstico	15
4.6 Electrocardiograma y HOLTER	15
V. MATERIALES Y MÉTODOS	18
Población:	18
Criterios de inclusión:	18
Metodología:	18
Electrocardiograma tipo Holter:	18
Análisis de datos:	21
VI RESULTADOS:	22
VII DISCUSIÓN:	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
VIII CONCLUSIONES	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
IX REFERENCIAS	28

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En medicina veterinaria cada vez son más los perros que padecen de patologías cardiovasculares, por lo tanto es importante para los médicos veterinarios y/o estudiantes reconocer los factores predisponentes de la enfermedad, por lo que este proyecto se basa en el estudio de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en animales aparentemente sanos. En el marco de este estudio, se presenta uno de los principales métodos para la medición y el análisis de variabilidad en frecuencia cardiaca en perros de todas las razas. En este se presentan características no lineales en donde se evaluaron los parámetros del tiempo

El motivo que nos lleva a proponer este estudio tan importante es que generará datos e información sobre uno de los indicadores de enfermedad cardiovascular y estrés, como lo es la variabilidad de la frecuencia cardiaca y teniendo en cuenta que somos habitantes de una zona donde la altura (MSNM) es superior a otras ciudades, de la cual no se tienen suficientes datos referentes en cuanto a su prevalencia en el país, más específicamente en la gran altura moderada.

## II. JUSTIFICACIÓN

En Colombia se han realizado estudios que evalúan la variabilidad de la frecuencia cardiaca en perros Border Collie de agility, por lo que se hace interesante tener datos para perros de cualquier raza, bajo actividades físicas diarias en donde el requerimiento físico no es tan exigente. Por consiguiente, no se puede concluir al examen clínico la presencia de enfermedad cardiovascular en los perros clínicamente sanos, por lo que sería necesario realizar un estudio que demuestre que la variabilidad de la frecuencia cardiaca es un indicativo íntimamente asociado a la salud cardiovascular.

Determinar la variabilidad de la frecuencia cardiaca no es complejo si se realiza con el electrocardiograma y, en cambio, sí arroja datos importantes indicativos de la salud cardiaca y el sistema nervioso autónomo. La variabilidad de la frecuencia cardiaca es una herramienta diagnóstica económica y fácil de realizar, donde se requiere únicamente un electrocardiograma tipo Holter, y que brinda información sobre el sistema nervioso autónomo y el sistema cardiovascular. Por lo tanto, la frecuencia cardiaca refleja la actividad relativa de los sistemas simpático y parasimpático; en este caso el más importante es el equilibrio relativo (RR) apropiado dependiendo de la actividad que se realice durante el día, en donde se incrementa cuando se trata de tareas difíciles, y más bajo en la noche, durante el sueño o cuando no se empleen en funciones o actividades desafiantes.

Por otro lado, la prueba de marcha de seis minutos tiene como objetivo evaluar la capacidad funcional en pacientes con trastornos cardiopulmonares durante el ejercicio submáximo. También mide su respuesta a intervenciones médicas o quirúrgicas y se ha utilizado como un predictor de morbilidad y mortalidad (Vargas, 2018). Esta es una prueba que se puede realizar en cualquier lugar, es de bajo costo y se asimila a una actividad física diaria del paciente adaptándose al esfuerzo físico de cada uno de los individuos a evaluar (marcha acelerada o disminuida, dependiendo de la capacidad física).

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

1. Determinar la variabilidad de la frecuencia cardiaca en perros antes y después de la prueba de marcha de 6 minutos.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar electrocardiografía tipo holter en perros clínicamente sanos.
2. Medir la variabilidad de la frecuencia cardiaca en dominio de tiempo (SDNN) antes y después de la prueba de marcha de 6 minutos.
3. Determinar si existe diferencia en la variabilidad de la frecuencia cardiaca antes y después de la prueba de marcha de 6 minutos.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1 El Sistema Cardiovascular

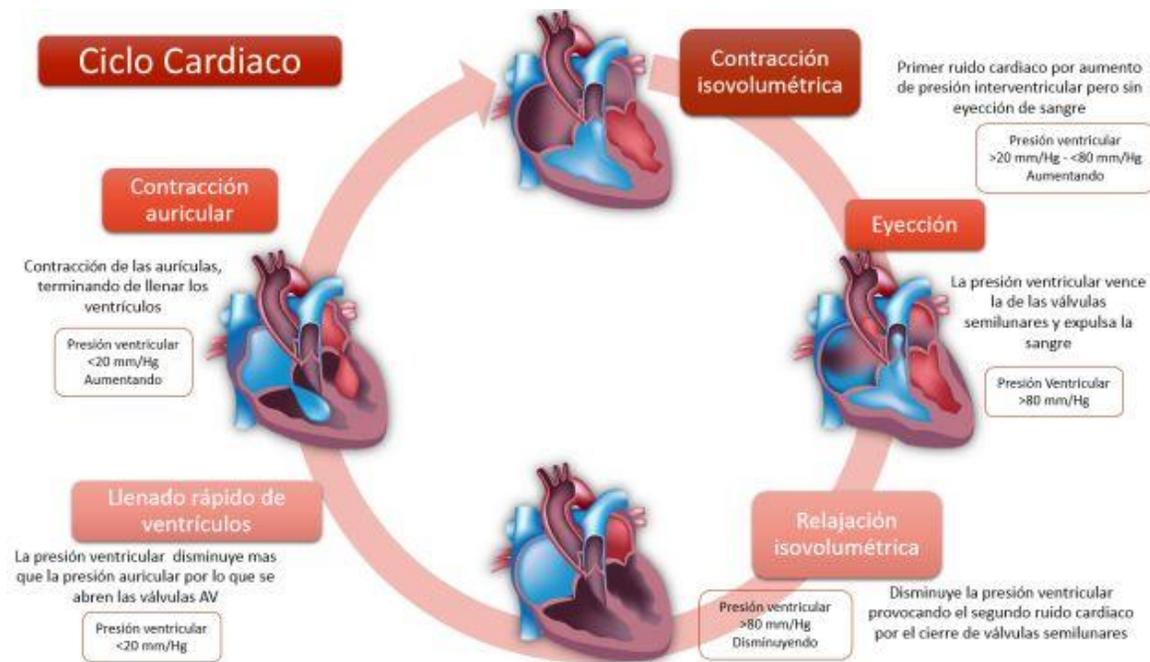
El corazón es un órgano muscular que consta de dos aurículas y dos ventrículos, en donde: las aurículas son cámaras de recepción superiores para el retorno de la sangre venosa (Sastre, 2016). Los ventrículos comprenden la mayor parte del volumen del corazón y se encuentran por debajo de las aurículas, llevando la sangre desde el corazón hacia los pulmones y las arterias (Arangoncillo, 2017).

Por su parte, la sangre desoxigenada entra en la aurícula derecha, fluye hacia el ventrículo derecho, y se bombea a los pulmones a través de las arterias pulmonares, donde los desechos se eliminan y son sustituidos por oxígeno (Tortora, 2016). La sangre oxigenada es transportada a través de las venas pulmonares hacia la aurícula izquierda y entra en el ventrículo izquierdo. Cuando se contrae el ventrículo izquierdo, la sangre es expulsada a través de la aorta al sistema arterial (Shaffer, 2014) .

#### 4.1.1 Ciclo Cardiaco

En cuanto al ciclo cardíaco (Imagen 1), este consiste en dos fases: la sístole (contracción ventricular y eyección de sangre) y diástole (relajación ventricular y llenado ventricular) (Jalili, 2012). Durante la sístole, la presión arterial alcanza un pico, siendo superado por la contracción del ventrículo izquierdo, expulsando la sangre desde el corazón hacia el organismo (Garcia 2008).

En el corazón existen células autorritmicas que generan potenciales de acción que inician las contracciones cardíacas, estas células se conocen como "marcapasos"(Ramírez, 2009). En cuanto a los nodos sinoatrial (SA) y atrioventricular (AV), éstos hacen las veces de marcapasos internos y son los responsables de iniciar el latido del corazón como se mencionó anteriormente (Shaffer, 2014).



**Imagen 1.** Ciclo cardíaco. Ganong Fisiología médica. Fisiología cardiovascular. (Kim E. Barrett. s.f.)

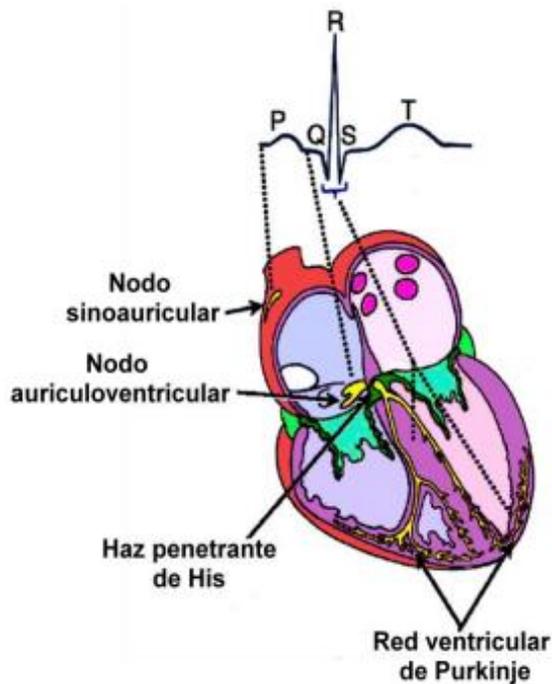
#### 4.1.2 Actividad Eléctrica del corazón y electrocardiograma

El electrocardiograma (ECG) es una herramienta diagnóstica que registra la acción del sistema de conducción eléctrica. Es importante tener en cuenta que, la tasa intrínseca del nodo SA es de aproximadamente 60-100 potenciales de acción por minuto (Uribe, 2005).

El nodo SA genera un impulso eléctrico que viaja a través de las aurículas (por las vías internodales) al nodo AV y hace que el nodo AV pase aproximadamente de 60 a 100 potenciales de acción por minuto. Esto impide la generación de potenciales de acción más lentos del sistema de conducción y el miocardio (músculo cardíaco). Por otra parte, Shaffer expone que el nodo AV puede sustituir a un nodo SA lesionado como marcapasos, y que cuando esto sucede, hay una despolarización espontánea de 40 a 60 veces por minuto. (Shaffer, 2014).

Una vez la señal sale del nodo AV y llega al Haz de His, esta se propaga rápidamente a través del haz AV, alcanzando la parte superior del septo. Estas fibras descienden hacia abajo a ambos lados del tabique (rama derecha y rama izquierda), para así terminar en las fibras de Purkinje y llevar a cabo el potencial de acción en el músculo ventricular, aproximadamente 0,2 s después de la aparición de la onda P (despolarización atrial) (Imagen 2). La conducción de las fibras miocárdicas, que se extienden desde las ramas del haz en el miocardio,

despolarizan las fibras contráctiles en los ventrículos (cámaras inferiores), lo que resulta en el complejo QRS seguido por el segmento ST. La contracción ventricular (sístole ventricular) se produce después de la aparición del complejo QRS y se extiende al segmento ST. Cuando hay una repolarización del miocardio ventricular se genera la onda T 0,4 segundos después de la onda P; en este momento los ventrículos se relajan (diástole ventricular) 0,6 segundos después de que comience la onda P (Shaffer, 2014).



**Imagen 2.** Sistema de conducción cardíaca. Fauci AS, Kasper DL, Braunwald E, et al: Harrison's Principles of Internal Medicine, 17th ed. (Tintinalli, 2008)

#### 4.1.3 Regulación autonómica del sistema cardiovascular

Se determinó que el centro de regulación cardiovascular integra la información sensorial, aquí se ajusta la frecuencia cardíaca y la presión arterial, gracias a las vías eferentes simpáticas y parasimpáticas (Shaffer, 2014).

La regulación del sistema cardiovascular es de origen neuro-humoral, siendo el sistema nervioso autónomo y diferentes hormonas (SRAA, ADH, y otras sustancias vasoactivas) los responsables del control del sistema (Bastos, 2011).

En cuanto a la regulación por el sistema nervioso autónomo, en un organismo sano, existe un equilibrio dinámico relativo entre la rama simpática (SNS) y la rama parasimpática (PNS), en donde la actividad del SNS predomina, resultando en una frecuencia cardíaca promedio de 70-140 latidos por minuto (lpm) en caninos. (Schaer, 2006).

Esto es significativamente más lento que la frecuencia intrínseca del nodo SA. La rama parasimpática puede ralentizar el corazón generando de 40 a 50 lpm, o detenerlo brevemente. Los nervios parasimpáticos ejercen sus efectos más rápidamente (<1 seg) que los nervios simpáticos (> 5 seg) (Shaffer, 2014). Por eso es importante mencionar que en el centro cardiovascular, se encuentra la médula del tronco cerebral, en donde se integra la información sensorial de propioceptores (posición de las extremidades), quimiorreceptores (química de la sangre), barorreceptores (receptores de presión) y mecanorreceptores (receptores de volumen de sangre) (Anibal, 2014).

Así como la información de la corteza cerebral y del sistema límbico. Este centro responde sensorialmente mediante el ajuste de la frecuencia cardíaca a través de los cambios en el equilibrio relativo entre SNS y SNP. El efecto más evidente de la actividad vagal es disminuir la frecuencia cardíaca. Los nervios vagos son los nervios principales para el sistema parasimpático e inervan el sistema de conducción cardíaco, el nodo SA, el nodo AV y el músculo cardíaco auricular. En consecuencia, el aumento de la actividad eferente en estos nervios desencadena la liberación de acetilcolina y la unión a los receptores muscarínicos (principalmente M2). Esto disminuye la velocidad de despolarización espontánea en los nodos SA y AV, disminuyendo la frecuencia cardíaca, debido a que existe escasa inervación vagal de los ventrículos, en donde también se afecta la actividad, así como la contractilidad ventricular (Shaffer, 2014)

El tiempo de respuesta del nodo SA es muy corto y el efecto de un solo impulso vagal eferente depende de la fase del ciclo cardíaco en el que se recibe. Así, los resultados de estimulación vagal en una respuesta inmediata, se producen típicamente dentro del ciclo cardíaco en el que se genera y afecta uno o dos latidos del corazón, después de su aparición. Después del cese de la estimulación vagal, la frecuencia cardíaca vuelve rápidamente al nivel anterior. Por otro lado, un aumento en la misma también se puede lograr por la actividad vagal reducida o por un bloqueo vagal.

Un aumento en la actividad simpática es la principal causa que incrementa la frecuencia cardíaca por encima del nivel generado por el nodo SA. Después de la aparición de la estimulación simpática, hay un retraso de hasta 5 segundos antes de la estimulación, lo que induce un aumento progresivo que alcanza un nivel estable de 20 a 30 segundos si el estímulo es continuo (Totorá y Derrickson, 2011)

La lentitud de la respuesta a la estimulación simpática es en contraste directa con la estimulación vagal, que es casi instantánea. Esta es más duradera e incluso un breve estímulo puede afectar la frecuencia cardíaca durante unos 5 o 10 segundos (Anibal, 2014). Los potenciales de acción llevados a cabo por las neuronas motoras desencadenan la liberación de norepinefrina (NE) y de epinefrina (E), así como la unión a los receptores beta-adrenérgicos ( $\beta_1$ ) situados

en las fibras musculares cardíacas. Lo anterior acelera la despolarización espontánea en los nodos SA y AV, aumentando la frecuencia cardíaca, y fortaleciendo la contractilidad de las aurículas y los ventrículos. En un corazón insuficiente, el número de receptores beta-adrenérgicos ( $\beta_1$ ) se reduce y debilita la contracción muscular cardíaca en respuesta a epinefrina y norepinefrina debilitando su unión (Shaffer, 2014).

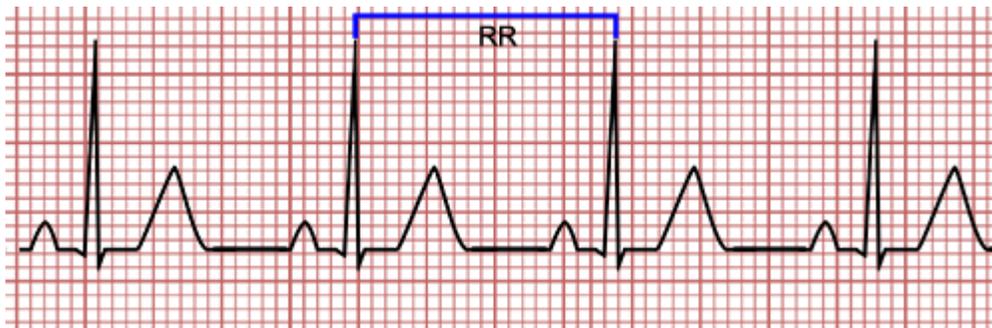
En un individuo sano, la frecuencia cardíaca estimada en un momento dado representa el efecto neto de la respuesta neural de los nervios parasimpáticos (vago), que disminuyen la frecuencia cardíaca y los nervios simpáticos, que aceleran la misma. En reposo, ambos nervios simpáticos y parasimpáticos son tónica activo con los efectos vagales dominantes. En consecuencia, el tiempo de respuesta del nódulo sinusal es muy corto y el efecto de un solo impulso vagal eferente depende de la fase del ciclo cardíaco en el que este se recibe. Así, los resultados de estimulación vagal, son una respuesta inmediata producida típicamente dentro del ciclo cardíaco, en el que se afectan uno o dos latidos del corazón después de su aparición (Álvarez, 2011).

Después del cese de la estimulación vagal, la frecuencia cardíaca vuelve rápidamente a su nivel anterior; un aumento en la misma, también se puede lograr por la actividad vagal reducida o por un bloqueo vagal. Por lo tanto, están mediadas por cambios parasimpáticos repentinos en la frecuencia cardíaca (arriba o abajo) entre un latido y el siguiente. Un aumento en la actividad simpática es el principal método utilizado para aumentar la frecuencia cardíaca por encima del nivel intrínseco generado por el nodo SA. Después de la aparición de la estimulación simpática, hay un retraso de hasta 5 seg antes de la estimulación induce un aumento progresivo en la frecuencia cardíaca (Totora y Derrickson, 2011).

## **4.2 VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA**

La frecuencia cardíaca (FC) es uno de los parámetros no invasivos que más se utilizan para el análisis y la valoración de la actividad cardíaca. En un animal sano, que se encuentra en reposo, los latidos se van produciendo con una frecuencia variable, es decir, el tiempo (en milisegundos) entre dos latidos va variando latido a latido. Este aspecto representa el concepto de variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), que se define como la variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo definido con anterioridad. La manera habitual de medir esta variabilidad es a partir del electrocardiograma (ECG), donde se detecta cada una de las ondas R y se calcula el tiempo entre las diferentes ondas R consecutivas o intervalo RR. Este intervalo RR mide el período cardíaco y la función inversa mide la FC. La serie de intervalos RR es lo que llamamos VFC

(Imagen 3).



**Imagen 3.** Electrocardiograma, R-R. Surawicz B, Knilans T. Chou's electrocardiography in clinical practice. (2008).

El método más usado y contemplado como uno de los mejores, para evaluar la variabilidad de la frecuencia cardíaca, es el electrocardiograma (ECG), el cual detecta el pico agudo de la onda R, donde se detecta cada una de estas ondas y se calcula el tiempo entre una onda R y la siguiente onda R, conocido también como intervalo RR. Este intervalo RR mide el período cardíaco y la función inversa mide la FC. La serie de intervalos RR es lo que llamamos variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC); el pico curvado de la señal de impulso de volumen de sangre genera algoritmos de software para discriminar latidos sinusales normales de latidos ectópicos (González, 2013).

Los parámetros del dominio de tiempo son datos estadísticos que resultan de la medición electrocardiográfica de los intervalos RR (Rodas, 2019). Entre estos están:

- **RRSD:** Es la desviación estándar de todos los intervalos RR del periodo medido (Rodas, 2019)
- **RMSSD:** Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR; esta informa de las variaciones a corto plazo de los intervalos RR y se utiliza para observar la influencia del Sistema nervioso Parasimpático (SNP) (Rodas, 2019)
- **pNN50:** Porcentaje de los intervalos RR consecutivos que discrepan en más de 50 ms. entre sí. Un valor elevado de pNN50 nos proporciona valiosa información acerca de variaciones altas espontáneas de la FC (Rodas, 2019)
- **Índice SDNN:** El índice SDNN es la desviación estándar del intervalo R-R. Este es uno de los índices de dominio del tiempo más comúnmente usado y refleja la variabilidad total del corazón, así como la resistencia fisiológica del mismo. En cuanto a la distribución de frecuencia ésta está dada con base en la relación entre la

variabilidad de la frecuencia cardiaca y la frecuencia como tal, todo lo anterior se adquiere por medio de la medición del dominio de tiempo y de frecuencia (Cao, 2019).

#### **4.3 PRUEBA DE MARCHA DE 6 MINUTOS (6mwt)**

Como se mencionó en la justificación, la prueba de marcha de seis minutos tiene evalúa la capacidad funcional en pacientes con trastornos cardiopulmonares durante el ejercicio submáximo, y mide su respuesta a intervenciones médicas o quirúrgicas. Esta prueba también se ha utilizado como un predictor de morbilidad y mortalidad (Vargas, 2018)

El test de marcha de 6 minutos es creado por la Sociedad Americana, en base al test de Cooper de 12 minutos, que es utilizado generalmente por instructores de aeróbicos, para medir la capacidad funcional del sistema respiratorio, entregando resultados de los pacientes dependiendo el trabajo que estos sean capaces de realizar en ese periodo de tiempo. Es por esto que se decide hacer la prueba de marcha por este tiempo por ser mejor tolerada por el paciente, por la facilidad de su realización, y por los resultados brindados en comparación con otras pruebas similares (Enright, 2003).

Se debe tener en cuenta que para realizar la prueba no se debe forzar al animal a llevar un ritmo, por ende es importante que él solo realice la prueba a su propio paso y con las paradas que él crea necesarias para darse un descanso. Se debe realizar en un espacio amplio, plano y que no presente ningún tipo de obstáculo para el paciente, teniendo en cuenta que se debe suspender de inmediato si el paciente llega a presentar alguna signología como disnea, calambres o incapacidad para seguir (Vilaró, 2004).

Dicho lo anterior, existe una amplia gama de pruebas que se podría realizar para evaluar la capacidad funcional de un paciente. La prueba también tiene la ventaja de ser fácil, repetible, económica y no invasiva, de modo que representa una buena alternativa para establecer el estado cardiovascular del paciente. Además de que los responsables de mascotas solo deben llenar un cuestionario, en donde expongan cuánto trabajo puede hacer el paciente. Sin embargo, los propietarios difieren en su capacidad para recordar ese tipo de información y pueden sobreestimar o subestimar la verdadera capacidad funcional del paciente, por lo que las mediciones objetivas son generalmente mejores que los informes del propietario (Gochicoa-Rangel, 2015)



**Imagen 4.** Acuña (2018).Prueba de marcha en Yorkshire Terrier.

#### **4.4 Arritmias cardíacas**

Las arritmias en el 50% de los casos se identifican con una mutación que causa la ARVC. Estas mutaciones suceden predominantemente en 5 genes y en el Bóxer esta patología presenta herencia autosómica dominante. (Kaye, 2011) Las mutaciones más importantes afectan a los desmosomas que son los responsables de la unión entre las células miocárdicas. Adicionalmente, los Bóxer parecen tener una mutación en el gen que codifica una proteína llamada Striatina. (Meurs K. , Association of Dilated Cardiomyopathy with the Striatin Mutation, 2013) La severidad de la enfermedad es mayor en portadores homocigotos; sin embargo, no todos presentan la enfermedad o pueden presentarla con la muerte súbita. Esta mutación es más común en perros Bóxer que en humanos, y un 72% de los perros afectados por dicha mutación presentará la enfermedad y animales con el mismo genotipo mostraran una gran variación en la severidad de la enfermedad. Sin embargo, es probable que existan otras posibles mutaciones así como otras causas no identificadas que pueden causar ARVC. (IVAMI, 2014)

Algunas de las arritmias más comunes presentes en pacientes con ARVC son:

- Bigeminismo: cuando hay una extrasístole detrás de cada QRS normal. (Rafael, 2013)
- Trigemínismo: cuando hay una extrasístole cada dos QRS normales

- Dupletas: 2 QRS anormales (extrasístoles) uno luego del otro.
- Tripletes: 3 QRS anormales (extrasístoles) seguidas.
- Extrasístole: son trastornos aislados del ritmo cardíaco originando en el electrocardiograma. Hace referencia a complejos prematuros o adelantados, es decir que aparecen antes de la siguiente estimulación normal, generalmente se producen con ritmicidad. (Cortes, 2012)

Taquicardia ventricular paroxística (TVP): se denomina TVP a la presencia de cuatro o más extrasístoles consecutivas y que desaparecen de manera espontánea.

Taquicardia ventricular: se denomina TV a la presencia de extrasístoles consecutivas de forma permanente y sostenida.

Se debe tener en cuenta que algunos bóxer con ARVC pueden presentar extrasístole de origen izquierdo, por lo que no se debe delimitar solo al lado derecho a la hora de un diagnóstico. (Fajuri, 2009)

#### **4.5 Diagnóstico**

Una manera de obtener información sobre el corazón y el funcionamiento de este para detectar la patología es realizando un electrocardiograma y para poder obtener un buen resultado el paciente debe estar en decúbito lateral derecho. El electrocardiograma depende principalmente de su interpretación, ya que hay que tener en cuenta que provee solo dos piezas de información con algún grado de confiabilidad (1. La frecuencia y 2. El ritmo); otra información que podemos obtener del electrocardiograma incluye: evaluación tamaño de las cámaras, cambios de eje y la acumulación de líquido (pero son menos confiables estos datos) (Palermo, 2011).

El electrocardiograma tipo HOLTER nos concluye la variabilidad de la frecuencia cardíaca en un periodo de 24 horas, por lo que es una prueba diagnóstica necesaria, al igual que el electrocardiograma tradicional en diferentes intervalos de la exigencia física (Rodas, 2019).

#### **4.6 Electrocardiograma y HOLTER**

El diagnóstico frecuentemente se realiza con un electrocardiograma tipo HOLTER (monitorización electrocardiográfica). La aparición de la enfermedad suele darse entre los 6-8 años, por lo que se recomienda empezar las pruebas de electrocardiografía tipo Holter a partir de los 3 años y reevaluar cada año, lo cual no implica que la enfermedad no se desarrolle antes. Un estudio Holter normal en un perro mayor de 4 años tampoco descarta la aparición de la enfermedad. (Figura 3) Aunque generalmente se realizan ecocardiogramas para evaluar el corazón, esta herramienta diagnóstica no es fiable para detectar la ARVC, ya que no posee un buen abordaje para valorar la función del ventrículo derecho, mientras que la

resonancia magnética cardíaca nos permite evaluar de forma completa los dos ventrículos cardíacos. Sin embargo, en aquellos pacientes donde la patología se detecta por electrocardiograma tipo Holter ARVC es recomendable realizar una ecocardiografía para evaluar la posible implicación del ventrículo izquierdo. (Meurs K. M., 2013)

Por medio de la electrocardiografía tipo Holter se puede estudiar fácilmente la variabilidad de la frecuencia cardíaca o VFC (Variabilidad en Frecuencia Cardíaca), aunque puede ser diagnóstica sólo en fases avanzadas (cuando existe fallo cardíaco). Adicionalmente, la electrocardiografía tipo Holter nos permite evaluar la presencia y cantidad de extrasístoles ventriculares al día. (Amberger., 2003)

En algunas situaciones pueden aparecer latidos de escape sin significado clínico (en otra etapa de la vida del individuo esto sería un problema grave). Es decir, existe un 85% de variabilidad diaria en los resultados del Holter, por lo que existen animales que pueden no mostrar casi extrasístoles durante el examen y sin embargo presentar muchas más al día siguiente cuando ya no se está evaluando, por lo que es importante el seguimiento de los casos y realizar nuevamente la prueba (esta prueba se debe realizar mínimo anualmente) (Kate., 2010).



*Imagen 5. Acuña (2018). Holter en Pit bull*

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### **Población:**

Para este estudio se utilizaron diez (10) perros de diferentes razas que se encontraban en un rango de uno (1) a seis (6) años de edad, clínicamente sanos al examen clínico.

### **Materiales:**

Se utilizó un electrocardiógrafo tipo HOLTER (Smart Holter BI6800 Series de Biomedical Instruments® (BI)) con el software para análisis, electrodos adhesivos, vendajes y faja para fijar el HOLTER. La estadística se realizó con el software GraphPad Prism®

### **Criterios de inclusión:**

Los siguientes fueron los criterios de inclusión utilizados:

- Perros de cualquier raza.
- Rango de edad de 1 a 6 años.
- Que se encuentren clínicamente sanos.
- Que no hayan presentado problemas asociados a enfermedad cardiovascular o sistémica.

### **Metodología:**

Este fue un estudio de tipo prospectivo experimental: ya que este estudio posee una característica fundamental, es la de iniciarse con la exposición de una supuesta causa, y luego seguir a través del tiempo (15 minutos) a una población determinada hasta determinar o no la aparición del efecto, y experimentar ya que se controlan las variables donde está expuesto el individuo.

### **Electrocardiograma tipo Holter:**

Para el electrocardiograma tipo HOLTER se rasuró la zona donde los electrodos se colocaron como lo muestra la imagen 5.



**Imagen 6** Acuña (2018). *Electrocardiografía dinámica (holter)*

Para la colocación de los electrodos, se deben ubicar sobre el hemitórax izquierdo dos electrodos, y sobre el hemitórax derecho tres. La posición de los electrodos es en v; sólo debe buscarse que cada uno de los canales registre potenciales de morfología distinta para poder realizar las comparaciones en caso de dudas. (Ditollo, 2006)

Los electrodos y los cables de derivación se sujetaron con varias vueltas de cinta adhesiva o un vendaje para fijar el aparato y se protegió con una faja elástica. Encima de la faja se colocó un arnés con el objeto de portar la grabadora, la cual quedó ubicada por detrás del cuello entre las dos escápulas (como se muestra en la imagen 7). Finalizada la grabación, el holter y los electrodos se retiraron del paciente, se cargó la información y se analizó el registro con el software del sistema, todo esto de acuerdo a lo recomendado por el autor (Ditollo, 2006)



**Imagen 7.** Acuña (2018). *Electrocardiografía dinámica (holter)*

### **Metodología:**

Para este estudio prospectivo experimental se utilizaron diez (10) perros de diferentes razas que se encontraban en un rango de uno (1) a seis (6) años de edad, que no hayan presentado problemas asociados a enfermedad cardiovascular o sistémica, se les realizó una valoración clínica completa con el fin de evaluar si se encontraban sanos clínicamente.

Posterior al examen clínico si el paciente estaba sano, se procedía a rasurar la zona ventral del tórax, para facilitar la colocación de los electrodos, ya que son autoadhesivos, se limpiaba con alcohol y se posicionan los electrodos, que se ubican sobre el hemitórax izquierdo (dos electrodos), y sobre el hemitórax derecho (tres electrodos). La posición de los electrodos es en v, buscando que cada uno de los canales registre potenciales de morfología distinta para poder realizar las comparaciones en caso de dudas.

Una vez ubicados los electrodos se conectan al electrocardiógrafo tipo HOLTER (Smart Holter BI6800 Series de Biomedical Instruments® (BI) el cual quedó ubicado por detrás del cuello entre las dos escápulas, con el fin de facilitar su

manipulación, posterior a eso ayudados de micropore y venda coban se realiza un vendaje en forma de chaleco para mantener posicionados los electrodos, los cables de derivación se sujetaron y el Holter.

Se activa el electrocardiógrafo manteniendo en reposo el paciente por un promedio de 5 minutos, finalizado este tiempo se realiza una marca en el Holter y se procede a realizar la prueba de marcha que se basa en realizar una caminata de ejercicio submáximo, donde no se presiona al paciente, manteniendo su propio ritmo de caminata realizando las pausas necesarias que el paciente desee hacer y disminución de la caminata. Se realizó sobre una pista de superficie plana sin obstáculos durante 5 minutos, finalizado este tiempo se realiza una marca en el Holter y se lleva a reposos el paciente, al igual por un periodo de tiempo de 5 minutos, finalizando así la prueba de marcha y la valoración electrocardiográfica del paciente.

Los tiempos fueron organizados de la siguiente manera:

- Línea base: Minuto 0 al minuto 5
- Prueba de marcha de 6 minutos: minuto 6 a minuto 12
- Periodo de recuperación: minuto 13 a minuto 18

Se retira el vendaje y los electrodos se descarga la información al computador y se analiza el registro (estadística) con el software del sistema (GraphPad Prism®).

De tal manera que se tomaron en cuenta datos donde se obtuvo la frecuencia cardiaca de cada uno, antes y después de la prueba de marcha, donde se recopilaron alrededor de 1.000 valores en total. Posterior a esto se promediaron todos los valores de los intervalos RR antes y después de la prueba de marcha de 6 minutos en cada uno de los perros, y se calculó la desviación estándar, obteniendo así dos promedios y dos desviaciones estándar de cada paciente.

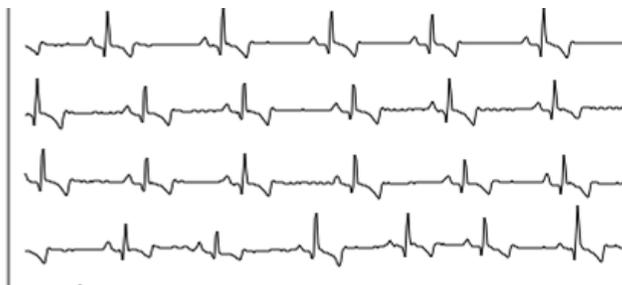
### **Análisis de datos:**

**Datos:** Los datos utilizados en el presente estudio fueron los intervalos RR normales registrados por el equipo en los 5 minutos de línea base y los 5 minutos de periodo de reposo, más los de la prueba de marcha. Una vez obtenidos estos datos, con ayuda del software del ECG Holter (Smart Holter BI6800 Series de Biomedical Instruments® (BI)) se realizó el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca por dominio de tiempo SDNN.

**Estadística:** Como prueba de normalidad, se corrió la prueba de Shapiro-Wilk (GraphPad Prism®). Para comparar la variabilidad de la frecuencia cardíaca por dominio de tiempo antes y después de la prueba de marcha de 6 minutos, se realizó una prueba de T-Student pareada a una sola cola y se utilizó un valor  $p \leq 0.05$  (GraphPad Prism®)

## VI RESULTADOS:

En este estudio se incluyeron 10 perros clínicamente sanos de los cuales el 40% eran hembras y el 60% eran machos, con un rango de edad de 1-6 años, de las razas pincher (2), pitbull (2), poodle (1), viejo pastor ingles (1), yorky (1), Cocker (1) y criollos (2), (Tabla 1). En cada uno de ellos se obtuvo un ECG tipo Holter de buena calidad, con pocos artefactos por ruido (imagen 8) durante un periodo aproximado de 20 minutos.



**Imagen 8** Acuña electrocardiograma

un perro.

(2018). trazo de (Holter) adquirido de

Sexo		Razas							Edad	
Macho (%)	Hembra (%)	Criollo (%)	Pitbull (%)	Cocker (%)	Pastor inglés (%)	Pincher (%)	Poodle (%)	Yorky (%)	1-3 años	4-6 años
40%	60%	30%	20%	10%	10%	20%	10%	10%	40%	60%
4 (n)	6(n)	3(n)	2(n)	1(n)	1(n)	2(n)	1(n)	1(n)	4(n)	6(n)

Tabla 1. porcentaje de la población del estudio.

Dentro del grupo de caninos que fueron seleccionados para el estudio, no se tomaron en cuenta las variables como género, raza, tamaño, peso, pero si se tomó en cuenta la edad. La presentación clínica de la enfermedad valvular mitral ocurre con mayor frecuencia en animales adultos (> 7 años) de razas pequeñas como poodle estándar y miniatura, schnauzer, pinscher, entre otras, y criollo; en algunos casos se pueden encontrar en razas como labrador o criollos de talla grande (4-6 años). (Benavides, 2014)

### Resultados intervalos R-R antes y después de la prueba de marcha de 6 minutos

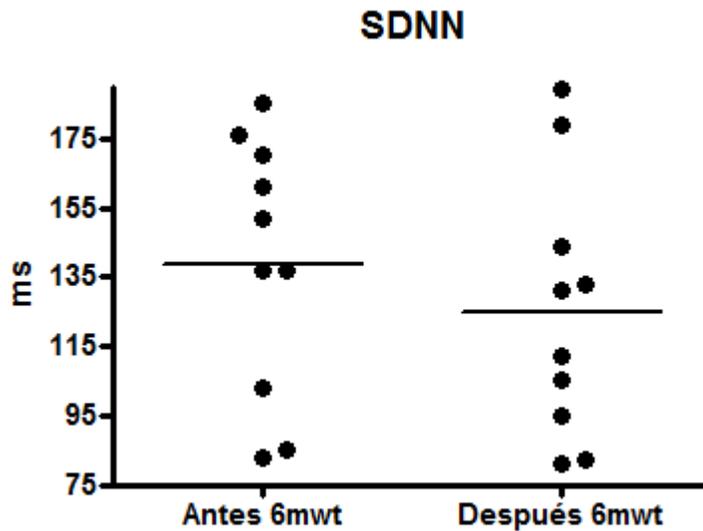
*Descriptiva*

	Antes de 6mwt	Después de 6mwt
<i>Media</i>	138.9	125.1
<i>Desviación estándar</i>	37.2	37.6
<i>Mínima</i>	83	81
Máxima	185	189

**Tabla 2. Resultados intervalos R-R antes y después de la prueba de marcha de 6 minutos. (Acuña, 2018)**

Como se observa en la tabla 2, en los resultados obtenidos en este estudio, el promedio de los intervalos R-R normales antes de la prueba de marcha de 6 minutos fue de 138,9ms (miliSiemens) con una desviación estándar de 37,2, un valor mínimo de 83ms y un valor máximo de 185ms, mientras que después de la prueba de marcha de 6 minutos el promedio fue de 125,1ms con una desviación estándar de 37,6, un valor mínimo de 81ms y un valor máximo de 189ms. Por otro lado, la frecuencia cardíaca pasó de un promedio de 108 latidos antes de la prueba de marcha a un promedio de 113 latidos después de la prueba de marcha de 6 minutos.

Al analizar la variabilidad de la frecuencia cardíaca por dominio de tiempo (SDNN), con la prueba de T-student pareada a una cola, no encontramos diferencias estadísticas entre los dos grupos con un valor P de 0.0882 (Gráfica 1). En la gráfica se puede observar que los dos grupos se comportan de forma muy similar y aunque la variabilidad de la frecuencia cardíaca por dominio de tiempo (SDNN) tiene tendencia a disminuir después de la prueba de marcha de 6 minutos, no hay diferencia ni clínica ni estadística entre los dos grupos.



Gráfica 1: Índice de desviación estándar de la diferencia entre intervalos RR consecutivos de 5 min. (Acuña 2019)

PROMEDIO TOTAL DE INTERVALOS RR	
ANTES DEL EJERCICIO	DESPUÉS DEL EJERCICIO
566	534

DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL	
ANTES DEL EJERCICIO	DESPUÉS DEL EJERCICIO
139	125

## VII DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que el programa mide los intervalos RR, por medio de la detección de cada una de las ondas R, a veces suelen aparecer errores debido a la no detección (ondas R bajas) o a la falsa identificación de ondas R por la presencia de artefactos, principalmente por ruido producido por movimiento (Martínez, 2010).

Sin embargo, en general, todos los registros obtenidos en este estudio fueron registros de buena calidad que permitieron el análisis de varios intervalos RR por perro en cada punto de medición. Es importante mencionar que, la edad es un factor importante, puesto que de este rango depende el manejo. En este caso, la edad de sujetos de investigación, estaba en el límite de animales adultos jóvenes, ya que el sobrepasar esta edad podría relacionarse a animales con enfermedad cardiaca o cambios degenerativos. La presentación clínica de la enfermedad valvular mitral ocurre con mayor frecuencia en animales adultos (> 7 años) de razas pequeñas como poodle estándar y miniatura, schnauzer, pinscher, entre otras, y criollo; en algunos casos se pueden encontrar en razas como labrador o criollos de talla grande (4-6 años) (Benavides, 2014).

En la gráfica número 1, se evidencia la desviación estándar de la diferencia entre intervalos RR consecutivos. En cuanto a cambios generados a nivel cardiaco en los pacientes por vivir en Bogotá no se encontraron variación en el electrocardiograma, ni en la amplitud del intervalo R-R en 5min (Rodas, 2019).

Al no evidenciarse una notable diferencia en la variabilidad de la frecuencia cardiaca de los perros evaluados relacionamos que, la respuesta del sistema simpático para la realización del ejercicio no se ve tan desarrollada como cuando se realiza en perros de agility, debido a que estos se encuentran más preparados para responder a los nuevos requerimientos metabólicos reportada por (Vargas, 2017). Este estudio concluye que no hay cambios significativos en la frecuencia cardiaca, en los dos periodos evaluados, en comparación con el grupo agility donde se evidencia una diferencia marcada cuando el individuo está en reposo, cuando es sometido a ejercicio y cuando está en descanso. A Partir de lo anterior, se debe tener en cuenta que los caninos deportistas practicantes de Agility alcanzaron frecuencias cardiacas máximas más bajas que caninos sedentarios como los de este estudio (Vargas, 2017). También se debe mencionar que en algunos casos, los propietarios acuden con el cachorro de pocas semanas de edad para la consulta de cardiología, ya que esta se expresa con signología generalmente antes del año de vida, lo que es una ventaja en cuanto al diagnóstico temprano de alguna patología cardiaca (Aguilar, 2017).

Por consiguiente, el que no se encontrarán hallazgos significativos, se puede dar porque la altitud (ciudad Bogotá) no tenga un impacto tan profundo sobre la fisiología cardiaca, o también por tratarse de una prueba de ejercicio sub-máximo (Rodas, 2019).

En cuanto a las limitaciones del estudio en comparación a otros, se debe plantear la idea de poder manejar ambientes controlados con el fin de obtener resultados mucho más confiables, como por ejemplo el uso de caminadoras, en cuartos donde se pueda medir exactamente la humedad, temperatura, y distancia

recorrida en cada una de las pruebas de marcha, al igual utilizar animales de un rango de edad más cercano y preferiblemente de una misma raza o tamaño. Adicionalmente, se recomienda incrementar el n de la población de estudio para aumentar el poder de la prueba estadística.

## VIII CONCLUSIONES

- En el electrocardiograma Holter tomado a los perros antes y después de la prueba de marcha de 6 minutos, no se evidencia una alteración significativa en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, destacando el probable aumento de la actividad simpática del sistema nervioso, por lo cual no se producen cambios en la frecuencia cardíaca después de la marcha. Lo cual indica que la prueba de marcha no es una prueba de ejercicio que aumente el tono simpático de los individuos.
- La prueba de marcha de 6 minutos resultó ser sencilla de realizar con todos los pacientes, asegurándose de mantener lo más parecidas las variables con las que se estaban evaluando cada uno de los pacientes, también porque no exige una alta capacidad física y en dado caso que se presentara algún problema de salud se podría suspender inmediatamente.
- El (n) poblacional del estudio fue muy pequeño por lo cual sería bueno realizar estudios más adelante con un número de individuos más alto, al igual se debería manejar individuos de características fenotípicas más similares, con el fin de disminuir los sesgos y comprender el impacto.
- Por consiguiente, es razonable concluir que el método que se utilizó en el presente estudio proporcionó mediciones indirectas, pero confiables de la regulación parasimpática cardíaca.

## IX REFERENCIAS

- Álvarez, I. (2011). *Fisiología cardiovascular aplicada en caninos con insuficiencia cardiaca*. Bogotá: Universidad de La Salle. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n21/n21a09.pdf>
- Amador, F. J. (2013). Ryanodine receptor calcium release channels: lessons. *The Febs Journal*, 5456-5470.
- Aragoncillo, P. (s.f). *Anatomía del corazón* (Vol. 2). Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de [https://www.fbbva.es/microsites/salud\\_cardio/mult/fbbva\\_libroCorazon\\_cap2.pdf](https://www.fbbva.es/microsites/salud_cardio/mult/fbbva_libroCorazon_cap2.pdf)
- Bastos, M. (2011). Contracepción hormonal y sistema cardiovascular. *SciELO*, 96(4). doi:S0066-782X2011005000022
- Barrett, K. E. (s.f). *Ganong. Fisiología médica, 25e*. Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1800&sectionid=125141800>
- Benavides, J. (2014). Enfermedad valvular degenerativa canina: reporte de caso. *SciELO*(28), 91-102. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n28/n28a09.pdf>
- Burgos, F. (2004). *Manual Separ de Procedimientos/Procedimientos de Evaluación de la Función Pulmonar*. Barcelona: Permanyer. Obtenido de <https://issuu.com/separ/docs/procedimientos4>
- Cao, X. (2018). Heart Rate Variability and Performance of Commercial Airline Pilots during Flight Simulations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(237), 3-16.
- Campbell. (2003). The six-minute walk test. *PubMed*, 48(8), 783-785. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12890299>
- Cortes, J. M. (2012). ARRITMIAS CARDIACAS. .
- Ditollo, B. (2006). Electrocardiografía dinámica (holter). Estudio retrospectivo. *SciELO*.
- Esteve, P. P. (s.f). CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS MÁS FRECUENTES EN EL PERRO Y EL GATO (I). Obtenido de [http://www.hvsmveterinario.com/casosclin/casoclinico\\_octubre.pdf](http://www.hvsmveterinario.com/casosclin/casoclinico_octubre.pdf)
- Fajuri, A. (2009). Manual de Arritmias.
- Giraldo, B. (2010). Obtención y procesado de señal ECG, flujo respiratorio y oculograma en sujetos sanos. *Universidad de Ctaluña*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/9799>
- Gochicoa-Rangel, L. (2015). Prueba de caminata de 6 minutos: recomendaciones y procedimientos. *NCT*, 74(2), 127-136. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt-2015/nt152h.pdf>

Jalil, J. (2012). *FISIOLOGIA CARDIOVASCULAR*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile. Obtenido de <https://medicina.uc.cl/wp-content/uploads/2018/06/TEMA-1.-FISIOLOGIA-CARDIOVASCULAR-2012.pdf>

Javier E. González-Barajas. (2013) Cálculo del umbral para detección de la onda R del complejo cardiaco.

Kim, H.-G. (2017). Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Korean Neuropsychiatric Association*, 235-245.

López, A. (2009). Libro de Salud Cardiovascular del Hospital Clínico de San Carlos y la Fundación BBVA. Fundación BBVA. Obtenido de [https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE\\_2009\\_salud\\_cardiovascular.pdf](https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2009_salud_cardiovascular.pdf)

Michael, S. (2017). Cardiac Autonomic Responses during Exercise and Post-exercise Recovery Using Heart Rate Variability and Systolic Time Intervals—A R. *Frontiers in Physiology*, 8(301), 1-19. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2017.00301/full>

Meurs, K. (2014). *J Vet Intern Med*, 1214-1220. Mohr, E. (2002). Heart rate variability A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. *ELSEVIER*, 2(75), 251-259.

Murillo, M. (2011). Anatomía del tejido especializado de conducción cardíaco. Su interés en la cardiología intervencionista. *Revista Iberoamericana de Arritmología*, 1(2), 229-245. doi:10.5031/v1i2.RIA10141 Ocarino, N. (2011). Bilateral ventricular myocardial dysplasia in a Shar-Pei dog.

Pizzorno, A. (s.f). *Cardiología*. Obtenido de <http://www.saha.org.ar/pdf/libro/Cap.041.pdf>

Rafael, S. (2013). Que es el Bigeminismo. Electrocardiograma y medicina general.

Ramírez. (2009). *Fisiología cardiaca*. MD. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmed/md-2009/md093d.pdf>

Rodas, G. (2019). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *AMD*, 25(123), 41-45.

Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/46727114\\_Variabilidad\\_de\\_la\\_frecuencia\\_cardiaca\\_concepto\\_medidas\\_y\\_relacion\\_con\\_aspectos\\_clinicos\\_I](https://www.researchgate.net/publication/46727114_Variabilidad_de_la_frecuencia_cardiaca_concepto_medidas_y_relacion_con_aspectos_clinicos_I)

Sastre, J. (s.f). *ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL CORAZÓN* (Vol. 1). FAEDITORIAL. Obtenido de <https://www.faeditorial.es/capitulos/infarto-miocardio.pdf>

Schaer, M. (2006). *Medicina clínica del perro y el gato* (Vol. 1). Elsevier Masson.

Shaffer, F. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology*, 1-19.

Tintinalli, J. E. (2008). *Medicina de Urgencias*. Access Medicina. Obtenido de <https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookid=1532>

Tortora, G. J. (2011). *PRINCIPIOS DE ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA*, 11ª EDICIÓN. Panamericana.

Vargas Pinto Piero Ardani, (2018) Parámetros ecocardiográficos y electrocardiográficos en caninos atletas de la raza Border Collie en gran altitud, Universidad Nacional de Colombia.

Wells, S. M. (2008). Cardiac troponins. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 235-237.

Ynaraja, E. (2014). Manual de electrocardiografía. *SERVET*, 40.