



BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**PRINCIPALES AFECCIONES
CARDIOVASCULARES EN 2
ESPECIES DE PRIMATES (*Ateles
geoffroyi* y *Papio hamadryas*) EX SITU
EN 2 ZOOLOGICOS DEL CENTRO –
SUR Y CENTRO - OCCIDENTE EN
MÉXICO.**

Tesis
para obtener el título de:
Médico Veterinario Zootecnista

Presenta:
Elia Patricia Ruiz Salinas

Directores
Dr. Alejandro R Reynoso Palomar
Dr. Abel E. Villamancera

Tecamachalco, Puebla enero 2024

*Me gustaría dedicarle esto a alguien
que creyó en mi desde niña:
Para ti, que te animaste a convencer a todos
de que esto era para nosotras, que no te
has rendido aún después de todo.
Para ti que sacaste fuerzas de no sé dónde,
porque solo tú y yo sabemos todo lo que
hicimos para llegar hasta aquí.*

Gracias por todo Ely.

AGRADECIMIENTOS

A Elia y Patricio, quienes están detrás de cada logro, éxito y avance que he tenido. Que siempre han estado a mi lado en los fracasos, las tristezas y dolor, y aun así, a pesar de todo, jamás han dejado de creer en mí.

A Leidy, mi ejemplo de perseverancia, constancia y dedicación, y a Christian por demostrarme que el honor es una cualidad que se trabaja día con día.

A Gabriel y Hortensia, sin ser mis padres, siempre me he sentido bajo su cuidado y protección, simplemente sin ellos mi recorrido hasta aquí habría sido el triple de difícil.

Al Dr. Alejandro Reynoso, mi mentor desde el primer día en la facultad, por su apoyo, sugerencias, y presión para concluir este proyecto.

A cada uno de los centros de conservación que me dieron la oportunidad y la confianza de realizar este proyecto en sus instalaciones.

INDICE

Índice	4
Resumen	6
Introducción	7
Antecedentes	9
Marco teórico	11
Manejo y restricción	11
Captura	12
Restricción física	12
Restricción química	13
Dardo a distancia	13
Sistema cardiovascular en primates	14
Fisiología del corazón	14
Aspectos anatómicos del corazón	14
Paredes del corazón	15
Cámaras y válvulas	16
Células cardíacas	17
Ciclo cardiaco	18
Sistema de conducción cardiaco	19
Electrocardiograma	21
Derivaciones del electrocardiograma	22
Frecuencia cardiaca	23
Descripción del electrocardiograma	24
Intervalos, complejos y segmentos	24
Ecocardiograma	25
Ventajas de la ecocardiografía	25
Ecocardiografía bidimensional	26
Cortes y mediciones ecocardiográficos	27

Modo M	32
Valoración de la funcionalidad cardiaca	33
Ecocardiografía doppler	35
Justificación	37
Hipótesis	38
Objetivos	38
Objetivos generales	38
Objetivos específicos	38
Materiales y métodos	39
Localización	39
Población y muestra	39
Captura y restricción	40
Protocolo anestésico	40
Toma de muestra electrocardiográfica	41
Toma de muestra ecocardiográfica	42
Resultados	43
Conclusiones	46
Bibliografía	50

RESUMEN

En este estudio se presentan los resultados electrocardiográficos y ecocardiográficos de 7 ejemplares de dos especies de primates (*Ateles geoffroyi* y *Papio hamadryas*) en cautiverio. El objetivo general del presente trabajo fue estudiar los principales aspectos de la función eléctrica, fisiológica y anatómica cardíaca de estas dos especies de primates. De manera específica se realizaron: evaluación física general y cardiológica a través de realización de electrocardiograma y ecocardiograma, y se tomaron de referencia los resultados de estudios previos en otros primates como mono ardilla (*Saimiri spp.*), mono cangrejero (*Macaco fascicularis*), mono rhesus (*Macaca mulatta*) y chimpancé (*Pan troglodytes*). De los resultados de electrocardiograma se observaron diferencias entre los valores medios de todas las variables obtenidas entre monos araña, monos ardilla y monos cangrejeros, mientras que para el papión sagrado se observaron diferencias solo entre dos variables cuando se les comparó con papión y chimpancés. Para los valores promedio obtenidos del ecocardiograma de monos araña, estos fueron diferentes a los reportados por estudios previos para monos araña (*Ateles spp*) en Brasil y monos rhesus (*Macaca mulatta*) para casi todas las variables. Los valores electrocardiográficos y ecocardiográficos obtenidos en el presente estudio sirven como referencia para monos araña y papiones en México.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia diferentes especies de primates han sido estudiados por el ser humano, esto debido a que compartimos ancestros en común. En los últimos 35 años, las tres especies de primates que existen en México (*Alouatta palliata*, *Alouata pigra* y *Ateles geoffroyi*) han sido ampliamente estudiadas (Dias et al. 2011).

La investigación con primates mexicanos se ha asociado fuertemente a temas afines a la conservación de estos organismos: en una revisión de todos los trabajos publicados sobre primates mexicanos, se encontró que en más de la mitad se analizó un tema relacionado a su conservación (Dias et al. 2011). Sin embargo, en el país existen también otras especies de primates que se mantienen en cautiverio a través de zoológicos y UMAS dedicadas a la protección y conservación de estos, así como también forman parte de colecciones privadas.

La cardiología es importante en estos animales porque permite la detección temprana y el tratamiento enfermedades cardiológicas, lo que puede prolongar y mejorar su calidad de vida. Además, también puede ser importante en la investigación biomédica, ya que estos animales son utilizados como modelos para estudiar las enfermedades humanas.

La salud juega un rol muy importante en los centros de conservación y protección, poder establecer buenos estándares de sanidad interviniendo en aspectos médicos que puedan mejorar la calidad de vida, permite llegar a las expectativas esperadas de bienestar en primates. Para aplicar un tratamiento rápido y eficaz a una patología, a nivel veterinario, es necesario disponer de las herramientas de diagnóstico adecuadas, así como de los valores de referencia adecuados, adaptados a cada especie y sus circunstancias (Fernández y de la Trinidad, 2016).

Con este estudio se pretenden establecer las afecciones cardiacas que con mayor frecuencia se presentan en estas dos especies en condiciones de cuidado humano (ex situ) y comparar la información con los reportes realizados a especies similares.

Entre los parámetros a analizar, se evalúan principalmente los aspectos cardiovasculares mediante la determinación de los valores de referencia de los diferentes elementos de un registro electrocardiográfico (ECG), con énfasis en las particularidades de las diferentes ondas del propio registro, y los estudios ecocardiográficos transtorácicos. que se han convertido en la tecnología estándar para evaluar el rendimiento crónico de las válvulas cardíacas (Bert et al. 2013). Estos estudios pueden constituir un punto clave e imprescindible en cuanto al diagnóstico y supervivencia de la especie, ya que las enfermedades cardiovasculares se consideran la primera causa de muerte de los primates en cautiverio y aún se están investigando los numerosos elementos de la patogénesis que rodean estas muertes. (Shave et al. 2014).

Sugerir valores de referencia de electrocardiograma y ecocardiograma para estas especies en México, plantean la posibilidad de mejorar las condiciones sanitarias y clínicas de estas. Un mejor manejo clínico y profiláctico basado en especie, sexo y edad haría la diferencia.

Dada la particularidad de la especie y su estado de conservación, contribuir al conocimiento de la fisiopatología del individuo contribuye a la protección de la especie, así como a la mejoría de la especie en cautiverio y semilibertad. (Fernández y de la Trinidad, 2016). Por lo tanto, es importante que los veterinarios y científicos que trabajan con monos araña y papiones tengan un conocimiento sólido de la cardiología y se mantengan al día en las últimas técnicas y tecnologías para detectar y tratar enfermedades cardíacas en estos animales.

ANTECEDENTES

Ateles geoffroyi figura en el Apéndice II de la Cites, lo que significa que el comercio y el intercambio de especímenes están estrictamente regulados, según el Plan de Acción de Primates Mesoamericanos (Oropeza-Hernández et al. 2012). Por ello, su presencia en los zoológicos es de gran importancia, así como el mantenimiento de su salud. Este género también se utiliza como modelo experimental para probar fármacos de uso humano debido a su similitud morfológica y fisiológica con los humanos (Balthazar et al. 2020).

En un estudio realizado en Brasil en 2020, Balthazar realizó ecocardiogramas a 9 ejemplares de mono araña (*Ateles geoffroyi*), bajo contención química, observándose que los parámetros como el diámetro y el volumen del corazón, pueden estar directamente relacionados con el sexo y el peso de los animales, presentando valores más altos en machos y en individuos de mayor peso.

Por otro lado, el babuino o papión (*Papio Spp.*) se ha utilizado como modelo para estudiar varias enfermedades humanas diferentes a lo largo de los años. Los papiones sagrados (*Papio hamadryas*) son una especie de mono del Viejo Mundo que se encuentra en regiones de África y Arabia. En cuanto a estudios de cardiología en esta especie, se han llevado a cabo varios trabajos de investigación a lo largo de los años.

Uno de los primeros estudios sobre el corazón de los papiones se realizó en 1961, en el que se examinó los patrones de flujo sanguíneo en el corazón de estos primates mediante técnicas de radiación. Este estudio encontró que el flujo sanguíneo a través de las arterias coronarias del corazón de los papiones era similar al de los humanos.

En otro estudio, publicado en 2008, se evaluó la respuesta del corazón de los papiones al estrés agudo. Los resultados de este estudio mostraron que los papiones experimentaron cambios en la actividad eléctrica del corazón y en la función de las arterias coronarias en respuesta al estrés, confirmando su similitud con los humanos.

Recientemente, el modelo del papión ha sido evaluado por su utilidad en el estudio de trastornos metabólicos humanos comunes como la obesidad, el síndrome cardio metabólico y la diabetes tipo 2 (Higgings, 2013).

En general, los estudios realizados hasta la fecha muestran que el corazón de los papiones tiene una estructura y función similar a las de los humanos, lo que los convierte en un modelo animal útil para estudiar enfermedades cardíacas y evaluar terapias potenciales.

MARCO TEORICO

Los primates son un grupo diverso que contiene alrededor de 230 especies, estas se dividen en dos grandes grupos: los prosimios y los antropoides. Los antropoides se clasifican en dos linajes distintos: *Platyrrhini* o primates del nuevo mundo y *Catyrrhini* o primates del viejo mundo (Alfonso, 2006). Con excepción de nuestra propia especie, todos los demás primates vivos están confinados a ambientes tropicales o subtropicales; la mayoría de las especies viven en bosques con un estilo de vida arbóreo (Alfonso, 2006).

Manejo y restricción

Un manejo adecuado e inofensivo no sólo brinda condiciones de seguridad y supervivencia a los animales, sino que también les permite mantener todas sus características que los identifican como ejemplares representativos de su especie. Se requieren métodos de captura, inmovilización física o química y manipulación para realizar exámenes clínicos, mediciones morfométricas, transporte, muestreo, tratamiento y cualquier otro procedimiento. (Varela, 2008).

Se deben tener en cuenta tres factores fundamentales a la hora de elegir la técnica de sujeción: (1) que sea segura para el personal que realizará el proceso de sujeción y para los animales, (2) que se pueda conseguir el objetivo de la sujeción y (3) se debe permitir que el animal se recupere completamente de un procedimiento restrictivo antes de someterlo a otro (Ortiz-Yustres, 2021).

Las instalaciones deben ser diseñadas de manera que permitan a los primates expresar su comportamiento natural. Esto incluye la disponibilidad de áreas para movimiento, exploración, alimentación y descanso. Además, deben estar construidas con materiales resistentes y seguros, y contar con iluminación y ventilación adecuadas.

Se debe considerar que el manejo inadecuado, especialmente de animales asustados o estresados, puede provocar alteraciones o perturbaciones fisiológicas como hipotermia, hipertermia, aumento de la frecuencia respiratoria, estrés y miedo, entre otras manifestaciones(Varela, 2008).

Captura

Los métodos de captura implican persuadir o atraer a un animal para que entre en una pequeña zona controlada, utilizando métodos indirectos como señuelos, cebos, barreras visuales, sonidos y olores, o métodos directos como trampas y redes. (Varela, 2008).

Restricción física

Es una técnica utilizada para inmovilizar o capturar animales mediante procedimientos físicos o mecánicos destinados a limitar los movimientos del individuo, con el fin de controlar sus actividades físicas y protegerlos de lesiones que pudieran causarse ellos mismos o a otros. (Ortiz-Yustres, 2021).

Es fundamental planear la actividad con antelación. Debe contarse con los elementos necesarios para realizar una restricción física con éxito (Torres-Chaparro y Quintero-Sánchez, 2016).

Los primates generalmente se alojan en jaulas, lo que los hace más fáciles de capturar. Se recomienda que antes de proceder con la captura, se retire de la jaula cualquier material que pueda interferir con el correcto manejo del equipo de captura. (Torres-Chaparro y Quintero-Sánchez, 2016). Los primates son generalmente fuertes, rápidos y atacan mordiendo, utilizando frecuentemente sus extremidades como ayuda; Por tanto, estos animales deben manipularse con equipos de protección adecuados. (Española-APE 1999).

El grado específico de sujeción utilizado para controlar al animal es clave para la seguridad del operador y la comodidad del animal. Una sujeción excesiva puede hacer que el animal reaccione de forma agresiva o nerviosa, una sujeción insuficiente puede provocar lesiones al personal, a otras personas o causar que el animal escape. (Ortiz-Yustres, 2021).

Restricción química

Este método consiste en la aplicación de sustancias químicas que pueden ser inyectadas mediante impulso manual o con equipos más específicos (rifles, pistolas, cerbatanas, ballestas) para exponer al animal a un estado de sedación que permita su manipulación, de la forma más adecuada, eficaz y seguro (Ortiz-Yustres, 2021)

Dardo a distancia

El método más utilizado para capturar con dardo es la cerbatana, aunque el rifle se usa de forma más frecuente. Pero la captura de primates es arriesgada y muy costosa. Además de la necesidad de contar con un presupuesto adecuado y permisos para realizarlo, es fundamental saber atrapar con dardo, esto significa formación y experiencia. (Galbany, 2016). Entonces, el éxito de la captura de dardos depende del esfuerzo real que se les ponga. Las principales causas de mortalidad debidas a estas capturas se atribuyeron a una sobredosis de anestésico, traumatismo causado por el dardo y daño causado por la caída del primate al suelo. Esta última causa es de especial interés dado que se ha observado una elevada proporción de primates que caen al suelo directamente, sin red protectora, debido al bajo éxito en el trabajo del equipo de personas responsables de las capturas con dardos (Galbany, 2016).

Sistema Cardiovascular en primates

El sistema cardiovascular en primates, al igual que en otros mamíferos, está compuesto por el corazón, las arterias, las venas y los capilares. El corazón es un

órgano muscular que bombea sangre a través del sistema circulatorio. Las arterias transportan sangre desde el corazón a todos los tejidos del cuerpo, mientras que las venas transportan sangre de regreso al corazón. (Belerman et al. 2007)

En los primates, el sistema cardiovascular ha evolucionado para adaptarse a la necesidad de un mayor suministro de sangre y oxígeno al cerebro, que es un órgano altamente metabólico y demandante de energía. Esto se ha logrado mediante el desarrollo de arterias y venas de mayor diámetro y con una mayor capacidad para dilatarse y contraerse en respuesta a las demandas del cuerpo (Fernández et al. 2016).

Además, los primates tienen una mayor densidad capilar en el cerebro que en otros tejidos, lo que les permite suministrar una mayor cantidad de sangre y oxígeno al cerebro en relación con su tamaño corporal. También tienen una mayor capacidad para mantener la presión arterial y una mayor resistencia a la hipoxia (falta de oxígeno) (Fernández et al. 2016).

En general, el sistema cardiovascular en primates ha evolucionado para soportar las demandas de un cerebro altamente activo y demandante, lo que ha resultado en una mayor eficiencia y capacidad de respuesta en comparación con otros mamíferos (Fernández et al. 2016).

Fisiología del corazón

- Aspectos anatómicos del corazón

El corazón está situado en el medio de la cavidad torácica, en el mediastino, rodeado por los pulmones y sostenido por los grandes vasos sanguíneos. Está rodeado por un saco fibroso llamado pericardio, compuesto por dos capas, la parietal y la visceral, entre las cuales se encuentra una pequeña cantidad de líquido, que lubrica el movimiento del corazón durante sus fases de relajación y contracción (Belerman et al. 2001).

La anatomía del corazón incluye cuatro cámaras: dos aurículas y dos ventrículos. Las aurículas son las cámaras superiores y los ventrículos son las cámaras inferiores. La aurícula derecha recibe la sangre que regresa al corazón a través de las venas cava craneal y caudal desde el cuerpo enviándola al ventrículo derecho. El ventrículo derecho bombea la sangre hacia los pulmones para que se oxigene a través de la arteria pulmonar. La aurícula izquierda recibe sangre oxigenada que regresa de los pulmones a través de las venas pulmonares y la envía al ventrículo izquierdo. El ventrículo izquierdo bombea sangre oxigenada por todo el cuerpo a través de la arteria aorta (Belerenian et al. 2001).

Entre las aurículas y los ventrículos se encuentran las válvulas auriculoventriculares (tricúspide y mitral), que permiten que la sangre fluya en una sola dirección. También hay válvulas semilunares (pulmonar y aórtica) en las arterias que salen del corazón y que ayudan a mantener el flujo sanguíneo unidireccional.

El corazón también cuenta con su propio sistema de conducción eléctrica, que controla el ritmo cardíaco. Este sistema incluye el nodo sinoauricular (SA), el nodo auriculoventricular (AV) y las fibras de Purkinje, que permiten que las contracciones del corazón sean coordinadas y eficientes (Belerenian et al. 2001).

Paredes del corazón

El corazón está formado por tres capas, que son:

1. Endocardio: es la capa interna del corazón y está en contacto directo con la sangre que circula a través de las cámaras cardíacas. Está compuesta por un epitelio simple (células endoteliales).

2. **Miocardio:** Esta es la capa media del corazón y está formada por células del músculo cardíaco (cardiomiocitos). Esta capa es responsable de contraer el corazón para bombear sangre por todo el cuerpo.

3. **Epicardio:** Es el revestimiento del corazón y una capa de tejido conectivo y células epiteliales. También contiene los vasos sanguíneos y los nervios que suministran sangre y energía nerviosa al corazón, cubre el corazón, rodea las raíces de los vasos sanguíneos grandes y forma un saco protector sobre la pared del corazón.

Y una capa protectora llamada pericardio, que es la membrana que rodea el corazón y que protege las válvulas de las cámaras y las arterias y venas del corazón que transportan sangre al tejido cardíaco. Esto evita que el corazón se mueva de su posición en el mediastino, al tiempo que permite suficiente libertad de movimiento para que se contraiga rápida y con fuerza. (De los Nietos, 2007).

Cámaras y válvulas del corazón

El corazón está dividido en 4 cámaras por válvulas y septos, estas cámaras son la aurícula izquierda (LA), el ventrículo izquierdo (VI), la aurícula derecha (RA) y el ventrículo derecho (RV). La aurícula izquierda es la cámara que recibe la sangre de las venas pulmonares y está separada del VI por una válvula bicúspide, también llamada válvula mitral, que permite que la sangre pase al ventrículo y la expulse hacia la aorta. de la aorta (Belerenian et al. 2001).

La aurícula derecha recibe sangre de la vena cava craneal y caudal, pasa al VD a través de la válvula tricúspide y del ventrículo a la arteria pulmonar a través de la válvula pulmonar. La separación entre las aurículas y los ventrículos está asegurada por los septos interauricular e interventricular, respectivamente. (Belerenian et al. 2001).

Células cardiacas

Las células del corazón, también conocidas como cardiomiocitos, son células musculares especializadas que forman el tejido del músculo cardíaco. Estas células tienen características únicas que les permiten trabajar juntas para contraer el corazón y bombear sangre a través del cuerpo (Belerenian et al. 2001).

Los cardiomiocitos están interconectados por medio de estructuras llamadas discos intercalares, que permiten que las células se comuniquen y coordinen su actividad. Estos se caracterizan por tener cinco propiedades, algunas de ellas intrínsecas del corazón, que les permiten desarrollar ciertas funciones específicas: función cronotrópica, barotrópica, dromotrópica, inotrópica y función lusitrópica.

- Función Cronotrópica: Es la capacidad para controlar el ritmo cardíaco y la frecuencia de los latidos del corazón. Esto se logra mediante la regulación de la frecuencia y la fuerza de las contracciones cardiacas, lo que a su vez está influenciado por el sistema nervioso y las hormonas. Las células cardiacas especializadas, como las células del nódulo sinoauricular, tienen la capacidad intrínseca de generar impulsos eléctricos a un ritmo determinado, lo que se conoce como ritmo sinusal. Estos impulsos eléctricos son la base del ritmo cardíaco normal.

- Función barotrópica: Es la capacidad intrínseca para detectar y responder a cambios en la presión arterial y la carga de trabajo del corazón. Esta respuesta se debe en parte a la actividad del sistema nervioso autónomo y las hormonas que regulan la fuerza y la frecuencia de las contracciones cardiacas.

- Función domotrópica: Se refiere a su capacidad para regular la conducción eléctrica del corazón y la contracción de las fibras musculares

cardíacas. Las células especializadas del corazón, como las células del nódulo sinoauricular y las células del nódulo auriculoventricular, son responsables de la regulación de la conducción eléctrica del corazón y de asegurar que la contracción de las fibras musculares del corazón sea coordinada y eficiente. Estas células son capaces de generar y propagar impulsos eléctricos a través del corazón, lo que ayuda a coordinar la contracción del corazón y asegura que el corazón lata a un ritmo constante y coordinado.

- Función lusitrópica: Es la capacidad para relajarse después de una contracción, lo que permite que el corazón se llene de sangre y se prepare para la siguiente contracción. En términos más específicos, la función lusitrópica se refiere a la capacidad de las células cardíacas para bombear calcio fuera de la célula después de una contracción. El calcio es esencial para la contracción muscular, pero cuando se acumula en exceso en la célula, puede interferir con la relajación y la capacidad del corazón para llenarse de sangre.

Ciclo Cardíaco

El ciclo cardíaco es el proceso que ocurre en el corazón durante un latido completo, consiste en un período de contracción (sístole) y un período de relajación (diástole). Durante la sístole, el corazón se contrae y bombea sangre a través de las arterias para transportarla por todo el cuerpo. Durante la diástole, el corazón se relaja y llena las venas de sangre. (Fernández y de la Trinidad 2016).

La aurícula derecha recibe la sangre que regresa de la circulación sistémica a través de la vena cava al corazón, pasa por la válvula tricúspide y la envía al ventrículo derecho, que, después de pasar por la válvula pulmonar, envía sangre a los pulmones a través de la arteria pulmonar. La aurícula izquierda recibe sangre oxigenada de los pulmones a través de la vena pulmonar, pasándola a través de la válvula mitral hasta el ventrículo izquierdo, que luego fluye hacia la circulación sistémica a través de la válvula aórtica. (Fernández y de la Trinidad 2016).

El trabajo del corazón depende del volumen de sangre que bombea (precarga) y de la presión que debe generar para bombear sangre fuera del corazón. (Pos carga) (Fernández y de la Trinidad 2016).

El ciclo cardiaco está controlado por el sistema nervioso autónomo y por hormonas como la adrenalina. La frecuencia cardíaca y la fuerza de la contracción del corazón pueden ser afectadas por diferentes factores, como la actividad física, el estrés y la edad (Fernández y de la Trinidad 2016).

Sistema de Conducción cardiaco

El sistema de conducción cardíaca es un grupo de células especializadas que se encargan de generar y propagar los impulsos eléctricos que hacen que el corazón se contraiga. Estas células forman una red de fibras y nudos que se extienden por todo el corazón. Este sistema está compuesto por células marcapasos o de respuesta lenta (automáticas) y células de conducción o de respuesta rápida (que generalmente no presentan despolarizaciones espontáneas y se activan por la AP generada en las células marcapasos) (De los Nietos, 2007).

- **Nodo sinoauricular:** El nodo sinoauricular (SA) es una pequeña estructura en el corazón que se encuentra en la aurícula derecha, cerca de la entrada de la vena cava superior. Es conocido como el "marcapasos natural" del corazón, ya que es responsable de iniciar los impulsos eléctricos que generan los latidos cardíacos.

- **Nodo auriculoventricular:** El nodo auriculoventricular (AV) es una estructura del sistema de conducción eléctrica del corazón que se encuentra en el tabique que separa las aurículas de los ventrículos. Su función es transmitir los impulsos eléctricos que se originan en el nodo SA a los ventrículos, lo que hace que se contraigan y bombeen sangre hacia el cuerpo. El nodo AV actúa como un "retrasador" natural

del impulso eléctrico, lo que permite que las aurículas se contraigan primero y luego los ventrículos. Esto asegura que la sangre sea expulsada correctamente del corazón y evite que las aurículas y los ventrículos se contraigan al mismo tiempo.

- Haz de His: Se trata de una estructura formada por células automáticas que pueden estimularse a sí mismas a un ritmo más lento cuanto más separadas estén. Su haz se divide en dos ramas, la derecha y la izquierda. La rama derecha es una estructura similar a un cordón que pasa a través de las trabéculas septomarginales y la fascia conductora del músculo papilar anterior de la válvula tricúspide. La rama izquierda se extiende por el ventrículo izquierdo formando tres fascículos: anterior, medio y posterior. (De los Nietos, 2007).

- Sistema de Purkinje: El sistema de Purkinje está formado por miocitos especializados separados por una vaina fibrosa del resto del músculo liso, que conduce más lentamente, lo que distribuye el impulso a los dos ventrículos, de modo que se despolariza y provoca la contracción del ventrículo. Está representado por el complejo QRS en el ECG.

Electrocardiograma

El ECG es un registro de la actividad eléctrica del corazón. No está limitado a la zona de conducción, sino a todo el corazón de forma global. Actualmente el electrocardiograma (ECG) es uno de los mejores métodos, no invasivos, para evaluar la salud cardíaca general de animales salvajes anestesiados (Fernández, 2016).

El trazado típico de un electrocardiograma que registra un latido cardíaco normal incluye una onda P, un intervalo PR, la onda Q, que es la primera desviación negativa (invertida), la onda P y el intervalo PR. La onda R es la primera deflexión positiva (hacia arriba) después de la onda Q (si las ondas Q no son visibles, la onda R es la primera

deflexión hacia arriba después del intervalo PR. Un complejo QRS y una onda T. La onda U pequeña normalmente es invisible (Fernández, 2016).

1. Onda P: Es la primera onda del ECG y representa la despolarización auricular, que es la contracción de las aurículas del corazón. La onda P se produce cuando la señal eléctrica pasa a través de los nódulos sinoauricular (SA) y auriculoventricular (AV).

2. Intervalo PR: Es el tiempo que transcurre desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo QRS. Representa el tiempo que tarda la señal eléctrica en viajar desde los nódulos SA y AV a través de los ventrículos.

3. Complejo QRS: Es la onda más grande del ECG y representa la despolarización ventricular. El complejo QRS se produce cuando la señal eléctrica pasa a través de los ventrículos.

4. Segmento ST: Es la línea horizontal que une el final del complejo QRS con el inicio de la onda T. Representa el período en el que los ventrículos se contraen y se preparan para la siguiente contracción.

5. Onda T: Es la última onda del ECG y representa la repolarización ventricular, que es el proceso por el cual los ventrículos se recuperan de la contracción. La onda T se produce cuando los ventrículos vuelven a su estado de reposo eléctrico.

Intervalo QT: Es el tiempo que transcurre desde el inicio del complejo QRS hasta el final de la onda T. Representa el período completo de la actividad eléctrica ventricular, incluyendo la contracción y recuperación.

Derivaciones del electrocardiograma

En la práctica, el registro electrocardiográfico de la actividad eléctrica generada por el corazón se recoge a partir de 12 derivaciones estándar, sistematizadas y universalmente aceptadas. El electrocardiograma se realiza colocando 10 electrodos (4 en las extremidades y 6 en las precordiales) que darán lugar a 12 derivaciones

estándar. Esto se hace con el individuo en posición supina y en reposo. (Fernández, 2016).

- Derivaciones bipolares de Einthoven

Registran la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de la siguiente manera: La derivación I es un trazo que muestra la diferencia de potencial eléctrico entre el brazo derecho y el brazo izquierdo; La derivación II es un trazo donde se muestra la diferencia de potencial eléctrico entre el brazo derecho y la pierna izquierda; La derivación III es un trazo donde se aprecia la diferencia de potencial eléctrico entre el brazo y la pierna. (Fernández, 2016).

- Derivaciones monopolares de Goldberger

Los cables monopolares analizan la actividad eléctrica del corazón en el plano frontal, de cada extremidad por separado en relación a un electrodo con voltaje igual a 0. A partir de los registros de los cables monopolares, el electrocardiógrafo calcula el aumento de los cables unipolares: aVF, aVR y AVL (Fernández, 2016).

- Derivaciones precordiales

Las derivaciones precordiales son aquellas derivaciones del electrocardiograma (ECG) que se colocan en la pared torácica del paciente, específicamente en la región precordial o pecho. Estas derivaciones captan la actividad eléctrica del corazón desde diferentes ángulos, lo que permite obtener información sobre su funcionamiento.

Las derivaciones precordiales se colocan en la pared torácica en los siguientes lugares:

V1: se coloca en el cuarto espacio intercostal derecho, cerca del borde esternal.

V2: se coloca en el cuarto espacio intercostal izquierdo, cerca del borde esternal.

V3: se coloca en el espacio intercostal entre V2 y V4, en una posición equidistante de ambos puntos.

V4: se coloca en el quinto espacio intercostal en la línea media clavicular izquierda.

V5: se coloca en la línea axilar anterior en el mismo nivel que V4.

V6: se coloca en la línea axilar media en el mismo nivel que V4 y V5.

Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca se define como la cantidad de impulsos eléctricos registrados por minuto y la cantidad de latidos que ocurren por minuto. Para calcular la frecuencia cardíaca buscamos la onda R que está en una línea isoelectrica y a partir de ahí contamos el número de cuadrados grandes hasta la siguiente onda R. El papel del ECG se mide regularmente a una velocidad de 25 mm/s, es decir que cuatro cuadrados grandes equivalen a un segundo, por lo que 300 cuadrados grandes corresponden a 1 minuto. Usando la simple regla de 3, si hay 300 fotogramas por minuto, los fotogramas se calcularán entre dos RR, así que divide 300 por el número de fotogramas en el intervalo RR y obtendrás la frecuencia cardíaca. (Fernández, 2016).

Descripción del electrocardiograma

- Onda P: Corresponde a la activación o despolarización auricular. Son ondas redondas, monofásicas, aunque en ocasiones pueden ser bifásicas. La amplitud máxima es de 0,30 mV y la duración es inferior a 0,10 segundos. Puede ser positivo, negativo, positivo/negativo o negativo/positivo.

- Onda Q: corresponde con la despolarización del septo interventricular (inicio de la despolarización ventricular), es la primera onda del complejo QRS. Es negativa, no siempre es visible.

- Onda R: corresponde a la despolarización ventricular, es la onda positiva del complejo QRS y es la única onda de visualización constante.

- Onda S: corresponde a la despolarización basal de los ventrículos, son ondas negativas que siguen a las ondas R.

- Onda T: Corresponde a la repolarización ventricular. La onda T normal es asimétrica, con la porción ascendente más lenta que la porción descendente.

Intervalos, complejos y segmentos

- Intervalo PR (o PQ): representa el tiempo necesario para que el estímulo se propague a través del sistema de conducción específico desde el nodo sinusal hasta el punto donde comienza la despolarización ventricular; generalmente se mide en DII desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo.

- Segmento PR: Generalmente es isoelectrico. En la taquicardia podemos observar una ligera infra irregularidad, con una ligera concavidad superior, ligada a la modificación que produce la simpaticotonía en la repolarización auricular.

- Complejo QRS: se corresponde con la activación o despolarización ventricular.

- Segmento ST: es la distancia entre el final del QRS y el inicio de la onda T.

- Intervalo QT: representa la duración total de la sístole ventricular, se mide desde el inicio del complejo QRS (Q o R) hasta el final de la onda T.

Ecocardiograma

Un ecocardiograma es una prueba de diagnóstico no invasiva que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia (ultrasonido) para crear imágenes detalladas del corazón y sus estructuras asociadas. Durante la prueba, un técnico coloca un transductor en el pecho del paciente que emite ondas sonoras y recoge las ondas que rebotan en el

corazón y sus estructuras. Estas ondas sonoras se definen en imágenes en tiempo real del corazón, que pueden ser evaluadas por un médico especialista en cardiología.

Un ecocardiograma puede utilizarse para evaluar el tamaño y la forma del corazón, la función de las válvulas cardíacas, la velocidad y dirección del flujo sanguíneo a través del corazón, así como para detectar la presencia de coágulos de sangre u otras anomalías. Esta prueba se utiliza normalmente para detectar y monitorear enfermedades cardíacas, como enfermedades de las válvulas, enfermedades coronarias, insuficiencia cardíaca y enfermedades congénitas del corazón.

Ventajas de la ecocardiografía

La ecocardiografía es una herramienta de diagnóstico muy útil para la evaluación de enfermedades del corazón y tiene varias ventajas, entre las que se incluyen:

1. No invasiva: la ecocardiografía es una prueba no invasiva que no requiere la inserción de ningún instrumento o dispositivo en el cuerpo, lo que significa que no es dolorosa ni incómoda.
2. Segura: la ecocardiografía no utiliza radiación ionizante, por lo que no presenta riesgos para la salud como la exposición a la radiación.
3. Fácil de realizar: la ecocardiografía es un examen de imagen fácil de realizar y no requiere mucho tiempo.
4. Puede proporcionar información detallada: la ecocardiografía puede proporcionar información detallada sobre la estructura y función del corazón, incluyendo el tamaño de las cámaras cardíacas, la función de las válvulas y la cantidad de sangre que está siendo bombeada por el corazón.
5. Puede detectar problemas tempranos: la ecocardiografía puede detectar problemas cardíacos en etapas tempranas, lo que puede permitir un tratamiento temprano y mejorar los resultados.

6. Puede ayudar a guiar el tratamiento: la ecocardiografía puede ser útil en la guía del tratamiento de enfermedades cardíacas, como la enfermedad coronaria, la insuficiencia cardíaca y las enfermedades de las válvulas cardíacas.

Ecocardiografía bidimensional

La ecocardiografía bidimensional es una técnica de diagnóstico por imágenes que utiliza ondas de ultrasonido para producir imágenes bidimensionales del corazón en tiempo real. La ecocardiografía bidimensional es la técnica más utilizada para evaluar la estructura y función del corazón. (Penninck, 2015).

Durante el examen de ecocardiografía bidimensional, el transductor de ultrasonido se coloca en la superficie del tórax del paciente y se mueve a lo largo del pecho para producir imágenes del corazón desde diferentes ángulos. Estas imágenes en tiempo real muestran la estructura de las cuatro cámaras del corazón, las válvulas cardíacas y los vasos sanguíneos cercanos.

Las imágenes de la ecocardiografía bidimensional pueden ser analizadas para evaluar la función cardíaca, incluyendo la fracción de eyección (FE), que es la cantidad de sangre que se bombea fuera del ventrículo izquierdo con cada contracción. También se puede evaluar la función valvular, la presencia de anomalías cardíacas congénitas y la presencia de coágulos sanguíneos o masas en el corazón

En la ecocardiografía bidimensional, hay cuatro posiciones generales del transductor (ventanas) que brindan acceso a planos de imágenes coherentes. La posición paraesternal derecha está entre el tercer y sexto espacio intercostal derecho (generalmente entre el cuarto y quinto), entre el esternón y las uniones costocostales. Se localiza fácilmente palpando el latido del ápice derecho y colocando allí el transductor. La posición paraesternal caudal (apical) izquierda está entre el quinto y séptimo espacio intercostal izquierdo, lo más cerca posible del esternón. Se localiza palpando el latido del ápice izquierdo. La posición paraesternal craneal izquierda se ubica entre el tercer y cuarto espacio intercostal izquierdo, entre el esternón y las

uniones costochondrales. La posición subcostal se encuentra caudal a la apófisis xifoides del esternón y las costillas. (Rosas-Rangel y Velandia-Salazar. 2008. 2008).

Los planos de imagen obtenidos en cada una de las posiciones del transductor se denominan según su orientación con respecto al lado izquierdo del corazón, específicamente el ventrículo izquierdo y la aorta. El plano que corta al ventrículo izquierdo paralelo al eje longitudinal del corazón, desde el ápice hasta la base, se llama plano largo (longitudinalmente). El plano que cruza el ventrículo izquierdo o la aorta perpendicular al eje largo del corazón se llama plano de eje corto (sección transversal). (Rosas-Rangel y Velandia-Salazar. 2008).

Cortes y mediciones ecocardiográficas

Los cortes y mediciones ecocardiográficas son importantes para evaluar la estructura y la función del corazón. Durante un examen de ecocardiografía, se realizan mediciones de las diferentes estructuras cardíacas, y se obtienen diferentes cortes para visualizar el corazón en diferentes posiciones.

1. Corte paraesternal derecho eje largo

- Corte en 4 cámaras: En un paciente sano, las valvas mitrales son delgadas y están perfectamente ajustadas. El espesor de la pared del ventrículo derecho es la mitad que el de la pared del ventrículo izquierdo. Este corte no es fiable para evaluar el tamaño del ventrículo derecho. El tabique interauricular debe ser recto. En esta sección podrás evaluar:

- Dilatación de las aurículas.
- Ratio entre AI y AD.
- Regurgitación mitral y tricúspide mediante Doppler color.
- Incremento de grosor en las valvas de la válvula mitral.
- Prolapso de valvas o rotura de cuerdas tendinosas.
- Comunicaciones interatriales mediante
- Doppler color y espectral.

- Desplazamiento del septo interatrial.
- Vegetaciones valvulares.
- Displasia de las válvulas aurículo - ventriculares.
- Hipertrofia concéntrica y excéntrica de los ventrículos.
- Trombos en AI y VI.
- Derrame y tamponamiento pericárdico.
- Masas cardiacas.

- Corte en 5 cámaras: En condiciones normales, la aorta y la aurícula izquierda tienen un tamaño similar. Las valvas de la válvula mitral son delgadas y no descienden a la aurícula izquierda. El tabique interventricular es recto y no sobresale hacia el área del tracto de salida del ventrículo izquierdo. La cámara del ventrículo derecho tiene aproximadamente 1/3 del tamaño de la cámara del ventrículo izquierdo. El espesor de la pared del ventrículo derecho suele ser aproximadamente la mitad del espesor de la pared del ventrículo izquierdo. En este corte se pueden evaluar:

- Dimensiones del tracto de salida del VI.
- Vegetaciones en válvula aórtica.
- Estrechamiento del tracto de salida del VI (estenosis aórtica).
- Regurgitación aórtica mediante Doppler color.
- Comunicación interventricular mediante Doppler color y espectral.
- Relación AI/AO mediante ecocardiografía en Modo-M.
- Movimiento anterior sistólico (S.A.M.) de la válvula mitral.
- Movimiento septal paradójico.
- Hipertrofia concéntrica y excéntrica de los ventrículos.

2. Corte paraesternal derecho eje corto

Las imágenes transversas se pueden obtener en cualquier nivel desde el ápex hasta la base cardiaca.

- Ventrículo Izquierdo: En ausencia de alteraciones, el ventrículo izquierdo presenta simetría circular. Los músculos papilares son similares en tamaño. No hay aplanamiento del tabique interventricular. La contracción es uniforme. El espesor de la pared del ventrículo derecho es aproximadamente la mitad del espesor de la pared del ventrículo izquierdo. Las irregularidades suelen observarse en el lado del ventrículo derecho cercano al tabique interventricular, que corresponde a las trabéculas y los músculos papilares. En este corte se pueden evaluar:

- Dimensiones anatómicas del VI en sístole y diástole mediante Modo-M (septo interventricular, cavidad ventricular, pared libre).
- Estructura y simetría de los músculos papilares.
- Dimensión del ventrículo derecho.
- Movimiento septal paradójico.

- Válvula Mitral: Las valvas normales no tienen áreas más gruesas y deben moverse con normalidad. Observamos la típica imagen en “boca de pez”, correspondiente a la válvula mitral en diástole ventricular. En este corte se pueden evaluar:

- Alteraciones estructurales de la válvula mitral.
- Mediciones funcionales de la válvula mitral mediante Modo-M (separación del punto E al septo, pendiente E-F).
- Área y longitud de la válvula mitral

- Base cardiaca: Observamos un círculo en el centro del sector con tres valvas, correspondiente a la válvula aórtica. En condiciones normales, la aorta y la aurícula izquierda tienen un tamaño similar. El tabique interauricular es recto. La arteria pulmonar es apenas visible porque se superpone al apéndice izquierdo. En este corte pueden evaluarse:

- Longitud de la aurícula izquierda.

- Longitud y área de la válvula aórtica.
- Relación AI/AO.
- Estructura y función de las valvas de la válvula aórtica.
- Presencia de lesiones vegetativas valvulares.
- Regurgitación aórtica mediante Doppler color en Modo-M.

- Bifurcación de la arteria Pulmonar: En condiciones normales, la aorta y el pulmón tienen un diámetro similar. La arteria pulmonar principal izquierda suele ser difícil de identificar fácilmente. A veces es visible una pequeña parte de la aurícula izquierda. En este corte pueden valorarse:

-
- Longitud y área de la válvula aórtica.
- Longitud de la válvula pulmonar.
- Relación AO/Pulmonar.
- Características del flujo pulmonar mediante Doppler espectral (velocidad, GP, ITV, PEP, RVET, tiempo de aceleración y desaceleración).
- Regurgitación pulmonar mediante Doppler color y espectral.
- Estrechamiento del tracto de salida del VD (estenosis pulmonar).
- Dilatación del tracto de salida del VD (sobrecarga de volumen).
- Comunicaciones interventriculares supracristales o ventanas AO: Pulmonares.
- Persistencia del conducto arterioso.

3. Corte paraesternal izquierdo eje largo

- Corte de 4 cámaras: En este corte se pueden valorar:
 - Regurgitación mitral y tricúspide mediante Doppler color y espectral.
 - Mediciones de flujo transmitral y transtricúspide mediante Doppler espectral (vel., GP, punto E, punto A, PDTE, P ½ t).
 - Rotura o prolapso de cuerdas tendinosas.
 - Comunicación interauricular mediante Doppler color y espectral.
 - Displasia valvular aurículo-ventricular.

- Mediciones de flujo de regurgitación transmitral PISA mediante Doppler color.

- Corte en 5 cámaras: En este corte pueden valorarse:

- Características del flujo aórtico mediante Doppler color y espectral (vel., GP, ITV, PEP, LVET, PDTE de aceleración y desaceleración, intervalo R-R).

- Comunicación interventricular mediante Doppler color y espectral.

- Movimiento sistólico anterior (S.A.M.).

- Regurgitación aórtica mediante Doppler color y espectral.

- Lesiones vegetativas valvulares.

4. Corte paraesternal izquierdo eje corto

- En este corte pueden valorarse:

- Características del flujo pulmonar mediante Doppler espectral (velocidad, GP, ITV, PEP, RVET, tiempo de aceleración y desaceleración).

- Regurgitación pulmonar mediante Doppler color y espectral.

- Estrechamiento del tracto de salida del VD (estenosis pulmonar).

- Dilatación del tracto de salida del VD (sobrecarga de volumen).

- Persistencia del conducto arterioso.

5. Corte subcostal por el lado izquierdo (5 cámaras)

- En este corte pueden evaluarse:

- Características del flujo aórtico mediante Doppler color y espectral (vel., GP, ITV, PEP, LVET, PDTE de aceleración y desaceleración, intervalo R-R).

- Regurgitación aórtica mediante Doppler color y espectral.

- Lesiones vegetativas valvulares

Modo M

La ecocardiografía en modo M (Modo Movimiento) es una técnica de ecocardiografía que permite medir el movimiento del corazón en tiempo real a lo largo

de una línea fija en la imagen. En otras palabras, el ecocardiograma en modo M muestra el movimiento del corazón a lo largo del tiempo en una sola dimensión.

El ecocardiograma en modo M se utiliza para evaluar el movimiento de las paredes del corazón y la función de las válvulas cardíacas. También se puede utilizar para medir la velocidad del flujo sanguíneo a través del corazón y puede ser útil para evaluar la función del ventrículo izquierdo y para detectar trastornos del ritmo cardíaco (Penninck, 2015).

Durante el examen de ecocardiografía en modo M, el transductor de ultrasonido se coloca en el tórax del paciente, y se dirige en una dirección específica para obtener la línea de imagen adecuada. A continuación, se utiliza un cursor para seleccionar la línea de interés y se registra el movimiento del corazón a lo largo de esta línea en tiempo real (Penninck, 2015).

Valoración de la funcionalidad cardíaca

La valoración de la funcionalidad cardíaca mediante ecocardiografía es una herramienta útil para evaluar el rendimiento del corazón y detectar anomalías en su función. Algunos de los parámetros que se utilizan para evaluar la función cardíaca son:

- SIVd (Septo interventricular en diástole): Durante la diástole, que es el periodo de relajación de los ventrículos, el septo interventricular se relaja y se estira. Si el grosor es mayor a lo normal, puede indicar una hipertrofia ventricular izquierda, que es un agrandamiento del ventrículo izquierdo del corazón.

- DIVId (Diámetro diastólico del ventrículo derecho): Se utiliza para evaluar la función sistólica del ventrículo izquierdo. Si el DDVI es mayor de lo normal, puede indicar una disfunción del ventrículo izquierdo, que es una condición en la que el ventrículo izquierdo no se contrae adecuadamente, lo que puede provocar una insuficiencia cardíaca. Por otro lado, si el DDVI es menor de lo normal, puede ser un indicador de una función cardíaca mejorada.

- PPVId (Pared posterior ventrículo Izquierdo en diástole): Durante la diástole, la pared posterior del ventrículo izquierdo se relaja y se estira. Si el espesor de la pared posterior del ventrículo izquierdo en diástole es mayor de lo normal, puede indicar una hipertrofia ventricular izquierda. La medición del espesor de la pared posterior del ventrículo izquierdo en diástole se utiliza como un indicador de la gravedad de la hipertrofia y para monitorizar la respuesta al tratamiento.

- VFD (Volumen Final en diástole): El volumen final en diástole se refiere al volumen total de sangre que se encuentra en el ventrículo izquierdo del corazón al final del período de relajación, o diástole. Este volumen se puede medir mediante ecocardiografía y es una medida importante para evaluar la función del corazón.

- SIVs (Septo interventricular en sístole): Durante la sístole, la pared del septo interventricular (SI) del corazón se contrae y se mueve hacia la izquierda, lo que permite la expulsión de sangre del ventrículo derecho hacia el ventrículo izquierdo. Un aumento en el grosor del SI en sístole puede ser indicativo de hipertensión pulmonar, estenosis pulmonar o problemas en la válvula aórtica, entre otras afecciones. Además, un SI demasiado delgado en sístole puede indicar un fallo en la contracción del ventrículo derecho, lo que puede ser un signo de una enfermedad cardíaca subyacente. Un diámetro sistólico anormalmente grande puede indicar una disfunción del corazón, como insuficiencia cardíaca o enfermedad coronaria.

- DIVIs (Diámetro sistólico en el ventrículo izquierdo): Se refiere al tamaño del ventrículo izquierdo en su estado de contracción, o sístole. El diámetro sistólico se mide como la distancia máxima entre las paredes anterior y posterior del ventrículo izquierdo, y se utiliza para evaluar la capacidad del corazón para bombear sangre durante la sístole.

- PPVIs (Pared Posterior ventrículo izquierdo en sístole): Durante la sístole, la pared posterior se acerca al centro del corazón y se puede observar un adelgazamiento de la pared. Un adelgazamiento excesivo de la pared posterior del ventrículo izquierdo en sístole puede ser indicativo de una enfermedad cardíaca subyacente.

- VFS (Volumen final en sístole): Se refiere al volumen máximo de sangre que queda en el ventrículo izquierdo del corazón después de que se haya producido la contracción máxima del ventrículo izquierdo, es decir, en sístole.

- SV (Volumen sistólico): Es la cantidad de sangre que es expulsada del ventrículo izquierdo del corazón durante cada contracción o sístole. Esta medición se realiza midiendo la velocidad del flujo sanguíneo en la aorta y la superficie del ventrículo izquierdo, y se utiliza para evaluar la capacidad del corazón para bombear sangre.

- FE (Fracción de eyección): Es la proporción de sangre que es expulsada del ventrículo izquierdo durante la contracción. Se expresa como un porcentaje y se calcula dividiendo el volumen de eyección por el volumen diastólico final. Un valor normal de fracción de eyección es del 55% al 70%.

- FS (Fracción de aceleramiento): Es una medida de la velocidad a la que se acelera la sangre desde el reposo hasta la velocidad máxima durante la contracción del ventrículo izquierdo. La FA se calcula dividiendo la velocidad máxima de la sangre en la superficie del ventrículo izquierdo por la velocidad máxima de la sangre en la aorta.

- HR (Frecuencia cardíaca): Es una medida de la velocidad a la que late el corazón y es una de las variables más importantes en la interpretación del ecocardiograma. En la mayoría de los casos, la frecuencia cardíaca se mide mediante un electrocardiograma (ECG) que se registra al mismo tiempo que el ecocardiograma. La frecuencia cardíaca se puede monitorizar en tiempo real durante el ecocardiograma, lo que permite al médico detectar cualquier variación en el ritmo cardíaco y ajustar la interpretación en consecuencia.

Ecocardiografía Doppler

La ecocardiografía Doppler es una técnica de ultrasonido utilizada para evaluar el flujo sanguíneo dentro del corazón y los vasos sanguíneos cercanos. Esta técnica se basa en el efecto Doppler, que se produce cuando las ondas sonoras emitidas por

un transductor de ultrasonido se reflejan en los glóbulos rojos en movimiento y cambian de frecuencia (Penninck, 2015).

La ecocardiografía Doppler se utiliza comúnmente para evaluar la función cardíaca y para diagnosticar enfermedades cardíacas, como las valvulopatías, la insuficiencia cardíaca y la enfermedad coronaria. La técnica se puede realizar en modo bidimensional o en modo M, y se pueden obtener imágenes y mediciones precisas de la velocidad y dirección del flujo sanguíneo en diferentes áreas del corazón.

Existen varios tipos de ecocardiografía Doppler, que incluyen:

- Doppler pulsado: mide la velocidad del flujo sanguíneo en un punto específico dentro del corazón.
- Doppler continuo: mide la velocidad del flujo sanguíneo a lo largo de una línea de muestreo dentro del corazón.
- Doppler color: utiliza diferentes colores para representar la velocidad y dirección del flujo sanguíneo en tiempo real.

A diferencia de la ecocardiografía bidimensional o en modo M, que proporciona las mejores imágenes perpendiculares al haz de ultrasonido, los estudios Doppler solo son precisos cuando el haz de ultrasonido es paralelo o casi paralelo al flujo sanguíneo.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad en el mundo se han generado muy pocos estudios sobre los aspectos cardiovasculares del mono araña (*Ateles geoffroyi*) y del Babuino (*Papio hamadryas*), así mismo en México esto se ve reflejado puesto que los estudios enfocados en estas especies se dirigen a los aspectos etológicos, alimenticios y de conservación.

Actualmente, el mono araña es considerado una especie en peligro de extinción por la UICN y forma parte de muchos programas de conservación de la propia especie y su hábitat. La falta de estudios enfocados a las principales enfermedades de los primates constituye una problemática para su adecuada conservación.

Existen pocos estudios enfocados a las enfermedades cardiovasculares en primates en México, y estos cada vez son más comunes en otras especies que viven en cautiverio, debido a su mayor longevidad gracias a estas condiciones. Para poder aplicar un tratamiento eficaz a una patología, a nivel veterinario, es necesario contar con las herramientas de diagnóstico adecuadas.

La ecocardiografía y la electrocardiografía son herramientas fundamentales para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades cardíacas en humanos y animales. En el caso de los primates no humanos, estas técnicas han cobrado gran importancia debido a su similitud fisiológica y anatómica con los seres humanos. En particular, el mono araña y el papión son especies de primates que han sido objeto de estudio en relación a la ecocardiografía y electrocardiografía, lo que ha permitido conocer más acerca de su salud cardiovascular y la posible aparición de patologías cardíacas similares a las que precozmente a los humanos.

Conocer las afecciones cardiovasculares más frecuentes permitirá a zoológicos y centros de conservación mantener un mejor control de salud, brinda herramientas para un mejor diagnóstico, tratamiento y seguimiento de enfermedades cardiovasculares.

HIPOTESIS

Los hallazgos electrocardiográficos y ecocardiográficos de ejemplares de *Ateles geoffroyi* y *Papio hamadryas* obtenidos en este estudio, son similares a los reportados en otros primates.

OBJETIVOS

Objetivo general

- a. Estudiar los principales aspectos de la función eléctrica, fisiológica y anatómica cardíaca de dos especies de primates (*Ateles geoffroyi* y *Papio hamadryas*) ex-situ en dos centros de conservación en México.

Objetivos específicos

- a. Evaluar el estado de los animales a través de un examen físico general.
- b. Analizar los valores obtenidos del electrocardiograma de dos especies de primates (*Ateles geoffroyi* y *Papio hamadryas*).
- c. Analizar los valores obtenidos del ecocardiograma de dos especies de primates (*Ateles geoffroyi* y *Papio hamadryas*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en dos centros de conservación del centro – sur de México. Uno ubicado en el estado de Morelos y el otro ubicado en el estado de Tlaxcala. Ambos centros de conservación utilizan la exhibición de esos ejemplares y otros, para generar recursos, que sirven para el mantenimiento de sus recintos.

Como parte de la toma de muestras, cada centro de conservación se encargó de la contención quica de cada uno de los ejemplares.

Población y muestra

El tamaño de la muestra da lugar a 7 ejemplares, 2 papiones sagrados (*Papio hamadryas*) y 5 mono araña (*Ateles geoffroyi*). Todos los ejemplares se caracterizan por tener edades variadas que se encuentran en una etapa geronte principalmente, existen tanto hembras como machos.

En cada centro de conservación la dieta suele basarse en preparados de diferentes frutas, verduras, con la adición de pelets para perros, con la diferencia de que los preparados de los papiones también incluyen carne cruda de pollo y/o cerdo.

Ambas especies se mantienen en cautiverio, en zonas acondicionadas dentro de materiales que los protegen del exterior, y de visitantes.

Captura y restricción

Generalmente, los primates se encuentran alojados en jaulas, lo cual hace más fácil su captura. Se recomienda que, antes de proceder con la captura, se remuevan de la jaula cualquier material que pueda dificultar la manipulación correcta de los equipos de captura (Torres-Chaparro y Quintero-Sánchez, 2016).

- Dardo a distancia

El método más utilizado para capturar con dardo es la cerbatana, aunque el rifle se usa de forma más frecuente. Pero la captura de primates es arriesgada y muy costosa. Además de la necesidad de contar con un presupuesto adecuado y permisos para realizarlo, es fundamental saber atrapar con un dardo, lo que implica formación y experiencia. Por tanto, el éxito en la captura de los dardos depende del esfuerzo real que se les dedique. Las principales causas de mortalidad por estas capturas se atribuyeron a sobredosis de anestésicos, traumatismos provocados por el dardo y daños causados por la caída del primate al suelo. Esta última causa es de especial interés dado que se ha observado una elevada proporción de primates que caen al suelo directamente, sin red protectora, debido al bajo éxito en el trabajo del equipo de personas responsables de las capturas con dardos (Galbany, J. 2016).

Protocolo Anestésico

Antes de la inmovilización los centros de conservación establecieron un ayuno de 12 horas, con acceso a agua ad libitum. Lo recomendable fue aislar a los ejemplares a lugares donde se puedan evitar riesgos y complicaciones.

Se trato de dar prioridad a la administración manual de los anestésicos, pero no se tuvo éxito, cada ejemplar fue dardeado para su contención química.

El protocolo que se usó para contención química fue el siguiente:

Cuadro 1. Tabla de medicamentos y dosis usados para manejo de mono Araña (Ateles geoffroyi) y papión (Papio hamadryas).

Inducción y anestesia

Fármaco	Dosis	Función	Método de aplicación
----------------	--------------	----------------	-----------------------------

Ketamina	7 mg/kg	Disociativo	
Tiletamina y zolacepam	25 mg/kg	Anestésico	Dardo a distancia

Toma de muestra electrocardiográfica

Para la toma de muestras electrocardiográficas, se utilizó un aparato Marquette MAC 500 (MicroSmart), con batería portátil. Se utilizaron 4 electrodos de pinza, en las cuatro extremidades. Los registros electrocardiográficos se tomaron con los animales en decúbito dorsal con ayuno de 8 horas.

Con base en la similitud anatómica, se siguió el posicionamiento normal en la especie humana para la colocación de los electrodos, se preparó la piel con etanol y se colocaron los electrodos. Para mejorar la conductividad, se aplicó a los electrodos un gel a base de agua.

Parámetros que se midieron

- Onda P: Representa la activación Auricular. Debido a la posición anatómica del nodo sinusal, la despolarización auricular se realiza de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda.
- Espacio PR: Representa el tiempo que dura la despolarización de la aurícula y el viaje del estímulo a través de la unión AV.
- Complejo QRS: Representa la despolarización ventricular.
- Espacio QT: Representa la repolarización ventricular, y varía de forma inversamente proporcional a la frecuencia cardíaca la sístole eléctrica.
- Onda T: Representa la repolarización de los ventrículos.
- Ritmo y frecuencia: para detectar trastornos del ritmo cardíaco (arritmias) y en el diagnóstico de situaciones que implican un suministro insuficiente de sangre al corazón (Guadalajara, F. 2006).

Toma de muestra ecocardiográfica

Para la muestra ecocardiográfica se usó un Ultrasonido Sonomedic Marshall M15 Expert con Doppler color y pulsado. Los estudios se tomaron con los animales narcotizados e inmovilizados en posición decúbito Lateral Izquierdo.

Si bien la ecografía cardíaca es la herramienta de diagnóstico inicial de elección en la evaluación de la estructura y función cardíacas en humanos, hasta la fecha solo se dispone de datos limitados sobre la función cardíaca en primates (Shave et al. 2014).

La ecocardiografía en modo M captura información a lo largo de una sola línea de exploración obtenida del conjunto de datos 2D. Esta información incluye mediciones lineales (por ejemplo, grosores de pared y dimensiones de la cámara) y mediciones no lineales (por ejemplo, cálculos de área y volumen).

Parámetros que se midieron:

- SIVd: Septo interventricular en diástole
- DIVId: Diámetro diastólico del ventrículo derecho
- PPVId: Pared posterior ventrículo Izquierdo en diástole
- VFD (Teichhold): Volumen Final en diástole
- SIVs: Septo interventricular en sístole
- DIVIs: Diámetro sistólico en el ventrículo izquierdo
- PPVIs: Pared Posterior ventrículo izquierdo en sístole
- VFS (Teichhold): Volumen final en sístole
- SV (Teichhold): Volumen sistólico
- FE (Teichhold): Fracción de eyección
- FS (Teichhold): Fracción de aceleramiento
- HR: Frecuencia cardíaca

RESULTADOS

Para las evaluaciones electrocardiográficas y ecocardiográficas se conformaron por un total de siete ejemplares: dos papiones sagrados (*Papio hamadryas*) y cinco monos araña (*Ateles geoffroyi*). Los resultados para todos los animales de los valores electrocardiográficos analizados son mostrados en el Cuadro 2, los valores que se consideraron fueron: onda P, Amplitud (mV) y duración (segundos); amplitud y duración del complejo QRS, así como la duración de T y del intervalo QT. Sin embargo, las limitaciones del estudio están relacionadas con el número de animales empleados debido al reducido número de ejemplares que tiene cada unidad de estudio; también es de considerar la reducida participación de dueños o encargados de otros centros de conservación.

El electrocardiograma es una gráfica de las variaciones de voltaje que produce el músculo cardíaco durante las diferentes fases del ciclo cardíaco. Las variaciones de voltaje se producen por la despolarización y repolarización de células musculares individuales (Riching y Sleeper, 2018). Si se colocan dos electrodos de un electrocardiógrafo en lados opuestos de la superficie de la célula en estado de reposo, no se produce ninguna desviación en el electrocardiograma porque no hay diferencia de potencial entre las partes de la superficie de la célula. Cuando se estimula la membrana celular por la izquierda, una onda de despolarización atraviesa la célula de izquierda a derecha. esta estimulación provoca un cambio en la permeabilidad del ciclo cardíaco, dando lugar a diferencias entre las concentraciones internas y externas de varios iones. se producirá una diferencia de potencial entre los dos lados de la superficie celular (Riching y Sleeper, 2018).

Los monos cynomolgus (*Macaca fascicularis*) y los monos Rhesus (*Macaca mulatta*) son los primates no humanos más utilizados en la investigación biomédica. Por lo tanto, es de gran importancia que el investigador o estudiante tenga un conocimiento básico del electrocardiograma de estas especies.

Establecer parámetros cardiovasculares normales en animales salvajes es intrínsecamente difícil porque deben estar confinados químicamente o manipulados de forma segura. Si no se utiliza sedación, casi todos los ejemplares estarían estresados. Esto puede conducir a una estimulación simpática. Por el contrario, se esperan efectos estimulantes o depresores sobre el sistema cardiovascular de los fármacos utilizados para la inmovilización química. (Larsson et al. 2008).

El análisis electrocardiográfico de primates no humanos es importante durante la evaluación de la seguridad de los fármacos, ya que la prolongación del intervalo QT asociada a fármacos es de especial importancia clínica. La prolongación del intervalo QT puede deberse a efectos sobre diversos canales iónicos cardíacos, como la inhibición de la corriente de K^+ de rectificador retardado de activación rápida o la corriente de K^+ de rectificador retardado de activación lenta y la disminución de la inactivación o el aumento de la activación de las corrientes de Na^+ o Ca^{2+} . Además, es importante aclarar la relación entre la prolongación del intervalo QT y los giros en los picos, una arritmia mortal (Larsson et al. 2008).

Los primates no humanos tienen una incidencia mucho menor de enfermedades cardíacas y arteriales espontáneas. Esto puede deberse a que la mayoría de los primates no humanos tienen una dieta muy diferente a la de los humanos, su esperanza de vida es notablemente más corta, y se realiza un número relativamente menor de exámenes post mortem en primates no humanos en comparación con los humanos (Koenhemi et al. 2012).

Cuadro 2. Descripción de los valores individuales registrados del electrocardiograma de mono araña (*Ateles geoffroyi*) y papión (*Papio hamadryas*).

	Onda P		Complejo QRS		Polaridad Onda T (%)	Intervalo PQ(s)	Intervalo QT(s)
	Duración (s)	Amplitud (mV)	Duración (s)	Amplitud (mV)			
Mono araña	0.05	0.12	0.06	1.17	0.13	0.1	0.11
	0.05	0.35	0.04	1.66	0.14	0.13	0.12
	0.04	0.26	0.05	0.96	0.03	0.11	0.06
	0.05	0.23	0.04	0.85	0.2	0.1	0.08
	0.03	0.42	0.13	1.92	0.08	0.27	0.16
Papión	0.08	0.11	0.08	0.91	0.15	0.16	0.17
	0.06	0.1	0.06	0.94	0.12	0.13	0.21

(s) segundos, (mV) Milivolts

Se observaron diferencias entre los valores medios de todas las variables obtenidas del electrocardiograma entre monos araña, monos ardilla y monos cangrejeros (Cuadro 3). Estas diferencias podrían deberse a los métodos experimentales y condiciones de manejo entre los resultados obtenidos en este estudio y los observados en estudios previos. Mientras que para el papión sagrado se observaron diferencias para la onda P y complejo QRS (s) cuando se les comparó con papión y chimpancés (Cuadro 3). Los valores de onda P (mV) y complejo QRS (mV) mostraron similitudes con los reportados en papión y chimpancés. Por ejemplo, Diferencias entre macacos japoneses (*Macaca fusacata*) en la duración de la QRS y otras especies de monos se debió al tamaño del miocardio. Así mismo, diferencias entre macacos japoneses y otros monos referentes a la amplitud de la onda P, se debió a la edad de los macacos japoneses. Mientras que el intervalo QT en macacos japoneses comparados con otros monos fueron similares, el intervalo QT fue mas largo en macacos japoneses sin anestias y más cortos en macacos japoneses anestesiados en comparación con otras especies de macacos (Yamaoka et al. 2013).

En el cuadro 4 se presentan los valores individuales obtenidos en este estudio del ecocardiograma de monos araña y papines como son: grosor septo interventricular en diástole (GSId), diámetro ventrículo izquierdo en diástole (DVId), grosor pared ventrículo izquierdo en diástole (GPVId), volumen final en diástole (VFD), grosor septo interventricular en sístole (GSIs), diámetro ventrículo izquierdo en sístole (DVIs), grosor pared ventricular izquierda en sístole (GPVIs), volumen final sistólico (VFS), volumen sistólico (SV), fracción de acortamiento (FS), fracción de eyección (FE), atrio izquierdo (Ai), aorta (Ao), relación atrio izquierdo-aorta (Ai/Ao), frecuencia cardiaca (FC) y gasto cardiaco (CO).

Para los valores promedio obtenidos del ecocardiograma de monos araña (Cuadro 5), estos fueron diferentes a los reportados por estudios previos para monos araña (*Ateles spp*) en Brasil y monos rhesus (*Macaca mulatta*) para casi todas las variables; excepto para el diámetro del ventrículo izquierdo en diástole (DVId), volumen final sistólico (VFS) y aorta (Ao), los cuales fueron similares a los obtenidos en monos araña (*Ateles spp*).

CONCLUSIONES

Los valores electrocardiográficos y ecocardiográficos obtenidos en el presente estudio sirven como referencia para monos araña y papiones en México. Así mismo, describe los intervalos de referencia con respecto a las condiciones descritas en este trabajo en México. Estos intervalos de referencia ayudaran a los encargados, clínicos, veterinarios e investigadores determinar con precisión el estado cardiaco de estos primates.

Cuadro 3. Comparación de media y desviación estándar de diferentes variables analizadas en electrocardiograma de primates.

Variable	Mono araña (<i>Ateles geoffroyi</i>)	Mono ardilla (<i>Saimiri spp.</i>)*		Mono cangrejero (<i>Macaca fascicularis</i>)***	Papión sagrado (<i>Papio hamadryas</i>)	Papion (<i>Papio spp.</i>)***	Chimpance (<i>Pan troglodytes</i>)***
	n=5	Macho	Hembra	n=44	n= 4	n=170	-
Onda P(s)	0.05 ± 0.008	0.01 ± 0.0	0.01 ± 0.0	0.11 ± 0.005	0.09 – 0.30	0.05 – 0.40	0.02 – 0.05
Onda P (mV)	0.26 ± 0.11	1.56 ± 0.56	1.76 ± 0.56	0.06 ± 0.01	0.04 – 0.07	0.03 – 0.07	0.04 – 0.26
Complejo QRS (s)	0.05 ± 0.03	0.02 ± 0.0	0.02 ± 0.0	0.94 ± 0.1	0.08 – 1.30	0.20 – 1.70	0.02 – 0.03
Complejo QRS (mV)	1.17 ± 0.4	9.07 ± 3.38	11.4 ± 2.4	0.12 ± 0.04	0.1 – 0.25	0.10 – 0.20	0.10 – 0.95
Onda T	0.13 ± 0.06	-	-	0.13 ± 0.02	-	-	-
Intervalo PQ	0.11 ± 0.07	0.02 ± 0.0	0.03 ± 0.0	0.17 ± 0.02	0.2 – 0.31	0.18 – 0.32	-
Intervalo QT	0.11 ± 0.03	0.06 ± 0.0	0.06 ± 0.0	-	-	-	0.10 – 0.2

(s) Segundos, (mV) Milivolts. * (Huss et al. 2015); ** (Detweiler, 2010)

Cuadro 4. Descripción de los valores individuales registrados del ecocardiograma de Mono araña (*Ateles geoffroyi*) y papión (*Papio hamadryas*).

	GSId (cm)	DVID (cm)	GPVID (cm)	VFD (ml)	GSIs (cm)	DVIS (cm)	GPVIS (cm)	VFS (ml)	SV (ml)	FS %	FE %	Ai (cm)	Ao (cm)	Ai/Ao	FC (lpm)	CO (l/min)
	0.27	2.48	0.24	21.87	0.24	2.02	0.31	13.07	8.79	18.5	18.5	1.5	1.05	1.43	170	1.49
Mono	0.39	1.64	0.32	7.64	0.55	1.36	0.46	4.71	2.93	16.9	38.4	1.29	0.87	1.5	125	0.36
	0.37	1.69	0.3	8.21	0.44	1.22	0.49	3.54	4.67	27.4	56.9	1.11	1.06	1.05	130	0.67
araña	0.21	1.83	0.17	10.12	0.13	1.44	0.17	5.48	4.64	21.1	45.9	1.43	0.98	1.46	109	0.5
	0.46	2.17	0.44	15.68	0.51	1.73	0.25	8.81	6.87	20.2	43.8	1.2	1.05	1.14	131	0.9
	0.4	2.61	0.78	24.94	0.89	1.46	0.62	5.6	19.4	44.3	77.6	2.29	1.3	1.76	86	1.66
Papión	0.42	2.81	0.66	29.72	0.38	1.91	0.76	11.25	18.47	32.1	62.1	1.95	1.67	1.17	104	1.92

(GSId) Grosor septo interventricular en diástole, (DVID) Diámetro ventrículo izquierdo en diástole, (GPVID) Grosor pared ventrículo izquierdo en diástole, (VFD) Volumen final en diástole, (GSIs) Grosor septo interventricular en sístole, (DVIS) Diámetro ventrículo izquierdo en sístole, (GPVIS) Grosor pared ventricular izquierda en sístole, (VFS) Volumen final sistólico, (SV) Volumen sistólico, (FS) Fracción de acortamiento, (FE) Fracción de eyección, (Ai) Atrio Izquierdo, (Ao) Aorta, (Ai/Ao) Relación atrio izquierdo-aorta, (FC) Frecuencia cardíaca, (CO) Gasto cardíaco.

Cuadro 5. Comparación de media y desviación estándar de diferentes variables analizadas en ecocardiograma de primates.

Variable	Mono araña (<i>Ateles geoffroyi</i>) n= 5	Mono araña (<i>Ateles spp</i>)* n= 9	Mono rhesus (<i>Macaca mulatta</i>)** n=823	Papión sagrado (<i>Papio hamadryas</i>) n=3
GSId (cm)	0.37 ± 0.099	0.53 ± 0.11	0.59 ± 0.13	0.41 ± 0.014
DVIId (cm)	1.83 ± 0.35	2.24 ± 0.18	2.07 ± 0.29	2.71 ± 0.14
GPVI (cm)	0.27 ± 0.11	0.52 ± 0.08	0.66 ± 0.06	0.6 ± 0.3
VFD (ml)	10.12 ± 6.02	17.17 ± 3.29		27.33 ± 3.3
GSIs (cm)	0.44 ± 0.18	0.80 ± 0.14	0.88 ± 0.18	0.63 ± 0.36
DVIId (cm)	1.44 ± 0.32	1.41 ± 0.25	1.16 ± 0.31	1.6 ± 0.31
GPVI (cm)	0.31 ± 0.13	0.83 ± 0.06	1.03 ± 0.15	0.69 ± 0.09
VFS (ml)	5.48 ± 3.8	5.3 ± 2.2		8.42 ± 3.99
SV (ml)	4.67 ± 2.27		10.35 ± 3.46	18.9 ± 0.65
FS %	20.2 ± 4.01	37.3 ± 8.66	43.62 ± 10.65	38.2 ± 8.6
FE %	43.8 ± 14.11	69 ± 10	76.57 ± 10.24	69.8 ± 10.9
Ai (cm)	1.29 ± 0.16	1.72 ± 0.2	1.82 ± 0.24	2.12 ± 0.24
Ao (cm)	1.05 ± 0.08	1.1 ± 0.2	1.53 ± 0.22	1.48 ± 0.26
Ai/Ao	1.43 ± 0.2	1.64 ± 0.22	1.21 ± 0.21	1.46 ± 0.47
FC (lpm)	130 ± 22	119 ± 14		95 ± 12
CO (l/min)	0.67 ± 0.44	1.4 ± 0.31	1.57 ± 0.50	1.79 ± 0.18

(GSId) Grosor septo interventricular en diástole, (DVIId) Diámetro ventrículo izquierdo en diástole, (GPVIId) Grosor pared ventrículo izquierdo en diástole, (VFD) Volumen final en diástole, (GSIs) Grosor septo interventricular en sístole, (DVIIs) Diámetro ventrículo izquierdo en sístole, (GPVIs) Grosor pared ventricular izquierda en sístole, (VFS)Volumen final sistólico, (SV) volumen sistólico, (FS) Fracción de acortamiento, (FE) Fracción de eyección, (Ai) Atrio Izquierdo, (Ao) Aorta, (Ai/Ao) relación atrio izquierdo-aorta, (FC) Frecuencia cardiaca, (CO) Gasto cardiaco. *(Balthazar et al. 2020); **(Ueda et al. 2020)

BIBLIOGRAFIA

- Alfonso, J., Lescano, J., Quevedo, M., & Fernández, V.** (2020). Comparación de tres protocolos de contención química inyectable reversible en monos búho de Spix (*Aotus vociferans*) utilizando ketamina, xilazina y midazolam. *Diario de Primatología Médica* , 49 (3), 136-143.
- Atta, AG y Vanace, PW** (1960). Estudios electrocardiográficos en el mono Macaca mulatta. *Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York* , 85 (3), 811-818.
- Belerenian, G., Mucha, C. J., Camacho, A. A., & Manubens Grau, J.** (2007). Afecciones cardiovasculares en pequeños animales.
- Bert, AA, Drake, WB, Quinn, RW, Brasky, KM, O'Brien Jr, JE, Lofland, GK y Hopkins, RA** (2013). Ecocardiografía transesofágica en babuinos macho adultos jóvenes sanos (*Papio hamadryas anubis*): anatomía y función cardíaca normal en primates subhumanos en comparación con los humanos. *Avances en cardiología pediátrica* , 35 (2), 109-120.
- Cabrera, A.**, (2012) *Diseño y evaluación de un programa de enriquecimiento animal para papión sagrado (Papio hamdryas) y mono patas (Erythrocebus patas) del zoológico de San Juan de Aragón*. Tesis de licenciatura Medicina Veterinaria y zootecnia. Universidad Autónoma de México.
- Española-APE, A. P.** (1999). Directrices internacionales para la adquisición, el cuidado y la reproducción de primates no humanos. *Parte I y II. Tomado de IPS International Guidelines for the Acquisition, Care and Breeding of Nonhuman Primates*. Madrid: Editorial ORBIS Geográfica.
- Balthazar, DDA, dos Santos Vasconcelos, M., Magalhães, BSN, Kagohara, A., Troccoli, F., Galhães, A., ... & Paiva, JP** (2020). Determinación de dos parámetros ecocardiográficos en macacos-aranha (*Ateles spp.*) mantidos en cativeiro, sedados con cetamina y midazolam. *Revista Brasileira de Medicina Veterinaria* , 42 (1), e117120-e117120.
- De los Nietos Miguel, C.** (2007). Nociones básicas de anatomía, fisiología y patología cardíaca: bradiarritmias y taquiarritmias. *Enfermería en cardiología: revista científica e informativa de la Asociación Española de Enfermería en Cardiología*, (40), 7-20.
- Detweiler, D. K.** (2010). The mammalian electrocardiogram: comparative features. In *Comprehensive electrocardiology*.
- Di Fiore, A.** (2007). The Atelines: variation in ecology, behavior and social organization. *Primates in perspective*, 155-185.
- Dias, P. A. D., Negrín, A. R., & Espinosa, D. C.** (2011). *La conservación de los primates en México*. México: Gobierno del Estado de Veracruz, Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología.

- Erickson, HH y Olsen, SC** (1985). Electrocardiograma, frecuencia cardíaca y presión arterial en el chimpancé. *The Journal of Zoo Animal Medicine* , 16 (3), 89-97.
- Fagundes, N., Castro, ML, Silva, RA, De Lima, MPA, Braga, CS, Dos Santos, EAR, ... & Beier, SL** (2020). Comparación de midazolam y butorfanol combinados con ketamina o dexmedetomidina para la restricción química en monos aulladores (*Alouatta guariba clamitans*) para vasectomía. *Diario de Primatología Médica* , 49 (4), 179-187.
- Fernández, A., & de la Trinidad, R.** (2016). Parámetros clínicos de chimpancé (" *Pan troglodytes*") en programas de rehabilitación y reintroducción en su medio natural.
- Flanders, JA, Buoscio, DA, Jacobs, BA y Gamble, KC** (2016). Análisis retrospectivo de la enfermedad cardíaca de inicio en adultos en francois'langurs (*trachypithecus francoisi*) alojados en zoológicos de EE.UU. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* , 47 (3), 717-730.
- Galbany, J., Altmann, J., Pérez-Pérez, A., & Alberts, S. C.** (2011). Age and individual foraging behavior predict tooth wear in Amboseli baboons. *American Journal of Physical Anthropology* , 144(1), 51-59.
- Guizado Sicos, F. M., & Pillco Lozano, J. (2023).** Situación poblacional de primates bajo condiciones de cacería en la comunidad nativa Maizal del Parque Nacional del Manu–Madre de Dios.
- West, G., Heard, D. y Caulkett, N. (Eds.).** (2014). *Inmovilización y anestesia de animales y fauna silvestre del zoológico* . John Wiley & Sons.
- González-Zamora, A., Arroyo-Rodríguez, V., Chaves, Ó. M., Sánchez-López, S., Stoner, KE, & Riba-Hernández, P.** (2009). Dieta de los monos araña (*Ateles geoffroyi*) en Mesoamérica: conocimiento actual y direcciones futuras. *Diario Americano de Primatología: Diario Oficial de la Sociedad Americana de Primatólogos* , 71 (1), 8-20.
- Harewood, WJ, Gillin, A., Hennessy, A., Armistead, J., Horvath, JS y Tiller, DJ** (1999). Valores bioquímicos y hematológicos del babuino (*Papio hamadryas*): los efectos del sexo, el crecimiento, el desarrollo y la edad. *Revista de primatología médica* , 28 (1), 19-31.
- Horne, Washington** (2001). *Anestesia de primates. Clínicas veterinarias de América del Norte: práctica de animales exóticos* , 4 (1), 239-266.
- Huss, MK, Ikeno, F., Buckmaster, CL y Albertelli, MA** (2015). Características ecocardiográficas y electrocardiográficas de monos ardilla machos y hembras (*Saimiri* spp.). *Revista de la Asociación Estadounidense de Ciencias de los Animales de Laboratorio* , 54 (1), 25-28.
- Koenhemi, L., Gönül, R., Erdoğan, Ö., Sennazli, G. y Uysal, A.** (2012). Miocardiopatía dilatada en un mono araña (*Ateles paniscus*). *Revista de primatología médica* , 41 (2), 138-141.

- Lee, RV, Orlick, AO, Dolensek, EP y Doherty, JG** (1981). El electrocardiograma del gorila de las tierras bajas (*Gorilla gorilla*). *The Journal of Zoo Animal Medicine* , 12 (3), 73-80.
- Luna, B.**(1984) *Exodoncia de los caninos en el papión sagrado (Papio hamadryas) como medida de manejo en cautiverio*. Tesis de licenciatura Medicina Veterinaria y zootecnia. UNAM.
- Maddison, J., Page, S. y Church, D.** (2008) *Farmacología clínica de pequeños animales. (2da edición)* USA. Elsevier Inc.
- Fowler, ME y Miller, ER.** (2007). *Terapia actual de medicina de zoológicos y animales salvajes-E-Book* . Elsevier Ciencias de la Salud.
- Oropeza-Hernández, P., & Rendón-Hernández, E.** (2012). Programa de acción para la conservación de las especies: primates, mono araña (*Ateles geoffroyi*) y monos aulladores (*Alouatta palliata*, *Alouatta pigra*). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México*.
- Ortiz-Yustres, A.** (2021). Manual de restricción física y química en animales silvestres.
- Penninck, D. (2015).** dAnjou M. *Atlas de ecografía en pequeños animales. 2nd ed. USA: Multimédica ediciones veterinarias.*
- Rosas-Rangel, J. A., & Velandia-Salazar, M.** (2008). Determinación de los valores ecocardiográficos normales en caninos adultos sanos a la altura de Bogotá 2600 msnm.
- Shave, R., Oxborough, D., Somauroo, J., Feltrer, Y., Strike, T., Routh, A., ... & Stöhr, E.** (2014). Evaluación ecocardiográfica de la estructura y función cardíaca en grandes simios: una guía práctica. *Anuario del zoológico internacional* , 48 (1), 218-233.
- Suárez, SA** (2006). Dieta y costos de viaje para los monos araña en un entorno hiperdiverso no estacional. *Revista Internacional de Primatología* , 27 , 411-436.
- Sumano-López, H. S.** (2017). *Farmacología Veterinaria-Libro Digital*
- Torres-Chaparro, M. Y., & Quintero-Sánchez, V. (2016).** Guía para restricción física de fauna silvestre. *Documento de docencia*, (13).
- Ueda, Y., Duler, LM, Elliot, KJ, Sosa, PMD, Roberts, JA y Stern, JA** (2020). Intervalos de referencia ecocardiográficos con escala alométrica de 823 macacos rhesus (*Macaca mulatta*) clínicamente sanos. *Investigación veterinaria BMC* , 16 , 1-12.
- Varela, N.** (2008, June). Manejo y Restricción de Primates Neotropicales. In *Memorias de la Conferencia Interna en Medicina y Aprovechamiento de Fauna Silvestre, Exótica y no Convencional* (Vol. 4, No. 1, pp. 35-38).

- Vidal, F., Hernández, D., Serio, J., y Chapman, C.** (2016) *Mono Araña, el acróbata de la selva*. Ver., México: Secretaría de Educación de Veracruz.
- Wolf, RH, Lehner, ND, Miller, EC y Clarkson, TB** (1969). Electrocardiograma del mono ardilla, *Saimiri sciureus*. *Revista de fisiología aplicada* , 26 (3), 346-351.
- Koenhemi L, Gonul R, Erdogan O, Sennazli G, Uysal A** (2012) Dilated cardiomyopathy in a spider monkey (*Ateles paniscus*). *J Med Primatol* 41: 138-141.
- Larsson MHM, Coelho FM, Oliveira VM, Yamaki FL, Pereira GG, Soares EC, Fedullo JDL, Pereira RC, Ito FH** (2008) Electrocardiographic parameters of captive lions (*Panthera leo*) and tigers (*Panthera tigris*) immobilized with ketamine plus xylazine. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 39: 314-319.
- Larsson MHMA, Pellegrino A, Oliveira VMC, Prada CS, Fedullo JDL, Junior CEL** (2012) Electrocardiographic parameters of captive tufted capuchins (*Cebus apella*) under chemical immobilization. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 43: 715-718.
- Richig JW, Sleeper MM.** (2018). *Electrocardiography of laboratory animals*. Academic Press.
- Yamaoka A, Koie H, Sato T, Kanayama K, Taira MJ, JotAAfLAS** (2013) Standard electrocardiographic data of young Japanese monkeys (*Macaca fusucata*). 52: 491-494.

FIRMAS

Firma del alumno:



Alumno: Elia Patricia Ruiz Salinas

Firma: _____

Firma de directores de tesis:



Nombre: Alejandro Reynoso Palomar

Firma: _____

Nombre: Abel E. Villamancera

Firma: _____

DICTAMEN DE COMISIÓN REVISORA

() Aprobado

() A revisión

() Rechazado

Nombre: _____

Firma: _____

Observaciones y recomendaciones:
