



TESIS DOCTORAL

VALORACIÓN CARDIACA EN INDIVIDUOS SANOS DE LA ESPECIE *Mustela putorius furo* MEDIANTE RADIOGRAFÍAS Y EL PROGRAMA “OSIRIX MD”

ALEJANDRO GUTIÉRREZ VILLALBA

Biomarcadores de Salud y Estados Patológicos

2022



TESIS DOCTORAL

VALORACIÓN CARDIACA EN INDIVIDUOS SANOS DE LA ESPECIE *Mustela putorius furo* MEDIANTE RADIOGRAFÍAS Y EL PROGRAMA “OSIRIX MD”

Alejandro Gutiérrez Villalba

Biomarcadores de Salud y Estados Patológicos

“La conformidad del director/res de la tesis consta en el original en papel de esta Tesis doctoral”

Conformidad de los Directores:

Fdo. Dr. D. Luis Javier Ezquerro Calvo

Fdo. Dr. D. Joaquín Jiménez Frago

2022

Dr. D. Luis Javier Ezquerro Calvo, Catedrático de Medicina y Cirugía Animal y Dr. D. Joaquín Jiménez Fragoso, Profesor Contratado Doctor de Medicina y Cirugía Animal del Departamento de Medicina Animal de la Universidad de Extremadura, en calidad de Directores del presente trabajo de Tesis Doctoral, tienen el honor de informar que:

D. Alejandro Gutiérrez Villalba viene trabajando en el tema VALORACIÓN CARDIACA EN INDIVIDUOS SANOS DE LA ESPECIE *Mustela putorius furo* MEDIANTE RADIOGRAFÍAS Y EL PROGRAMA “OSIRIX MD” bajo nuestra dirección.

Que una vez concluido el trabajo y tras el oportuno análisis, reúne la calidad suficiente para ser presentado ante el correspondiente tribunal con objeto de ser juzgado.

Lo que firman y rubrican en Cáceres, a 24 de Enero 2022.

Fdo. Dr. D. Luis Javier Ezquerro Calvo

Fdo. Dr. D. Joaquín Jiménez Fragoso

“Las cosas podrían haber
sucedido de otra manera y,
sin embargo sucedieron
así”

(Miguel Delibes)

A mis padres por ser un ejemplo para mí de optimismo y coraje ante las dificultades. Por enseñarme que con esfuerzo y constancia, se puede conseguir cualquier meta que uno se proponga.

A mi hermano por ayudarme siempre a conseguir mis sueños y estar siempre a mi lado.

A Elisabet por su fiel apoyo y comprensión en todo lo que me “empeño”. Por hacerme sentir especial a su lado.

A mis abuelos porque se que si me estuvieran viendo me dedicarían una de sus mejores sonrisas.

A todos mis familiares por su apoyo.

Agradecimientos

Al Dr. Luis Javier Ezquerro Calvo y al Dr. Joaquín Jiménez Fragoso, directores de esta Tesis, por el apoyo prestado, su paciencia y por permitirme realizar esta Tesis Doctoral.

Al Dr. Pedro Luis Rodríguez Medina, por su ayuda en el desarrollo estadístico de la investigación. Por estar siempre disponible y dispuesto a ayudarme.

Al Dr. Francisco Javier Duque Carrasco, por sus conocimientos y por estar siempre dispuesto a colaborar.

A mis compañeros del Hospital Clínico Veterinario- UEX por su ayuda y apoyo durante todos estos años.

A mis amigos Nazaret, Naomi, Carlos, Eva, Ramón..... ,por brindarme su amistad y hacerme sentir una persona muy especial.

En general a todos aquellos que de una forma u otra han participado en la elaboración de esta Tesis.

MUCHAS GRACIAS A TODOS

Abreviaturas

(AD) Aurícula derecha	(DCM) Cardiomiopatía dilatada
(AFA) American Ferret Association	(DICOM) Digital Imaging and Communication On Medicine
(AMV) Cúspide de la válvula mitral	(D.T) Desviación típica
(Ao) Arco aórtico o aorta descendente	(DV) Proyección dorsoventral
(AOV) Válvula aórtica	(ECG) Electrocardiograma
(AP) Arteria pulmonar	(EF) Fracción de eyección
(ÁREA-EJE) Medida área cardíaca eje	(EPSS) Punto E de separación al septum
(ÁREA-POL) Medida área cardíaca polígono abierto	(ESTERNEBRAS 4-7) Longitud esternebra 4-7
(ÁREA-POLG) Medida área cardíaca polígono abierto con grasa	(ESTERNEBRAS) Numero de esternebras
(ÁREA-POL7) Medida área cardíaca polígono abierto 7 puntos	(FS) Fracción de acortamiento
(ÁREA-POL9) Medida área cardíaca polígono abierto 9 puntos	(g) Gramos
(AS) Septo auricular	(H) Hembra
(AV) Auriculoventricular	(HCM) Miocardiopatía hipertrófica
(CH) Cuerda tendinosa	(Hz) Hercios
(CHF) Fallo cardíaco congestivo	(ICS) Espacios intercostales
(cm) Centímetros	(Influence) Gráfico de influencia residual
(cm ²) Centímetros cuadrados	(IND-MEDIASTÍNICO) Índice mediastínico
(CI) Índice cardíaco	(IVS) Septo interventricular
(CO) Salida cardíaca	(IVSd) Grosor septo interventricular al final de la diástole
(CSA) Área sección transversal distal a la válvula	(IVSs) Grosor septo interventricular al final de la sístole
(C.V) Coeficiente de variación	(Kg) kilogramos
(CVC) Vena cava caudal o diámetro vena cava caudal	(KVp) Pico de kilovoltaje

(L) Eje largo del corazón	(max) Velocidad máxima de salida
(LA) Aurícula izquierda	(MEDIDA-VERTEBRAL T1-14)
(LA) Eje largo cardíaco	Longitud de T1-14 en la proyección lateral derecha
(L+W) Suma eje largo y corto cardíaco Stepien	(MHZ) Mega hercios
(LAa) Apéndice aurícula izquierda	(Min.) Mínimo
(LC) Cúspide coronaria izquierda de la válvula aórtica	(mm) Milímetros
(LEC) Longitud octava costilla izquierda	(MPR) Reconstrucción multiplanar
(LL) Proyección latero-lateral izquierda	(MV) Válvula mitral
(Loadings) Gráfico de cargas	(nódulo Av) Nódulo auriculoventricular
(LPA) Arteria pulmonar izquierda	(nódulo SA) Nódulo sinusal o sinoauricular
(LV) Ventrículo izquierdo	(OSS) Software de código abierto
(LVDD) Dimensión diastólica ventricular izquierda	(p) Nivel de significación estadístico
(LVDs) Dimensión sistólica ventricular izquierda	(P) Pericardio
(LVET) Tiempo de eyección del ventrículo izquierdo	(PA) Arteria pulmonar principal
(LVIDd) Dimensión interna ventricular izquierda al final de la diástole	(PCA) Análisis de componentes principales
(LVIDs) Dimensión interna ventricular izquierda al final de la sístole	(P.A.C) Principal Component Analysis
(LVW) Pared ventricular izquierda	(PACS) Sistema de archivado y comunicación
(LVWd) Grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la diástole	(PC) Componente principal
(LVWs) Grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la sístole	(PEP) Periodo de pre-eyección
(m) Metro	(PM) Músculo papilar
(M) Machos	(PMI) Punto de máxima intensidad
(Mac Os) Macintosh Operating System	(PMV) Cúspide de la válvula mitral posterior
(mAS) Miliamperios–segundo	(PPM) Músculo papilar posterior
(Max.) Máximo	(PUNTUACIÓN-RX) Puntuación de la radiografía
	(PV) Válvula pulmonar
	(P1) Presión próxima a la lesión

(P2) Presión distal a la lesión	(SV) Volumen sistólico
(QSL) Structure Query Language	(™) Trademark
(®) Marca registrada	(TV) Válvula tricúspide
(RA) Aurícula derecha	(T4) Cuarta vértebra torácica
(RL) Proyección latero-lateral derecha	(T4-7) Longitud de los cuerpos vertebrales desde la cuarta hasta la séptima vértebra torácica
(ROI) Region Of Interest	(T5) Quinta vértebra torácica
(RPA) Arteria pulmonar derecha	(T7) Longitud cuerpo vertebral séptima torácica
(RV) Ventrículo derecho	(T5-8) Longitud de los cuerpos vertebrales desde la quinta a la octava vértebra torácica
(RWO) Vía de salida del ventrículo derecho	(T6-12) Longitud de los cuerpos vertebrales desde la sexta hasta la duodécima vértebra torácica
(RVW) Pared del ventrículo derecho	(T6) Sexta vértebra torácica
(RVWd) Grosor pared libre ventrículo derecho al final de la diástole	(v) Vértebras
(RVWs) Grosor pared libre ventrículo derecho al final de la sístole	(V.Ac.) Varianza acumulada
(R4) Medida de la cuarta costilla derecha	(VD) Proyección ventrodorsal
(R7) Diámetro de la séptima costilla derecha	(V.E) Varianza explicada
(R ²) Coeficiente de determinación	(VHD) Enfermedad valvular del corazón
(s) Esternebras	(VHS) Vertebral Heart Size o tamaño vertebral cardiaco
(S) Eje corto del corazón	(VHS.B) Índice vertebral cardiaco de Buchanan
(SA) Eje corto cardiaco	(VHS.O) Índice vertebral cardiaco de Onuma
(Scores) Mapa de puntuación	(VHS.S) Índice vertebral cardiaco de Stepien
(seg) Segundo	(VL) Bifurcación de la tráquea
(SHS) Índice esternebral cardiaco	(VLAS) Tamaño de la aurícula izquierda
(SPSS) Statistical Package for the Social Sciences	
(S1) Primer sonido cardiaco	
(S2) Segundo sonido cardiaco	
(S3) Tercer sonido cardiaco	
(S4) Cuarto sonido cardiaco	

XVI

(VTI) Integral velocidad respecto al tiempo

(VS) Septo interventricular

(V1) Velocidad próxima a la lesión

(V2) Velocidad distal a la lesión

(WWDC) Worldwide Developers Conference

(3D-MPR) Reconstrucción planar curvada

(6th Dv) Longitud de la sexta vértebra dorsal

(8th Tv) Ancho del tórax a la altura de la octava vértebra

(%) Tanto por ciento

Índice

I.- INTRODUCCIÓN.	1
II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	3
A.1.- INTRODUCCIÓN: CLASIFICACIÓN, HISTORIA Y ESTADO ACTUAL DEL HURÓN DOMESTICO.	3
A.1.1.- Morfología y fisiología del hurón.	3
A.1.2.- Historia de la domesticación del hurón.	4
A.1.3.- Poblaciones de Hurones en el mundo.	5
A.2.- ANATOMÍA CARDIOVASCULAR.	6
A.2.1.- Cavidad torácica.	6
A.2.2.- Pulmón y estructuras asociadas.	6
A.2.3.- Corazón y estructuras asociadas.	7
A.2.4.- Sistema de conducción cardiaca.	12
A.2.5.- Inervación cardiaca.	13
A.3.- TÉCNICA DE EXAMINACIÓN CARDIOVASCULAR.	14
A.3.1.- Auscultación.	14
A.3.2.- Radiología torácica.	19
A.3.2.1.- Interpretación radiográfica de la cardiomegalia.	20
A.3.2.2.- Medidas cardiacas.	22
A.3.3.- Ecocardiografía.	38
A.3.3.1.- Principios básicos.	38
A.3.3.2.- Ecografía Modo M.	39
A.3.3.3.- Ecografía bidimensional.	43
A.3.3.4.- Ecografía doppler.	46
A.3.3.5.- Ecocardiografía en hurones.	48
A.4.- ENFERMADAD CARDIOVASCULAR.	51

A.5.- INFLUENCIA DE LOS DIFERENTES FÁRMACOS SOBRE LA FUNCIÓN CARDIORESPIRATORIA EN HURONES.	54
A.6.- OsiriX.	56
A.6.1.- Evolución histórica OsiriX.	56
A.6.2.- Software OsiriX.	57
A.6.3.-OsiriX en la investigación científica.	60
III.- MATERIAL Y MÉTODO.	61
A.- MATERIAL.	61
A.1.- Material animal.	61
A.2.- Material experimental.	61
B.- MÉTODO.	62
B.1.- Justificación del método.	62
B.2.- Criterios de inclusión de pacientes en el estudio.	63
B.3.- Método empleado.	63
B.4.- Descripción de las variables de estudio.	67
IV.- RESULTADOS.	93
A.- ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES.	93
A.1.- DATOS DEMOGRÁFICOS.	93
A.2.- MEDIDAS ABSOLUTAS DEL TAMAÑO CARDIACO DEL HURÓN.	94
A.2.1.- Eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-LA, LL-LA).	94
A.2.2.- Eje corto cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-SA, LL-SA).	95
A.2.3.- Eje largo cardiaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-LA, DV-LA).	96

A.2.4.- Eje corto cardiaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-SA, DV-SA). -----	96
A.3.-MEDIDAS DEL TAMAÑO CARDIACO EN HURONES DESARROLLADAS POR STEPIEN. -----	97
A.3.1.- Longitud de T5-8 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-T5-8, LL-T5-8). -----	97
A.3.2.- Longitud de T5-8 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-T5-8, DV-T5-8). -----	98
A.3.3.- Suma (L +W) en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-L+W, LL- L+W). -----	99
A.3.4.- Suma (L+W) en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-L+W, DV-L+W). -----	99
A.3.5.- RATIO en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL.RATIO, LL.RATIO, VD.RATIO y DV.RATIO). -----	100
A.3.6.- Índice vertebral cardiaco de Stepien (VHS.S) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL-VHS.S, LL-VHS.S, VD-VHS.S y DV-VHS.S). -----	102
A.4.- MEDIDAS TAMAÑO CARDIACO DESARROLLADAS POR ONUMA. -----	103
A.4.1.- Longitud de la sexta vertebra dorsal en la proyección latero-lateral derecha (RL-6thDV). -----	103
A.4.2.- Longitud de T6-12 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-T6-12, LL-T6-12). -----	104
A.4.3.- Longitud de T6-12 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-T6-12, DV-T6-12). -----	104
A.4.4.- Longitud de la octava costilla izquierda en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-LEC,DV-LEC). -----	105
A.4.5.- Ancho del tórax a la altura de la octava vertebra torácica en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-8thTV, DV-8thTV). -----	106
A.4.6.- RATIO1 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD.RATIO1, DV.RATIO1). -----	106

A.4.7.- RATIO2 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD.RATIO2, DV.RATIO2).	107
A.4.8.- Índice vertebral cardiaco de Onuma (VHS.O) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL-VHS.O, LL-VHS.O, VD-VHS.O y DV-VHS.O).	108
A.5.- DESARROLLO DE NUEVAS MEDIDAS CARDIACAS EN HURONES.	110
A.5.1.- Longitud de T4-7 en la vista latero-lateral derecha e izquierda (RL-T4-7, LL-T4-7).	110
A.5.2.- Longitud de T4-7 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-T4-7, DV-T4-7).	111
A.5.3.- Índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL-VHS.B, LL-VHS.B, VD-VHS.B y DV-VHS.B).	112
A.5.4.- Longitud esternibras 4-7 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ESTERNEBRAS 4-7, LL-ESTERNEBRAS 4-7).	113
A.5.5.- Numero de esternibras del eje largo en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-LA-ESTERNEBRAS, LL-LA-ESTERNEBRAS).	114
A.5.6.- Numero de esternibras del eje corto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-SA-ESTERNEBRAS, LL-SA- ESTERNEBRAS).	115
A.5.7.- Índice esternibras cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-SHS, LL-SHS).	115
A.5.8.- Diámetro vena cava caudal (CVC).	116
A.5.9.- Longitud del cuerpo vertebral séptima torácica (T7).	116
A.5.10.- Diámetro de la séptima costilla derecha en la proyección latero-lateral izquierda (R7).	117
A.5.11.- Ratio CVC /T7.	117
A.5.12.- Ratio CVC/R7.	118
A.5.13.- Longitud de T1-14 en la proyección latero-lateral derecha (MEDIDA -VERTEBRAL T1-14).	118

A.5.14.- Medida área cardiaca eje en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ÁREA-EJE, LL-ÁREA-EJE).-----	119
A.5.15.- Área cardiaca eje en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-EJE, DV-ÁREA-EJE).-----	120
A.5.16.- Área cardiaca polígono abierto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ÁREA-POL, LL-ÁREA-POL).-----	120
A.5.17.- Área cardiaca polígono abierto con grasa en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ÁREA-POLG, LL-ÁREA-POLG).-----	121
A.5.18.- Área cardiaca polígono abierto 9 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-POL9, DV-ÁREA-POL9).-----	122
A.5.19.- Área cardiaca polígono abierto 7 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-POL7, DV-ÁREA-POL7).-----	122
A.5.20.- Índice mediastínico en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (IND-MEDIASTÍNICO-VD, IND-MEDIASTÍNICO-DV).-----	123
A.5.21.- Facilidad visualización en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral.-----	124
A.5.22.- Puntuación de la radiografía en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral.-----	124
B.- DIMENSIONALIDAD DE LAS VARIABLES.-----	125
C.- COMPARACIÓN ENTRE VARIABLES.-----	129
C.1.-ANÁLISIS DE LAS PROYECCIONES DENTRO DE LOS DIFERENTES ÍNDICES CARDIACOS.-----	129
C.1.1.- Índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B) .-----	129
C.1.2.- Índice esternbral cardiaco (SHS).-----	132
C.1.3.- Medida área cardiaca eje (ÁREA-EJE).-----	132
C.1.4.- Área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL).-----	135

C.1.5.- Área cardiaca polígono abierto 7-9 puntos (ÁREA-POL7, ÁREA-POL9).-----	136
C.2.- CORRELACIÓN ENTRE DIFERENTES MEDIDAS CARDIACAS Y ESTRUCTURAS ANATÓMICAS UTILIZADAS EN LOS ÍNDICES. -----	139
C.3.- COMPARACIÓN DE MEDIDAS CARDIACAS. -----	141
C.3.1.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con el índice vertebral cardiaco de Stepien. -----	141
C.3.2.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con el índice vertebral cardiaco de Onuma . -----	142
C.3.3.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con el índice esternbral cardiaco . -----	142
C.3.4.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con la medida área cardiaca eje. -----	144
C.3.5.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con la medida área cardiaca polígono abierto.-----	145
C.3.6.- Correlación entre medidas cardiacas con la suma de medidas del eje largo y corto cardiaco. -----	146
D.- EVALUACIÓN DE FACTORES DE LA IMAGEN QUE PUE DAN CONTRIBUIR EN LA MEDIDA. -----	147
D.1.- POSICIONAMIENTO FRENTE A VARIACIONES DE LA MEDIDA. -----	147
D.2.- FACILIDAD DE VISUALIZACIÓN FRENTE A VARIACIONES DE LA MEDIDA. -----	150
D.2.1.- Facilidad visualización en la proyección latero-lateral derecha e izquierda. -----	150
D.2.2.- Facilidad de visualización en la proyección ventrodorsal y dorsoventral. -----	150
V.- DISCUSIÓN. -----	153

VI.- CONCLUSIONES.	179
VII.- RESUMEN-SUMMARY.	181
VIII.- BIBLIOGRAFÍA.	185
IX.- ANEXOS.	195
X.- TRABAJO MÁS RELEVANTE DEL DOCTORANDO RELACIONADO CON LA TEMÁTICA DE LA TESIS DOCTORAL.	197

I. Introducción

La enfermedad cardíaca ya ha sido descrita en hurones, siendo la cardiomiopatía dilatada la enfermedad cardíaca más común (1, 2). La evaluación radiográfica de las dimensiones cardíacas puede ser importante para la evaluación inicial de la enfermedad cardíaca, ya que puede revelar una estructura anatómica alterada secundaria a un agrandamiento cardíaco excéntrico.

En la actualidad, el método radiográfico más objetivo para el diagnóstico de enfermedad cardíaca de forma cuantitativa en las distintas especies animales es el *Vertebral Heart Size* (VHS) descrito en perros por Buchanan, J.W. y Bücheler, J. en 1995, basado en la buena correlación entre el tamaño del corazón y la longitud del cuerpo sin tener en cuenta la conformación del tórax (3). Posteriormente este sistema vertebral de medidas del tamaño cardíaco, fue utilizado por otros autores en distintas especies animales (4-9) y en distintas razas (10-19), sugiriendo valores específicos para el tamaño vertebral del corazón. Aun así en la literatura científica hemos encontrado pocos estudios de este tipo acerca del uso de la radiografía torácica en el hurón doméstico (20, 21), algo que consideramos fundamental, puesto que conocer distintos valores específicos para el tamaño radiográfico del corazón incrementa sus posibilidades de éxito, del mismo modo que conocer sus limitaciones minimizan los posibles abusos de su empleo.

Sin embargo, el método VHS es bastante fiable para evaluar la cardiomegalia generalizada y algunos tipos de agrandamientos de la cavidad como el agrandamiento de la aurícula izquierda. Presentando una serie de inconvenientes para valorar cambios de tamaño en la aurícula derecha y agrandamientos ventriculares (3). Debido a esto, encontramos descritas otras medidas radiográficas que pretenden cuantificar la cardiomiopatía del lado derecho en perros y gatos (22-24).

La radiografía digital y las estaciones de trabajo para el procesamiento de imágenes médicas, está desplazando a la radiografía convencional tanto en medicina humana y veterinaria, como en el campo de la investigación (25). OsiriX MD es uno de los software más utilizados en investigaciones científicas, para la descripción y validación de nuevos métodos, debido a la gran cantidad de herramientas que presenta,

2 *Introducción*

precisión y seguridad. También resaltan su gran fiabilidad para su utilización tanto en el campo de la medicina como el de la investigación (26-36).

En definitiva, dada la problemática anteriormente descrita, se pretende valorar los índices previamente establecidos, la adaptación de los índices cardiacos establecidos en otras especies y la búsqueda de nuevos índices cardiacos en nuestra población de hurones europeos.

La **hipótesis** de este trabajo se fundamenta en que el software para el procesamiento de imágenes médicas “OsiriX MD” permitirá la adquisición de nuevos índices y herramientas para determinar el tamaño cardiaco normal de hurones mediante radiografía.

Los objetivos de este estudio son:

- 1- Evaluar los distintos índices vertebrales cardiacos descritos en hurón y otras especies teniendo en cuenta el sexo y las diferentes proyecciones radiográficas.
- 2- Evaluar la correlación del índice esternbral cardiaco en hurones.
- 3- Describir nuevas medidas radiográficas de evaluación del tamaño cardiaco en hurones.

II. Revisión Bibliográfica

A.1.- INTRODUCCIÓN: CLASIFICACIÓN, HISTORIA Y ESTADO ACTUAL DEL HURÓN DOMESTICO.

El hurón doméstico (*Mustela putorius furo*) pertenece al orden Carnívora y a la familia Mustelidae. Dentro de la familia Mustelidae encontramos sobre unos 23 géneros. El género *Mustela* fue dividido en 5 subgéneros: *Mustela* (comadreja), *Lutreola* (visón europeo), *Visón* (visón americano), *Putorius* (hurones) y *Grammogale* (comadreja de América del Sur) (37, 38).

Existen tres especies de hurones salvajes también conocidos como el turón en Europa y Asia: el turón europeo (*Mustela putorius*), el turón de Siberia o estepa (*Mustela eversmanni*) y el hurón de patas negras (*Mustela nigripes*). El turón europeo se encuentra en varias áreas desde el Atlántico hasta los montes Urales, el turón de Siberia está localizado en Eurasia a partir del trigésimo al sexagésimo grado de latitud y el hurón de patas negras es nativo de las praderas de América del Norte (39).

El origen del hurón doméstico (*Mustela putorius furo*) está envuelto en un misterio aunque se piensa que puede provenir del turón europeo o del siberiano (38, 40). El nombre en latín (*Mustela putorius furo*) se traduce aproximadamente como “ladrón maloliente que come ratones” donde *Mustela* significa (come ratones), *putorius* (maloliente) y *furo* (ladrón) (41, 42).

A.1.1.- Morfología y fisiología del hurón.

Los mustélidos conservan muchas características primitivas como su pequeño tamaño, patas cortas, cinco dedos por pie, cerebro elongado y rostro corto. El hurón doméstico, *Mustela putorius furo*, presenta una cabeza pequeña, con ojos pequeños y orejas cortas. Su cuello es cilíndrico mezclándose gradualmente con un cuerpo largo y delgado, patas cortas y una cola larga (43-45). Además la conformación del cuerpo la podemos clasificar en tres tipos básicos: la europea estándar, el tipo bulldog (tiene

4 Revisión Bibliográfica

extremidades y cuello cortos y gruesos, cara amplia, robusta y pecho ancho) y el tipo *whippet* (huesos finos, delgados, con la cabeza puntiaguda y el lomo arqueado) (46).

El peso del cuerpo en hurones machos sin castrar es de 1-2 kg y de 0,5-1 kg para hembras intactas (47). Besch-williford, C.L. (1987) describió que el peso de los hurones en machos y hembras está entre 1-2,7 kg , 0,45-0,9kg respectivamente (48). Hay una fluctuación estacional en el peso corporal con una pérdida de un 40% en verano y el aumento en el invierno (44, 47). La longitud del cuerpo en adultos es de 44-46 cm desde la nariz hasta la punta del rabo y sin rabo sobre 30-40 cm (38).

La vida media de los hurones estaba descrita de 5-11 años (49), pero Brown, S.A. en 1997 informó que la vida media de los hurones en Estados Unidos es de 5-8 años aunque algunos pueden durar hasta los 12 años de edad (47). La madurez sexual está descrita sobre los 4-8 meses de edad en una publicación y de 6-12 meses de edad en otra (47, 50). Las huronas tienen un periodo de gestación de 41 días (39-42 días), con un promedio por camada de 8 cachorros (1-18 cachorros) y un peso al nacimiento de 6-12 gramos (49). Los cachorros son destetados sobre las 6 -8 semanas de edad (47, 50).

A.1.2- Historia de la domesticación del hurón.

Los hurones han sido domesticados aproximadamente hace 2000-3000 años. La primera referencia clara a la domesticación se encuentra en los escritos del español Isidoro de Sevilla en el 622AD (41). Es probable que los hurones fueran domesticados por primera vez en algún lugar del sudeste de Europa cerca del Mediterráneo. A través de los siglos, se han hecho numerosas referencias al uso de los hurones en Europa para el control de roedores y para la caza del conejo. El hurón doméstico se introdujo en Australia en la década de 1800 para controlar las poblaciones europeas de conejos. A Estados Unidos llegaron de Europa a través de la industria del transporte marítimo en el 1700, su uso fue al igual que en otros países para el control de conejos, mapaches, ratas y ratones. A partir del año 1900 los hurones han sido utilizados para la investigación biomédica y cardiovascular. Sin embargo, en Estados Unidos los hurones se han convertido en el tercer mamífero doméstico más popular en las últimas décadas como animal de compañía (43, 45, 47). Según Andrés Montesinos en España la popularidad del hurón como animal doméstico se incrementó a partir del 2005, aunque también se mantiene una gran población de hurones dedicada a la caza del conejo (51).

A.1.3- Poblaciones de Hurones en el mundo.

En la actualidad se piensa que hay cuatro poblaciones de hurones en el mundo que han aparecido históricamente: la europea, la australiana (Australia y Nueva Zelanda), la rusa (Rusia, países ex –soviéticos y de Europa del Este) y la americana. Las poblaciones americana y australiana surgieron desde la población europea en el siglo XIX y después se han desarrollado con independencia de la europea. La población de hurones domésticos rusa también tiene raíces europeas. El hurón se hizo popular como animal doméstico en Rusia entre 1999-2003, sus proporciones en comparación con los europeos y americanos son mucho más grandes (el peso del macho 1,8- 3,2 kg), más espesor de piel, un cuerpo con otras proporciones y una serie de capas características reguladas según la sociedad del hurón en Rusia (Russian Ferret Center) (51, 52).

Las características de la población americana son las mencionadas anteriormente, su regulación, capas y conformación están regidas por la AFA (American Ferret Association) y uno de los criaderos más conocido en Estados Unidos se conoce con el nombre de Marshall Farms (New York). Con respecto a la población australiana cabe destacar que el peso medio en los machos es de 1,2 kg y el de las hembras de 600 gramos. La longitud desde la cabeza al final de la cola es de 58,2 cm para los machos y 48 cm en las hembras (51, 53).

Con respecto a la población europea no se encuentran estudios sobre sus características físicas medias pero siempre las mencionan como más pequeños en conformación que la población americana, la cual ha sido utilizada para mayor número de estudios en biomedicina. El criadero más importante de hurones en España se conoce con el nombre de Cunipic (Lérida), pero la mayor parte de los hurones en España utilizados como animales domésticos proceden de la población de hurones europeos utilizados para la caza del conejo (51).

A.2.-ANATOMÍA CARDIOVASCULAR.

A.2.1.-Cavidad torácica.

La forma de la cavidad torácica de los hurones es estrecha cranealmente y más ancha caudalmente, la cual puede asemejarse a un cono. Está constituida dorsalmente por 15 vértebras torácicas con cuerpos vertebrales alargados y en la parte ventral se encuentra el esternón formado por 9 esternebras. Los costados se componen de 14 o 15 pares de costilla, algunos hurones tienen 14 costillas a un lado y 15 en el otro. Normalmente los primeros 10 pares de costillas se unen al esternón y los 4 o 5 últimos pares de costillas se unen entre sí constituyendo lo que se denomina el arco costal. La unión costocondral está engrosada por un rápido crecimiento y se puede palpar (47, 54, 55).

La caja torácica es relativamente larga, con una estrecha entrada al tórax debido a que los primeros pares de costillas son bastante cortos en comparación con el resto (54, 55). La entrada torácica contiene la tráquea, el mediastino craneal, los vasos y los nervios.

El tórax como en el resto de las especies está dividido en hemitórax derecho e izquierdo. El mediastino es el compartimento anatómico extrapleural y está dividido en tres partes: craneal, media y caudal (54). La cavidad mediastínica craneal se encuentra por delante del corazón, la cavidad mediastínica media en la proyección del corazón y la caudal se sitúa por detrás del corazón.

Otra estructura de la cavidad torácica sería la pleura. La pleura es una membrana serosa de origen mesodérmico que cubre las paredes de la cavidad torácica, los pulmones y el mediastino. Está formada por la pleura derecha e izquierda y sacos pleurales componiendo la denominada cavidad pleural (54, 55).

A.2.2.-Pulmón y estructuras asociadas (Figura 1).

Los pulmones, como se encuentran en una cavidad torácica delgada y alargada, son relativamente largos en los hurones. El pulmón del hurón está formado por seis lóbulos, se extiende desde el primero o segundo al décimo o undécimo espacio intercostal. El pulmón izquierdo está formado por un lóbulo craneal y otro caudal,

mientras que el pulmón derecho se divide en los lóbulos craneal, medio, caudal y accesorio (54-56).

La tráquea se compone de cartílagos hialinos en forma de C. Presenta una longitud aproximada de 9 cm y un diámetro de 0,5cm. Además se bifurca en el quinto espacio intercostal dividiéndose en bronquio principal izquierdo y derecho, cada bronquio principal se divide en una porción craneal, media, y caudal (54).

Estas características mencionadas anteriormente hacen que disminuya la vía respiratoria central y la resistencia pulmonar (38). Los hurones también tienen una gran capacidad pulmonar total y reserva respiratoria comparando con otros animales del mismo tamaño. Aún más interesante es que la vía respiratoria crece en longitud y diámetro con un aumento en la longitud corporal total (38, 54). Estas características y la similitud a los seres humanos de la pared traqueobronquial hace que sea un buen modelo comparativo de las vías respiratorias en investigaciones (38).

A.2.3.- Corazón y estructuras asociadas (Figura1).

En los hurones el corazón tiene forma de cono y está localizado dentro de la cavidad torácica más caudalmente que en perros y gatos. Se extiende desde la sexta a la octava costilla, con el ápice dirigido hacia la izquierda (54-56). Además presenta un pequeño ventrículo derecho en relación con el ventrículo izquierdo si lo comparamos con otras especies (57, 58). El ligamento frenicopericárdico que conecta el corazón con el esternón puede estar rodeado por una cantidad variable de grasa, dando al corazón un aspecto elevado si lo vemos desde una vista lateral (54).

Truex, R. y col. (1974) estimaron que el peso medio del corazón de doce hurones macho, con un peso corporal medio de 1102 g fue de 5,0 g (el 0,45% del peso corporal total) y el de 10 hembras con un peso corporal medio de 780 g fue de 3,7 g (el 0,47% del peso corporal total) (59). El vértice del corazón se dirige ventrocaudalmente y está separado del diafragma por una distancia aproximadamente de 10 mm (59, 60). El eje longitudinal del corazón forma un ángulo de aproximadamente 73 grados con el plano vertical y dorsoventralmente el eje del corazón forma un ángulo de aproximadamente 26 grados con el plano medio (54).

El corazón está cubierto en gran medida por el pulmón. La muesca cardiaca es mayor en el lado derecho y se extiende entre la sexta a la décima costilla, lo que permite a una pequeña porción del pericardio ponerse en contacto con la pared torácica lateral. El pericardio al igual que en otras especies es una membrana delgada, fibrosa y dura revestida por una serosa que cubre al corazón formando lo que se denomina el saco pericárdico. El saco pericárdico contiene una pequeña cantidad de líquido seroso que da una lubricación superficial para el corazón. El corazón consta de tres capas: el endocardio (la capa interna de las cámaras), el miocardio (el músculo cardiaco) y el epicardio (capa que cubre al miocardio) (61).

En pequeños animales, las aurículas son estructuras de paredes relativamente delgadas. Hay cuatro aberturas en la aurícula derecha (AD):

1. La vena cava craneal: tiene un diámetro de 3 a 3,5 mm y lleva la sangre procedente de la cabeza, el cuello, las extremidades torácicas y la pared intercostal adyacente. Esto último se debe a que las venas intercostales drenan a la vena ácigos y ésta a su vez a la vena cava craneal.
2. La vena cava caudal: devuelve la sangre de la pelvis, extremidades posteriores, vísceras abdominales y parte de la pared abdominal.
3. El seno coronario: es un conjunto de venas que se unen para formar un gran vaso que recoge la sangre del miocardio cardiaco. Está situado debajo de la abertura de la vena cava craneal.
4. El orificio auriculoventricular derecho: está rodeado por la válvula tricúspide (62).

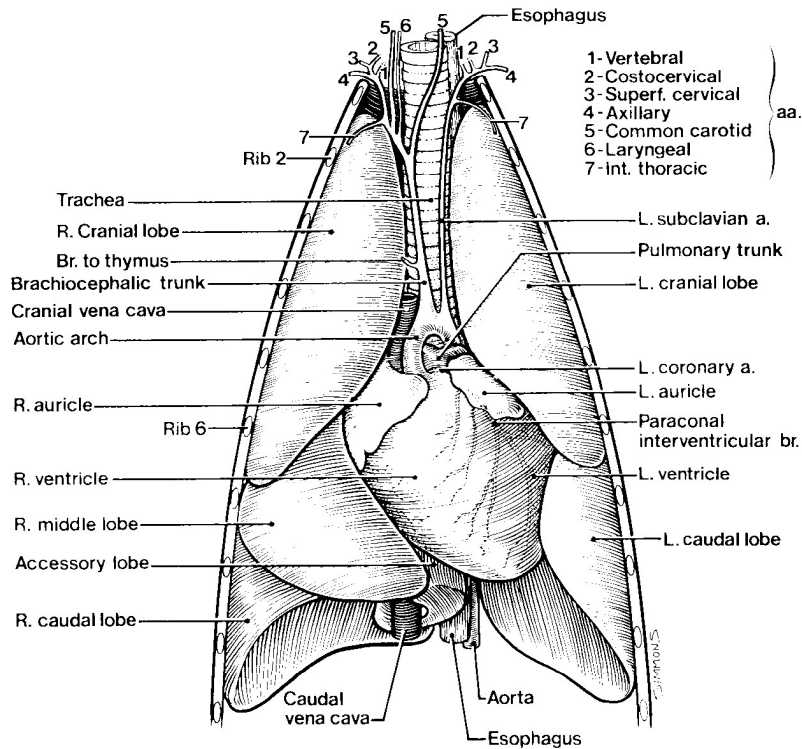


Figura 1: Anatomía del pulmón y corazón del hurón en una vista ventral (Fuente: Evan H, An N. Anatomy of the Ferret. In: Fox J, editor. Biology and diseases of the ferret 2º ed. Baltimore: Willians and Wilkins,S; 1998. p. 19-70).

El ventrículo derecho es craneoventral al ventrículo izquierdo. Recibe la sangre desde la aurícula derecha a través de la válvula tricúspide y la bombea por la arteria pulmonar (AP). El ventrículo izquierdo representa la mayoría de la masa cardiaca y está caracterizado por un mayor espesor del miocardio en comparación con las otras partes del corazón. Recibe la sangre desde la aurícula izquierda a través de la válvula mitral y la bombea fuera del corazón por la válvula aórtica y aorta. Dentro del ventrículo derecho e izquierdo se encuentran los músculos papilares múltiples (63). Los músculos papilares son proyecciones musculares cónicas y delgadas de la pared ventricular que se conectan a las cuerdas tendinosas. Las cuerdas tendinosas son filamentos fibromusculares que por lo general se derivan de la punta de un músculo papilar y se encuentran anclados en el borde libre de las cúspides de las válvulas atrioventriculares (61, 63).

10 Revisión Bibliográfica

En el corazón de los mamíferos, las válvulas cardíacas se originan en el anillo fibroso, un esqueleto anillo fibroso que rodea el orificio de las válvulas de la aorta, la arteria pulmonar y atrioventriculares. Estos anillos proporcionan sitios de unión para las válvulas cardíacas y el origen e inserción de los músculos cardíacos (Figura 2) (61).

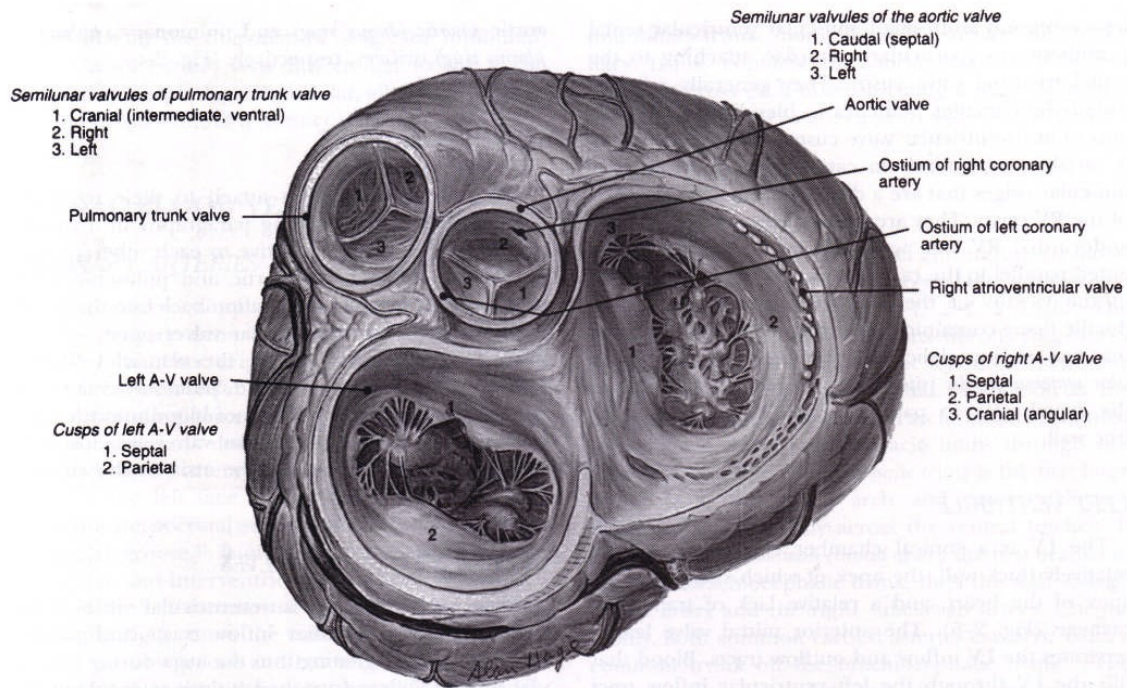


Figura 2: Vista craneodorsal de la base del corazón (Fuente: Fox P, Moise N, Evan H, Bishop S. Cardiovascular anatomy. In: Fox P, Simon D, Moise N, editors. Textbook of canine and feline cardiology principles and clinical practice 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1999. p. 67-106).

El corazón impulsa la sangre mediante los movimientos de sístole y diástole. Se denomina sístole a la contracción del corazón (ya sea de una aurícula o de un ventrículo) para expulsar la sangre hacia los tejidos y diástole a la relajación del corazón para recibir la sangre procedente de los tejidos. Un ciclo cardíaco está formado por una fase de relajación y llenado ventricular (diástole) seguida de una fase de contracción y vaciado ventricular (sístole). Durante la diástole las válvulas aórtica y pulmonar se cierran primero para evitar la regurgitación de nuevo en los ventrículos, entonces las válvulas atrioventriculares se abren para que la sangre pase de las aurículas y llenen los ventrículos. Durante la sístole ventricular la válvula aórtica y pulmonar se abren,

entonces la sangre del ventrículo se expulsa a los grandes vasos (mientras las válvulas atrioventriculares están cerradas) (54, 61) .

Andrew, P. y col. (1979) describió la distribución de los grandes vasos del corazón del hurón. El arco aórtico está enterrado en su totalidad en la grasa pericárdica y no emerge del pericardio fibroso. Se divide en dos ramas principales la arteria innominada y la arteria subclavia izquierda. La arteria innominada, también llamada el tronco braquiocefálico. Presenta un diámetro de 1,5-2 mm y está corriendo 25-30 cm ventral a la tráquea. A nivel de la entrada torácica se divide en tres ramas: las arterias carótidas derecha e izquierda y la arteria subclavia derecha, todas de iguales diámetros entre 1-1,2 mm. La arteria subclavia izquierda tiene un diámetro entre 0,5-0,75 mm y viaja a lo largo de la tráquea a nivel de la primera costilla (60).

El tronco pulmonar transporta la sangre venosa no oxigenada desde el ventrículo derecho a las pulmonares. Surge desde el anillo fibroso pulmonar y se bifurca en el pulmón en las respectivas arterias pulmonares derecha e izquierda. La arteria pulmonar derecha es más larga que la izquierda y sus ramas se extienden por los lóbulos pulmonares craneal, medio, caudal y accesorio. Mientras que las ramas de la arteria pulmonar izquierda van hacia los lóbulos craneal y cauda (60). Las venas pulmonares retornan la sangre oxigenada desde los pulmones a la aurícula izquierda. Según Evan, H.E. y col. (1998) hay posibilidad que dos venas de cada lado del pulmón entren en la aurícula izquierda (54).

La vena cava craneal y caudal son los grandes vasos que devuelven la sangre sin oxígeno al corazón, cada vena cava tiene un diámetro aproximadamente de 3-3,5 mm (60).

La arteria coronaria suministra la sangre al miocardio. En el corazón del hurón la arteria coronaria izquierda es dominante. El seno coronario de la aurícula derecha recoge toda la sangre sin oxígeno de la circulación del miocardio. El seno coronario y los afluentes venosos miocárdicos corresponden a los patrones observados en los gatos, perros, monos y humanos (59).

A.2.4.- Sistema de conducción cardiaca (Figura 3).

El sistema de conducción del corazón está formado por: el nódulo sinusal o sinoauricular (nódulo SA), el nódulo auriculoventricular (nódulo AV) y el haz atrioventricular de His. El nódulo sinoauricular está ubicado en la parte posterosuperior de la aurícula derecha, en la entrada de la vena cava craneal. Desde el nódulo el impulso eléctrico se disemina por las aurículas produciendo la despolarización auricular y su consecuente contracción (64).

Truex, R. y col. (1974) describieron que el nódulo sinusal era una masa gris perla de las células marcapasos. Las dimensiones del nódulo mediante un estudio microscópico demostraron que presenta 3 mm de longitud, 1,5 mm de ancho y 1 mm de espesor. A lo largo de la superficie epicárdica del nódulo SA se encuentran numerosas células ganglionares, haces nerviosos y fibras nerviosas autonómicas que penetran en las profundidades. La mayor parte de la irrigación del nódulo SA procede de la arteria coronaria izquierda aunque en otros animales se suministra la sangre por la arteria coronaria derecha (59).

La onda eléctrica llega luego al nódulo auriculoventricular situado en el lado izquierdo de la aurícula derecha, en el tabique interauricular. Aquí la onda eléctrica sufre una pausa. El nódulo auriculoventricular (nódulo AV) y el haz de His son estructuras de color gris delgado que contrastan con el color más pardo de las células del miocardio auricular. El impulso cardiaco se disemina luego a través de un haz de fibras que es un puente entre el nódulo auriculoventricular y las ramas ventriculares, llamado haz de His. El haz de His se divide en 4 ramas: las ramas derecha e izquierda y esta última se divide en el fascículo izquierdo anterior y el fascículo izquierdo posterior, desde donde el impulso eléctrico es distribuido a los ventrículos mediante una red de fibras que ocasionan la contracción ventricular llamadas fibras de Purkinje (65).

Las células de haz de His varían en longitud total de 2 a 3 mm. Las ramas izquierda y derecha del haz se encuentran en el subendocardio, en el lado izquierdo y derecho del septo interventricular. Las células de Purkinje de las ramas son las células más grandes del sistema de conducción en el hurón. El diámetro medio citoplasmático de las células de Purkinje en las ramas derecha e izquierda es de 10,1 y 9,9 micras respectivamente (59).

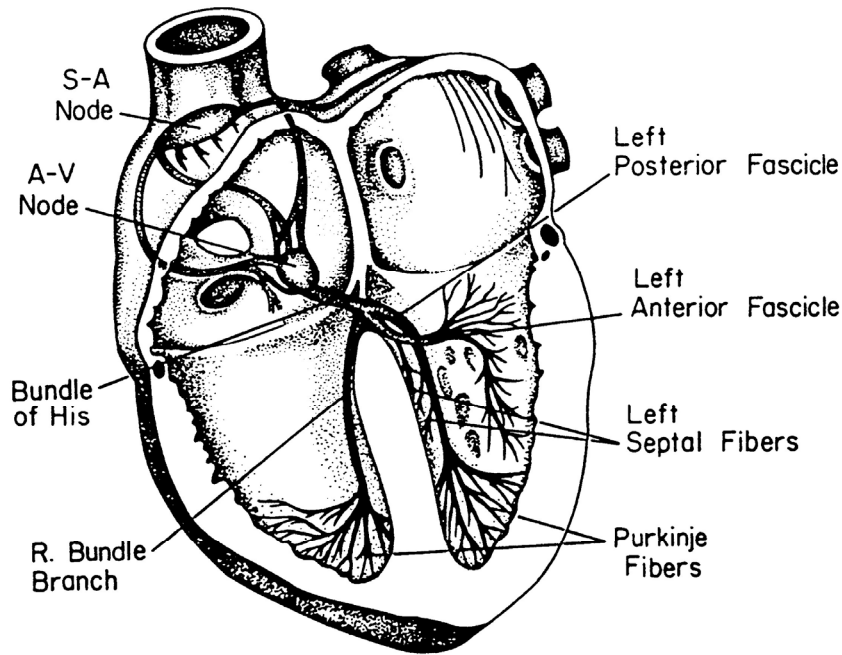


Figura 3: Sistema de conducción cardíaca compuesta por el nódulo sinoauricular (SA Node), el nódulo atrioventricular (AV Node) y el haz de His (Fuente: Tilley L, Goodwin J. Manual of canine and feline cardiology 3 nd edición. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2001. p. 17-230).

A.2.5.-Inervación cardíaca.

El plano anatómico de los nervios cardíacos son similares en todos los mamíferos, solamente difieren en pequeños detalles entre especies (66).

Andrew, P. y col. (1979) describieron que los nervios cardíacos surgen bilateralmente desde el tronco parasimpático (vagal) y el tronco simpático. El tronco vagosimpático viaja ligeramente dorsolateral a la arteria carótida común. En el lado derecho, el nervio vago derecho es separado del tronco simpático y el ganglio cervical medio a nivel de la entrada torácica, continuando caudalmente dentro de la cavidad torácica (60).

A nivel de la cuarta vértebra torácica (T4) a la sexta vértebra torácica (T6), el nervio vago envía varias ramas pequeñas que viajan sobre la superficie ventral de la tráquea. Estas pequeñas ramas vagales se acompañan de pequeñas ramas procedentes del tronco simpático. Esta combinación de ramas simpático-vagal viajan en la superficie ventral de la tráquea hasta llegar al corazón. En el lado izquierdo, el tronco simpático izquierdo se separa del vago mediante un patrón similar al del lado derecho. A nivel de T4, el vago izquierdo emite el nervio laríngeo recurrente izquierdo que viaja con el vago

14 Revisión Bibliográfica

al arco de la aorta. Justo en este punto donde el nervio laríngeo recurrente se desprende, el vago izquierdo da una rama importante que va a la aorta. El vago izquierdo también envía 2-3 ramas para unirse a las que se desprenden del vago derecho y viajar a la aurícula derecha (60).

Los nervios simpáticos tienen acción cronotrópica positiva y las fibras vagales presentan acción cronotrópica negativa e inotrópica sobre el corazón. Así pues, la estimulación vagal disminuye la velocidad de descarga del nódulo sinusal, también disminuye o bloquea la conducción AV produciéndose una menor contractibilidad auricular y ventricular en pequeña medida. El tono parasimpático se ve influenciado por la actividad respiratoria, la presión ocular, receptores intrapulmonares e intracardiacos y por la estimulación del seno carotídeo. La variación en el tono parasimpático provocando un cambio entre la frecuencia y el ritmo cardiaco se denomina arritmia sinusal. La arritmia sinusal es una arritmia fisiológica normal en perros y en la mayoría de los hurones, pero generalmente no se observa en los gatos a menos que exista alguna enfermedad. La estimulación simpática tiene el efecto contrario y sus efectos de acción cronotrópica son de gran alcance tanto en la aurícula como en el ventrículo (60, 64).

A.3.-TÉCNICA DE EXAMINACIÓN CARDIOVASCULA.

A.3.1.- Auscultación.

La auscultación es un procedimiento clínico de exploración física que consiste en escuchar de manera directa o por medio de instrumentos como el estetoscopio, con el fin de valorar los sonidos normales o patológicos producidos en los órganos (67). Los sonidos del corazón detectados durante la auscultación cardiaca juegan un papel muy importante a la hora de sospechar de una enfermedad cardiaca (68).

Para la realización de un examen cardiovascular se debe realizar la auscultación de manera sistemática.

Gompf, R.E. (1988) describió las áreas de auscultación en el perro y el gato, basándose en los puntos de máxima intensidad (PMI) es decir en la ubicación donde el sonido del corazón es más fuerte. La pared torácica izquierda se divide en: área de la

válvula mitral, el de la aorta y el área de las válvulas pulmonares. Por otra parte, en la pared torácica derecha se encuentra el área de la válvula tricúspide (Figura 4) (69).

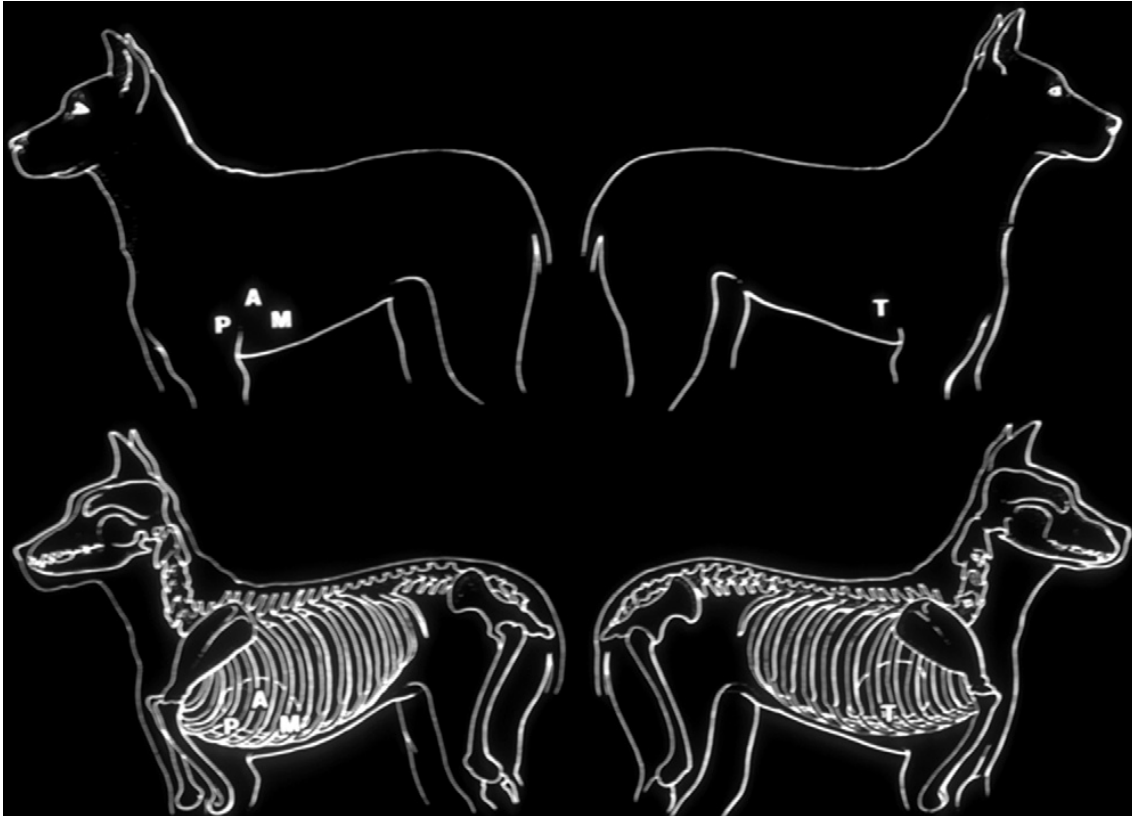


Figura 4: Áreas de auscultación en el perro. M es el área de la válvula mitral, A es el área de la válvula aórtica, P es el área de la válvula pulmonar y T el área de la válvula tricúspide. (Fuente: Gompf, R. The clinical approach to heart disease: history and physical examination. In: Fox P, editor. Canine and feline cardiology. New York: Churchill Livingstone Inc,S; 1988. p. 29-42).

También hace referencia a la localización anatómica de las distintas áreas de auscultación en el perro y el gato. Las cuales se mencionan en la siguiente tabla (Tabla 1) (69).

Tabla 1: Áreas de auscultación en el perro y el gato.

Estructura	Localización
Válvula mitral	Perro -lado izquierdo, quinto espacio intercostal en la unión costochondral.
	Gato -lado izquierdo, quinto a sexto espacio intercostal cerca del esternón.
Válvula aórtica	Perro -lado izquierdo, cuarto espacio intercostal justo por encima de la unión costochondral.
	Gato -lado izquierdo, segundo a tercero espacio intercostal dorsal al área pulmonar.
Válvula pulmonar	Perro -lado izquierdo, entre el segundo y el cuarto espacio intercostal por encima del esternón.
	Gato -lado izquierdo, segundo a tercero espacio intercostal un tercio por encima del esternón.
Válvula tricúspide	Perro -lado derecho, tercero a quinto espacio intercostal cerca de la unión costochondral.
	Gato -lado derecho, cuarto a quinto espacio intercostal cerca del esternón.

(Fuente: Gompf, R. The clinical approach to heart disease: history and physical examination. In: Fox P, editor. Canine and feline cardiology. New York: Churchill Livingstone Inc,S; 1988. p. 29-42).

Los sonidos del corazón son debidos a la aceleración o desaceleración brusca de la sangre y a las vibraciones de los eventos pulsátiles del ciclo cardiaco (70).

Los sonidos cardiovasculares se dividen en dos grupos en función de su duración:

- Transitorios (sonidos con duración relativamente cortos).
- Murmullos (grupos de vibración de sonido de mayor duración) (67, 70).

Los sonidos transitorios del corazón corresponden al primer y segundo ruido cardiaco (S1,S2). Estos sonidos de eyección sistólica corresponden a los denominados sonidos normales del corazón. El tercer y cuarto sonido cardiaco (S3,S4) son de mayor duración y forman el grupo de los patológicos o anormales. Los cuatro sonidos cardiacos coinciden con los siguientes eventos: El S1 ocurre al comienzo de la sístole y coincide con el complejo QRS en el electrocardiograma (ECG). Es producido por la turbulencia de la sangre causada por el cierre de las válvulas (AV) y las vibraciones en las grandes arterias. El primer ruido cardiaco (S1) es largo, de baja frecuencia y fuerte sobre el área mitral (69). Los eventos hemodinámicos están asociados con el cierre de las válvulas AV (mitral y tricúspide), contracción isovolumétrica, apertura válvula semilunar, eyección temprana de la sangre en la aorta y la arteria pulmonar (70). El S2 se produce al final de la eyección ventricular (al final de la sístole), después de la onda T en el ECG (68). El segundo ruido cardiaco (S2) se debe al cierre pasivo de las válvulas aórtica y pulmonar. Se ausculta como un sonido corto, de tono alto y agudo (69).

La presencia de (S3-S4) es un hallazgo patológico y constituye un ritmo de galope (69). El tercer sonido (S3) se debe a un llenado ventricular rápido y no se escucha con normalidad en perros o gatos. Es más bajo de tono que el segundo ruido cardiaco y coincide en el electrocardiograma con la apertura inicial máxima de la válvula mitral (68). En perros el sonido S3 indica dilatación ventricular (en patologías como cardiomiopatía dilatada) o sobrecarga de volumen (por ejemplo en insuficiencia mitral adquirida) (69). El S4 es un sonido de baja frecuencia generado por la contracción auricular en un corazón con un ventrículo dilatado o rígido (68). Está presente en perros o gatos cuando se dilatan las aurículas como respuesta a una disfunción en la diástole ventricular.

Los soplos cardiacos son producidos por un flujo sanguíneo turbulento a través del corazón y los vasos. Las turbulencias pueden ser causadas por interrupciones del flujo de sangre a través de los agujeros cardiacos, por estenosis o insuficiencia valvular, viscosidad alterada de la sangre y por cambios en el diámetro de los vasos sanguíneos (69). Además los soplos cardiacos poseen una gran variedad de características entre ellas están la intensidad, el tiempo, la frecuencia, el carácter y la ubicación (67).

Los soplos se dividen según su causa en:

1. Soplos funcionales (corazón normal).
2. Soplos patológicos (enfermedad del corazón).

Los soplos funcionales se dividen a su vez en fisiológicos e inocentes. Los soplos fisiológicos tienen una causa conocida como el aumento del gasto cardiaco o la disminución de la viscosidad sanguínea y ocurren en casos de anemia, hipoproteinemia o fiebre. Estos soplos son de alta frecuencia y se dan sobre las áreas aórtica y pulmonar. Los soplos inocentes no tienen una causa conocida y no se asocian a ningún problema cardiaco. Su frecuencia es baja, ubicándose sobre las áreas mitral y tricúspide. Murmullos inocentes están presentes en el animal recién nacido y desaparecen aproximadamente entre los 4-8 meses de edad en el perro y el gato (69).

Los soplos patológicos son causados por defectos en el corazón o los grandes vasos y se asocian con condiciones anormales como estenosis o insuficiencia valvular (69, 70).

Gompf, R.E. (1988) indica cómo debe describirse un soplo cardiaco mediante la siguiente clasificación: En primer lugar deberá identificarse en qué parte del ciclo cardiaco se produce el murmullo (por ejemplo si es sistólico, diastólico o continuo). Además debe observarse la duración del soplo si es sistólico temprano, holosistólico o pansistólico. También debe tenerse en cuenta el PMI donde se irradia el soplo con el fin de identificar el área donde se puede escuchar (69).

La intensidad del soplo se puede clasificar en 5 categorías (71):

- Grado I- un suave murmullo audible.
- Grado II- un leve murmullo, se oye claramente después de unos segundos de auscultación.
- Grado III- se escucha de inmediato al inicio de la auscultación y es audible sobre un área bastante grande.
- Grado IV- el más fuerte murmullo el cual es inaudible cuando la pieza del estetoscopio se acaba de quitar de la pared torácica.

- Grado V- un soplo permanentemente audible hasta cuando la pinza del estetoscopio es retirada de la pared torácica.

La intensidad del soplo también se puede clasificar en 6 grados (67, 68, 72):

- Soplo grado 1/6- es el murmullo menor que puede ser detectado y se oye sólo con un esfuerzo particular.
- Soplo grado 2/6- es un murmullo débil que se escucha claramente después de unos segundos de auscultación por un examinador experimentado.
- Soplo grado 3/6- murmullo moderadamente alto y se escucha fácilmente.
- Soplo grado 4/6- es un murmullo fuerte que no produce un frémito palpable.
- Soplo grado 5/6- es un murmullo muy fuerte que produce un frémito pero es inaudible cuando el estetoscopio es retirado de la pared del tórax.
- Soplo grado 6/6- es un murmullo muy fuerte que produce un frémito todavía audible aunque el estetoscopio se retire de la pared torácica.

A.3.2.- Radiología torácica.

La radiografía de tórax es una de las pruebas más importantes utilizadas en pequeños animales para el diagnóstico de enfermedad cardiovascular (73). Es una herramienta de diagnóstico para determinar el tamaño cardíaco, cámaras cardíacas, derrame pleural, edema pulmonar y congestión venosa pulmonar (1, 74, 75). La interpretación de las radiografías normales en hurones se adapta a las técnicas utilizadas en perros y gatos (76).

En hurones los hitos típicos utilizados en perros y gatos son inexactos debido a la forma del tórax (1, 74). La cavidad torácica de los hurones es bastante uniforme pero alargada y aplanada dorsoventralmente en comparación con otras especies. La forma radiográfica de un corazón normal en hurones ha sido descrita como más “globoide” en apariencia que un perro o gato y se encuentra localizada aproximadamente entre el sexto y octavo espacio intercostal (1, 20, 54, 74). El ventrículo derecho está ligeramente en

contacto con el esternón pero en ocasiones, en la radiografía latero-lateral el corazón aparece elevado por encima del esternón. Este hallazgo es normal en las radiografías torácicas de hurones (75, 76). La tráquea normal en hurones es alargada, paralela y curvada ligeramente hacia ventral cuando la observamos entre la cuarta y quinta vértebra torácica (75).

Los signos radiográficos de enfermedad cardíaca al igual que en otras especies incluye un agrandamiento globoso de la silueta cardíaca, elevación de la tráquea e incremento del contacto de la sombra cardíaca con el esternón y el diafragma. Otros signos que podemos encontrar son efusión pleural, edema pulmonar, congestión venosa pulmonar, ascitis, hepatomegalia y esplenomegalia (1, 74, 75). Además la radiografía torácica facilita la monitorización de la enfermedad cardíaca, ya que el tamaño del corazón y otros cambios torácicos pueden pronunciarse más cuando la enfermedad cardíaca progresa (75).

A.3.2.1.-Interpretación radiográfica de la cardiomegalia (Figura 5).

En la radiografía torácica nos podemos encontrar diferentes cambios a nivel cardíaco como son:

- Dilatación de la Aurícula derecha: la dilatación de la aurícula derecha es a menudo difícil de reconocer a menos que sea severa. En la vista latero-lateral aparece como una pérdida de la cintura craneal, protuberancia en la parte craneodorsal de la silueta cardíaca y la cámara aumentada puede desplazar la tráquea dorsalmente. En la vista DV la dilatación de la aurícula derecha puede causar una protuberancia en la silueta cardíaca a nivel de las 9-11 horas (73).
- Agrandamiento ventrículo derecho: en la vista latero-lateral, la ampliación del ventrículo derecho puede aumentar el contacto del corazón con el esternón. En la vista DV, aumenta el tamaño de la silueta cardíaca en el lado derecho del pecho y aumenta la convexidad desde la posición de las 5-6 horas hasta la posición de las 10 en punto (73). Puede producirse el llamado signo de D invertida debido a la ampliación ventricular derecha (73, 77).

- Dilatación de la aurícula izquierda: la dilatación auricular izquierda en general es fácil de diagnosticar en los animales pequeños. En la vista latero-lateral, la aurícula agrandada eleva el extremo distal de la tráquea y el bronquio principal izquierdo con grado variable dependiendo de la severidad de la dilatación de la aurícula izquierda. En la vista DV, una moderada o severa dilatación muestra la protuberancia auricular izquierda en la posición 2-3 horas (73, 77).
- Aumento del ventrículo izquierdo: en la vista latero-lateral, todo el borde caudal del corazón cambia de convexo a recto con la combinación de la dilatación auricular y ventricular izquierda. En la vista DV, el borde cardiaco izquierdo se vuelve más convexo y se acerca a la pared torácica craneal (73, 77).
- Ampliación de la arteria pulmonar principal: el aumento poco severo de la arteria pulmonar principal es generalmente no identificado en la vista latero-lateral. En la vista DV, se identifica como una protuberancia en la posición de 1 a 2 horas (73).
- Ampliación aorta: en la vista latero-lateral, el aumento de la aorta ascendente muestra el ensanchamiento de la cara dorsal de la silueta cardiaca. En la vista DV se muestra la extensión del aumento del margen cardiaco entre la posición de las 11 y la 1 en punto (73).

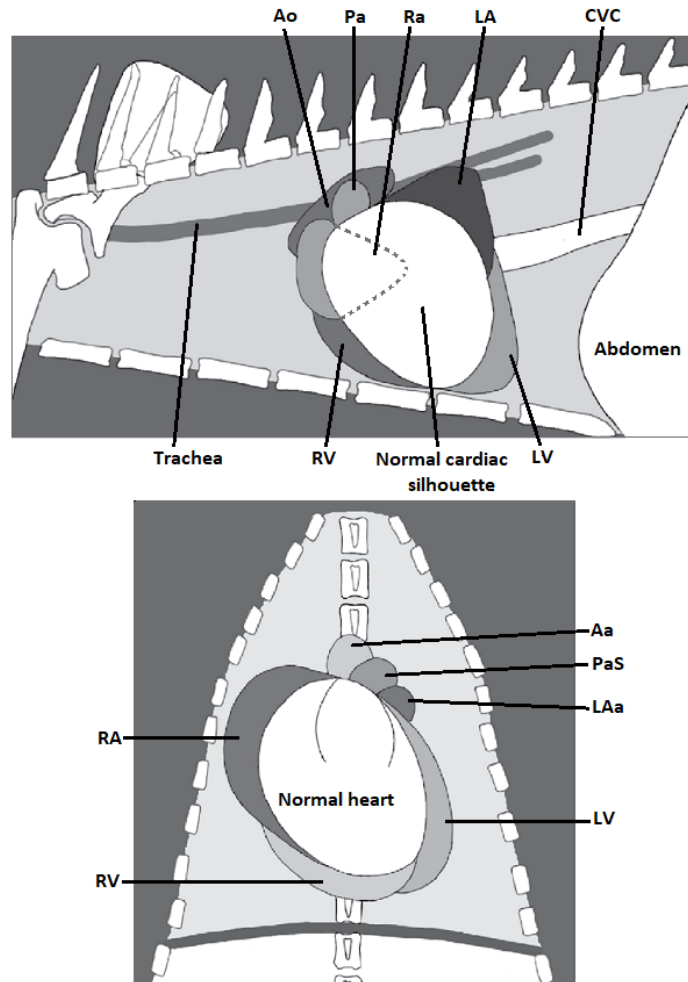


Figura 5: Representación del agrandamiento cardiaco en la vista latero-lateral y en la vista dorsoventral (DV). En la vista DV, el agrandamiento del ventrículo derecho también se describe como signo de D invertida. Arco aórtico (Ao), arteria pulmonar principal (PA), aurícula derecha (RA), aurícula izquierda (LA), ventrículo derecho (RV), ventrículo izquierdo (LV), vena cava caudal (CVC) y apéndice auricular izquierda (LAa). (Fuente: Tilley L, Goodwin J. Manual of canine and feline cardiology 3 nd edición. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2001. p. 17-230).

A.3.2.2.- Medidas cardiacas.

En pequeños animales las diferentes conformaciones en el tórax han limitado el uso de mediciones para averiguar el agrandamiento cardiaco (3, 73). Una de las principales medidas de la silueta cardiaca utilizadas en perros, fue la medición de la anchura máxima en la vista latero-lateral. Los resultados obtenidos fueron de 2,5 espacios intercostales (ICS) en razas de pecho profundo y 3,5 ICS en razas anchas o fornidas (3, 73, 78). En el plano vertical de la vista latero-lateral, la distancia desde el ápice cardiaco a la carina es normalmente de $2/3$ a $3/4$ de la distancia vertical desde el

ápice cardíaco a la columna vertebral. En la vista dorsoventral (DV), la mayor dimensión cardíaca debe ser inferior a $2/3$ de la distancia entre paredes torácicas en ese lugar (78).

En el gato, el corazón es más alargado y de forma elíptica en la vista latero-lateral. El área cardíaca ocupa aproximadamente 2-2,5 ICS y tiende a horizontalizarse con la edad (73). Las limitaciones de estas medidas incluyen: variaciones en el eje del corazón, conformación del tórax, fase de respiración, superposición de la costilla e imprecisos puntos de medición (3).

Buchanan, J.W. y Bücheler, J. en 1995 desarrollaron un sistema de escala vertebral para medir el tamaño del corazón canino de una forma más objetiva. Este método se basa en que hay una buena correlación entre el tamaño del corazón y la longitud del cuerpo a pesar de la conformación del tórax (3). Para ello realizaron un estudio con 100 perros sin evidencias de enfermedad cardíaca o pulmonar, con distintas conformaciones, pesos y sexos. Las proyecciones radiográficas utilizadas fueron la RL, LL, DV y VD. Descartando aquellas radiografías que presentaban rotación del cuerpo. En el trabajo realizado compararon la dimensión cardíaca con la longitud de medida vertebral y de las esternibras (3).

En la vista latero-lateral el eje largo del corazón (L) fue medido con un calibre, que se extiende desde la parte inferior del bronquio principal izquierdo hasta el ápice del corazón. Esta dimensión refleja el tamaño combinado de la aurícula y el ventrículo izquierdo. La medida se vuelve a colocar a lo largo de la columna vertebral, comenzando en el borde craneal de la cuarta vertebra torácica (T4). El tamaño del corazón como el número de vértebras se estima con una precisión de 0,1 vértebras. La máxima perpendicular del eje corto (S) se mide perpendicular al eje largo (L) y registrado de la misma manera a partir de la 4^a vértebra torácica. Esta dimensión incluye cámaras izquierda y derecha del corazón en la región del surco coronario. La suma del eje corto (S) y el eje largo (L) expresado en unidades vertebrales, determina el tamaño vertebral cardíaco (VHS). En la vista radiográfica VD y DV, el eje largo y corto del corazón son determinados con un calibre de la misma forma mencionada para la vista latero-lateral y expresada en unidades vertebrales a partir del borde craneal de T4 en la radiografía latero-lateral (Figura 6) (3).

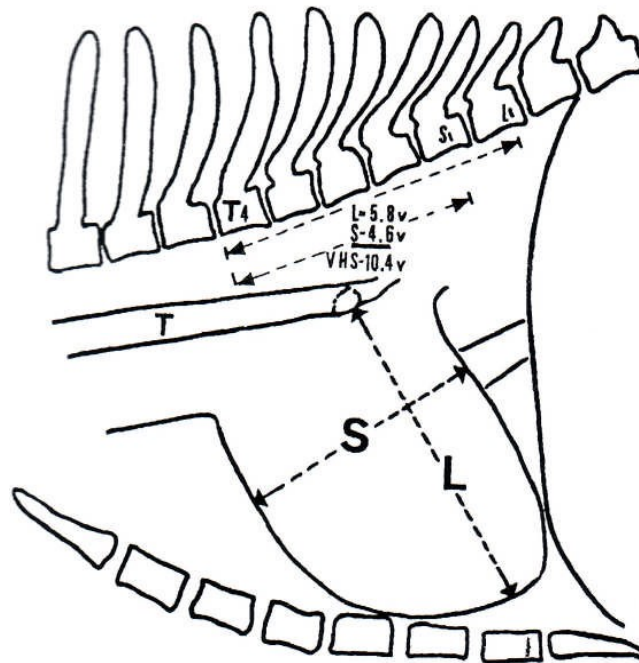


Figura 6: Diagrama vista latero-lateral del tórax canino que ilustra el método de medición del tamaño vertebral del corazón. La dimensión del eje largo (L) y el eje corto (S) del corazón se trasponen a la columna vertebral y se registran como el número de vértebras que comienzan con el borde craneal de T4. Estos valores se suman para obtener el tamaño vertebral del corazón (VHS). (Fuente: Buchanan J, Bücheler J. Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. J Am Vet Med Assoc. 1995 206(2):194-9).

El VHS en perros se determinó con un rango de 8,5 a 10,6 vértebras (v) con una media de $(9,7 \pm 0,5 \text{ v})$. También en este estudio el VHS fue $\leq 10,5 \text{ v}$ en el 98 % de los casos pero excepcionalmente pueden existir perros de tórax cortos con un VHS superior a 11 v que sea normal y, a la inversa, que perros de tórax largo su límite superior de 9,5 v sea lo normal. Esto sugiere la realización de estudios con distintas razas de perros para determinar valores más precisos y cambios que se puedan desarrollar con el crecimiento. Las diferencias que encontraron en el VHS respecto al sexo y el decúbito derecho o izquierdo, no fueron significativas ya que tan sólo el VHS en la vista latero-lateral derecha fue de 0,2 a 0,5 v más largo que en la vista latero-lateral izquierda (3).

La proyección DV se prefiere sobre la VD para evaluar el tamaño cardiaco, porque reduce los efectos de ampliación y proporciona una mayor coherencia de los contornos cardiacos. En 17 perros en los que se realizaron medidas de las vistas VD y DV, el corazón en la vista VD fue 7,2% más ancho y 5,3 % más largo que en la vista

DV. La medida cardíaca DV en perros no añade información significativa a la obtenida en las vistas laterolaterales. Esto es debido a que en la radiografía DV y VD la medida del eje largo (L) fue 11,9 % más largo que en la vista latero-lateral. Puede deberse al efecto de ampliación o que el eje largo en las vistas DV y VD se extiende desde la aurícula derecha al ventrículo izquierdo mientras que en la vista latero-lateral sólo incluye la aurícula y ventrículo izquierdo (3).

La medida del tamaño cardíaco a partir de las esterneras la realizaron expresando los ejes cardíacos en unidades de esterneras al igual que en el método VHS. La medida esternal fue realizada a partir del borde craneal de la 2ª esternera hasta el borde caudal de la 4ª o 5ª esternera (el manubrio esternal fue excluido por la variabilidad de tamaño). En esta medida también fue detectada una buena correlación entre el tamaño del corazón y la longitud de la 3ª o 4ª esternera, sin embargo estos valores fueron ligeramente peores que la correlación vertebral y solamente aventajan en perros con hemivértebras o malformaciones vertebrales (3).

El máximo diámetro de la vena cava caudal (CVC) fue medido en la radiografía latero-lateral y comparado con la longitud de una sola vértebra dorsal a la bifurcación de la tráquea, normalmente (T5 o T6). El valor de la CVC fue de 0,7 v y fue propuesto como el límite superior normal para el diámetro de la CVC que puede ser utilizado en la clínica (3).

Dos años después, Lehmkuhl, L.B. y col. para cuantificar la utilidad clínica del tamaño CVC como un indicador de la enfermedad cardíaca derecha establecieron una proporción entre el diámetro de la vena cava caudal (CVC) y distintas estructuras anatómicas entre las que se encontraban: la longitud de la vértebra sobre la bifurcación de la tráquea (VL), la aorta descendente (Ao) y la medida de la cuarta costilla derecha (R4). Los valores que obtuvieron de $CVC/Ao > 1,5$, $CVC/VL > 1,3$ y $CVC/R4 > 3,5$ son fuertemente sugerentes en el paciente canino de una anomalía en el lado derecho del corazón (22). Jilintai y col. (2006) también cuantificaron parámetros radiológicos de la vena cava caudal (CVC) en bovino y la correlacionaron con el diámetro de la aorta (Ao) y la longitud de la vértebra torácica (VL). Como en el estudio anterior la relación CVC/Ao y CVC/VL fueron significativamente más altos en bovinos enfermos que en los sanos (79).

El último estudio publicado sobre el diámetro de la vena cava caudal (CVC) como indicador de enfermedad cardíaca derecha fue realizado por Bhargavi, S. y col. (2018); este trabajo estableció los valores sobre el diámetro de la vena cava caudal y aorta descendente en razas de perro indígenas del Tami Nadu “ India” (Rajapalayam y Chippiparai), utilizando dos grupos: uno de perros jóvenes (1-6 meses) y otro de adultos (> 6 meses) para cada una de las razas. Los resultados obtenidos del CVC/AOD para los dos grupos de la raza Rajapalayam ($0,87 \pm 0,0$; $0,93 \pm 0,04$) y en la raza Chippiparai ($0,77 \pm 0,06$; $0,92 \pm 0,03$) en el grupo de edad joven y adulto quedan reflejados, respectivamente. El estudio también reveló que el peso corporal no influye en la relación CVC/AOD (24).

Posteriormente el sistema vertebral de medida del tamaño cardíaco propuesto por Buchanan, fue utilizado por otros autores entre los años 2000-2020 para distintas especies animales, razas y en distintas edades de perros jóvenes.

Con respecto a las publicaciones del VHS en distintas especies animales, por orden cronológico podemos comentar las siguientes:

Litster, A.L. y Buchanan, J.W. en el año 2000 realizaron un estudio prospectivo en 100 gatos clínicamente normales. El objetivo de este estudio fue determinar el tamaño absoluto y relativo del corazón en los gatos. Para ello se hicieron mediciones estandarizadas del eje corto y largo del corazón expresadas en unidades vertebrales a partir del borde caudal de T4 en la radiografía latero-lateral. El VHS en gatos se determinó con una media de $7,5 \pm 0,3$ v en las radiografías laterolaterales (4).

Los mismos autores en este mismo año, realizaron otro estudio prospectivo para conciliar cardiomegalia radiológica y ecografía normal en gatos obesos. Además pusieron a prueba una técnica radiológica para una mejor distinción entre la grasa periférica y el corazón. Utilizaron 10 gatos obesos, valorados mediante un sistema de condición corporal y otros 10 gatos normales. Todos los gatos de este estudio tienen un corazón normal que fue verificado mediante ecografía bidimensional. Los corazones se midieron radiológicamente utilizando el sistema de escala vertebral de medida (VHS). Observándose que los gatos obesos presentan un exceso de grasa alrededor del corazón, especialmente si también tenían una gran cantidad de grasa falciforme. El contraste

radiológico mejorado mediante la alteración de las técnicas de exposición acentuó la silueta cardíaca dentro de la silueta de grasa expandida. La grasa periférica generalmente se distinguió mejor en la radiografía latero-lateral que en la VD. Además encontraron un aumento de la distancia precordial en el grupo de gatos obesos mediante ecografía bidimensional (80).

En 2002 Straub, J. y col. publicaron el único estudio de medidas de la silueta cardíaca en aves. Fue realizado de manera prospectiva en psitácidas medianas, las cuales fueron anestesiadas y les realizaron radiografías VD. Para realizar la medida de la silueta cardíaca relacionaron la máxima anchura de la silueta cardíaca con el ancho del tórax a la altura de la anchura máxima de la silueta cardíaca, con el ancho del coracoides y la longitud del esternón. Los resultados sugieren que en adultos de psitácidas medianas sanas, la silueta cardíaca en la proyección radiológica ventrodorsal debe ser de 35 a 41 % de la longitud del esternón, el 51 al 61% de la anchura del tórax y el 545 a 672 % de la anchura del coracoides. No encontrándose diferencias significativas entre especies (5).

También encontramos evaluaciones de las medidas cardíacas en guepardos cautivos (*Acinonyx jubatus*). El estudio fue realizado por Schumacher, J. y col. (2003); en este estudio inmovilizaron con una combinación de tiletamina – zolacepam a 8 guepardos sanos (4 machos y 4 hembras) a los cuales les realizaron proyecciones radiográficas estándar lateral y ventrodorsal para medir el corazón utilizando el sistema métrico y el VHS. El VHS medio fue de $8,2 \pm 0,9$ v. Además realizaron medidas de los ejes corto (S) y largo (L) del corazón en ambas proyecciones. Aunque estas medidas cardíacas eran más grandes que las del gato doméstico (*Felis catus*), las proporciones de los parámetros cardíacos fueron muy similares entre las especies (6).

Gardner, A. y col. en 2007 realizaron un estudio con 66 murciélagos del género *Pteropus spp.*, ya que la cardiomiopatía dilatada es una patología relativamente frecuente en murciélagos cautivos. Para ello realizaron radiografías laterolaterales y ventrodorsales en animales sanos y con cardiomiopatía dilatada. En las proyecciones laterolaterales relacionaron la anchura y la altura del corazón con la altura torácica, en las ventrodorsales compararon la anchura del corazón con la anchura torácica y con la longitud de la clavícula. A partir de las radiografías de murciélago con conocida

cardiomiopatía dilatada, obtuvieron que las medidas en la proyección latero-lateral eran más sensibles para el diagnóstico de cardiomegalia (7).

Marie, L.K. y col. (2015) publicaron un trabajo retrospectivo de trece monos de Goeldi (*Callimico Goeldii*) con el fin de determinar el valor del VHS en la radiografía latero-lateral derecha. El valor observado fue de $9,35 \pm 0,31$ v. Concluyendo que el valor determinado puede ser de beneficio en la evaluación objetiva del tamaño cardíaco en esta especie (8).

Ya en 2017, Doss, G.A y col. desarrollaron un estudio con el objetivo de determinar el tamaño vertebral del corazón en chinchillas (*Chinchilla lanígera*) usando radiografías en la proyección latero-lateral derecha e izquierda, además de imágenes de tomografía computarizada. Para su realización utilizaron 21 chinchillas sanas y siete con anomalías cardiovasculares previamente examinadas. Todas las imágenes se desarrollaron bajo anestesia con dexmedetomidina-ketamina y los resultados obtenidos fueron: para las proyecciones laterolaterales ($8,9 \pm 0,62$ v) y respecto a la tomografía computarizada ($8,2 \pm 0,55$ v). No hubo diferencias significativas entre las vistas radiográficas derecha e izquierda ni entre géneros. La importancia clínica de este trabajo fue que el tamaño vertebral del corazón en chinchillas se puede calcular mediante radiografías o tomografía computarizada, pero las técnicas no son intercambiables (9).

Para evaluar la influencia de la raza en el tamaño vertebral del corazón (VHS) también se han desarrollado diversos estudios y entre ellos encontramos los siguientes:

Bavegems, V. y col. en 2005 establecieron un rango específico de VHS para Whippets. Para ello realizaron un estudio con 44 Whippets sin enfermedad cardíaca tomando las mismas medidas que Buchanan en 1995. Los resultados obtenidos fueron: en la radiografía latero-lateral derecha (RL) el VHS medio fue de $11,3 \pm 0,5$ v y de $11,0 \pm 0,5$ v en la proyección latero-lateral izquierda, siendo mayor que las $9,7 \pm 0,5$ v propuestas por Buchanan. Con respecto a las radiografías dorsoventral y ventrodorsal el VHS fue de $10,5 \pm 0,6$ v y $11,1 \pm 0,6$ v respectivamente. Ambos valores también fueron mayores que los propuestos por Buchanan, de $10,2 \pm 1,5$ v (DV) ó $10,2 \pm 0,8$ v (VD). Además el VHS en la vista ventrodorsal fue mucho más grande que en la dorsoventral. En conclusión, es importante tener en cuenta la raza y la vista radiográfica al evaluar el

tamaño del corazón en las radiografías torácicas de galgos para evitar la sobreinterpretación de agrandamiento cardiaco en estos perros (10).

Debido a que la conformación de la raza puede influir en el VHS, Marin, L.M. (2007) comparó el VHS en Greyhounds normales, con los Rotweiler y un grupo de perros de varias razas. El VHS medio en las radiografías laterolaterales de los Greyhounds fue de $10,5 \pm 0,1$ v, en Rottweiler fue de $9,8 \pm 0,1$ v y para el grupo de perros de razas mixtas $10,1 \pm 0,2$ v. Este estudio confirmó que existe una cardiomegalia relativa en perros de raza con tórax profundo (11).

En gatos también encontramos un estudio realizado por Ghadiri, A. y col. en 2008 con una población de gatos callejeros sanos, de pelo corto y no obesos. En los cuales se realizaron las medidas estándar para evaluar el tamaño cardiaco. Los resultados fueron de $7,3 \pm 0,49$ v en la proyección latero-lateral derecha, $7,3 \pm 0,55$ v en la lateral izquierda, $7,5 \pm 0,68$ v en dorsoventral y $7,5 \pm 0,53$ v en ventrodorsal. Las diferencias entre las medidas cardiacas en las radiografías laterolaterales derecha o izquierda, así como en dorsoventral y ventrodorsal no fueron significativas, pero si que valores VHS fueron ligeramente menores que los reportados en la literatura para una población mixta de gatos. Es por tanto que igualmente concluye con la importancia de la raza a la hora de establecer el VHS (12).

En los perros de raza Beagle no sólo determinaron los valores de referencia para el tamaño vertebral del corazón, además intentaron ver la influencia de la inflación pulmonar óptima en las mediciones cardiacas. Kraetschmer, S. y col. (2008) realizaron radiografías de tórax en decúbito lateral derecho e izquierdo mientras que los perros eran conscientes y estando bajo anestesia general con inflación pulmonar óptima. El VHS medio para perros de raza Beagle fue $10,3 \pm 0,4$ v, mostrando diferencias significativas con el estudio original de Buchanan con perros de diferentes razas. Con respecto al grado de inspiración del animal y su influencia en las medidas cardiacas, no encontraron un efecto significativo en la escala vertebral del corazón (13).

Ghadiri, A. (2010) realizó un estudio para evaluar la influencia de la raza en el tamaño vertebral del corazón con el objetivo de establecer una guía clínica para la evaluación de la enfermedad cardiaca en las razas de perros más comunes en Irán. Los resultados que obtuvieron en las radiografías LL y RL de las distintas razas fueron las siguientes: el VHS medio en Dóberman fue de ($9,9$ v LL y $10,1$ v RL), Pastor Alemán

(9,6 v LL - 9,8 v RL), razas mixtas (9,6 v LL y 9,7 v RL). Y en perros nativos obtuvieron el menor valor de VHS con 9,4 v en RL y LL. Los valores medios de VHS en la vista LL fueron significativamente menores que en la vista RL para los perros de raza Dóberman y Pastor Alemán. No encontrándose diferencias significativas con respecto a la proyección en los perros de raza mixta y perros nativos. Por lo tanto, es importante considerar la raza y la proyección radiográfica para evitar cualquier interpretación errónea de la ampliación cardíaca (14).

En 2013, Gugjoo, M.B. y col. realizaron un estudio de revisión bibliográfica, con el propósito de revisar la influencia de la raza en el tamaño vertebral del corazón del perro hasta la fecha. El resultado al que llegaron fue que es importante la utilización de valores específicos del VHS para la interpretación radiográfica (15).

Por otro lado, Bodh, D. y col. (2016) desarrollaron un trabajo para establecer los valores de referencia del VHS en la proyección latero-lateral derecha e izquierda sobre las razas Spitz Indio, Labrador Retriever y mestizos de la India. Además evaluaron la influencia sobre el VHS de la raza, vista radiográfica, género, peso corporal, profundidad y ancho del tórax. Observando diferencias significativas en el VHS entre las tres razas, siendo mayores para el Labrador Retriever, seguido de Spitz y perros mestizos. Además encontraron que el VHS es significativamente mayor en la proyección latero-lateral derecha que en la proyección latero-lateral izquierda para las tres razas y no significativo con respecto al género y peso del cuerpo. Debido a los resultados, sugirieron que los rangos de referencia específicos del VHS para cada raza deben usarse para una medición objetiva del tamaño del corazón en perros. Así como la proyección radiográfica debe tenerse en cuenta para evitar cualquier interpretación errónea (16).

En 2017, Birks, K. y col. determinaron un rango específico del VHS para la raza Teckel, comparando los resultados con el rango de referencia establecido por Buchanan, calculando la variabilidad entre observadores y la correlación del método VHS con el ecocardiograma. Los resultados obtenidos fueron que el valor del VHS en la proyección latero-lateral derecha es significativamente mayor que en la proyección latero-lateral izquierda, el VHS para hembras fue significativamente más grande que para machos, la variabilidad del observador se estableció como no significativa y se encontró una correlación entre los parámetros auriculares izquierdos y el VHS. Por lo tanto, los

resultados indican que el VHS en Teckel está por encima del rango genérico publicado y puede ser realizado por observadores con diversos grados de experiencia clínica (17).

Ya en el año 2020, Taylor, C.J. y col. realizaron un estudio con 61 perros de la raza terrier de Norwich sin signos clínicos de enfermedad cardíaca, con el objetivo de determinar si los valores normales del VHS publicados por Buchanan para las proyecciones laterolaterales son aplicables en esta raza. Además evaluaron si los signos clínicos de enfermedad respiratoria, peso, sexo, edad, decúbito o la relación entre la profundidad y el ancho torácico pudiera tener alguna influencia en el valor de la medida del VHS en esta raza. Los resultados que obtuvieron fueron que el VHS para los perros de raza terrier de Norwich eran significativamente más grandes que el valor de referencia canino establecido anteriormente por Buchanan. No encontrando una correlación significativa entre los signos clínicos de enfermedad respiratoria, sexo, edad, relación profundidad-anchura torácica o decúbito y el VHS. Pero observaron que un índices de condición corporal ≥ 6 tenían un VHS significativamente más alto que perros con un índice de condición corporal ≤ 5 . En conclusión, los hallazgos indicaron la importancia de tener en cuenta rangos específicos de la raza y los índices de condición corporal a la hora de interpretar el VHS en esta raza (18).

La última publicación sobre la influencia de la raza fue descrita por Puccinelli, C. y col. (2020); este trabajo estableció el valor del VHS y del tamaño de la aurícula izquierda (VLAS), como medidas radiográficas objetivas de cardiomegalia en el tórax de los perros de raza Chihuahua. El valor del VHS encontrado fue significativamente mayor que el valor de referencia canino establecido por Buchanan, mientras que el VLAS fue significativamente menor que los valores reportados para esta especie. Tanto el VHS como el VLAS no estuvieron influenciados por el sexo, peso e índice de condición corporal. Por consiguiente, indicaron la necesidad de valores específicos para el VHS y VLAS, con el fin de evitar la interpretación errónea de cardiomegalia en esta raza (19).

Con respecto al VHS para cachorros en crecimiento encontramos un único estudio publicado por Sleeper, M.M. y Buchanan, J.W. (2001) en el cual determinaron el tamaño relativo del corazón en 11 cachorros de perro clínicamente normales y evaluaron los distintos tamaños del corazón en relación con el crecimiento a unas edades de 3, 6, 12 y 36 meses. Los tamaños medios de VHS en las radiografías

laterolaterales a los 3, 6, 12 y 36 meses de edad fueron $10,0 \pm 0,5$ v, $9,8 \pm 0,4$ v, $9,9 \pm 0,6$ v y $10,3 \pm 0,6$ v, respectivamente. No determinándose diferencias significativas. La relevancia clínica de este estudio es que las medidas del tamaño vertebral del corazón en cachorros se encuentra dentro del rango de referencia para perros adultos descrito por Buchanan que fue de $(9,7 \pm 0,5$ v) y no cambian significativamente con el crecimiento hasta los tres años de edad. Por lo tanto las normas para la determinación del agrandamiento cardiaco son similares en cachorros y perros adultos (78).

En hurones también encontramos diferentes estudios para determinar el tamaño cardiaco normal desde el punto de vista radiológico.

Stepien, R. y col. (1999) propusieron un estudio en hurones para desarrollar un rango de valores normales de dimensiones cardiacas y establecer una relación entre el tamaño del corazón con otras estructuras anatómicas. Para ello realizaron un estudio con 20 hurones, sin evidencias de enfermedad cardiovascular. Las proyecciones radiográficas que utilizaron fueron la RL, LL y VD. Las medidas obtenidas en cada visión fueron: el eje largo (LA), el eje corto (SA), la suma del eje largo y corto (L+W), longitud total T5-8 (medido desde el borde craneal de T5 al borde caudal de T8), Ratio (suma de las medidas del eje largo y el eje corto a 0,1cm comparados a la medida T5-8 en la misma visión) y el VHS de Buchanan con 2 modificaciones. La primera modificación es que el eje largo y el eje corto lo comparan con longitudes vertebrales empezando por el borde craneal de T5 y estimado a 0,25 vértebras (en vez de 0,1 vértebras). La segunda modificación fue que las medidas de la proyección VD las compararon con las longitudes vertebrales de la misma vista. En el estudio original, las medidas de la silueta cardiaca en la proyección VD fueron comparadas con las medidas vertebrales obtenidas en la proyección RL (Figura 7) (20).

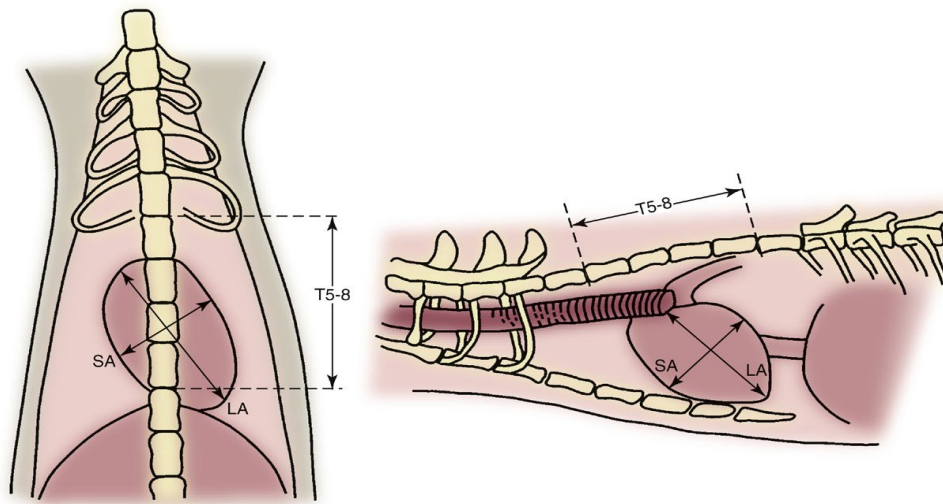


Figura 7: Imagen de las vista latero-lateral (derecha) y ventrodorsal (izquierda) del tórax indicando las medidas de la silueta cardiaca tanto en el eje largo (LA) como en el eje corto (SA). La suma de LA y SA se expresa en términos de longitud vertebral, comenzando en el borde craneal de la quinta vertebra torácica (T5) y se estima hasta la vertebra 0,25 más próxima. La longitud y el ancho vertebral se suman para obtener una puntuación cardiaca vertebral. (Fuente: Stepien R, Benson K, Forrest L. Radiographic measurement of cardiac size in normal ferret. *Vet Radiol Ultrasound*. 1999 40(6):606-10).

Los resultados de este estudio indican que las medidas absolutas realizadas en las proyecciones laterolaterales son menos variables entre animales que las derivadas de la vista VD. Eso puede ser debido a que la grasa pericárdica de la vista VD oscurece los bordes de la silueta cardiaca, produciendo que las medidas VD sean más grandes y con mayor variabilidad. La variabilidad en la medida T5-8 fue mínima en todas las vistas, pero en machos fue significativamente más grande que en hembras.

Con respecto a la correlación de las medidas cardiacas con el peso del cuerpo y la medida T5-8, observaron que las medidas absolutas del eje largo (LA) y el eje corto (SA) realizadas en las proyecciones RL y VD, tuvieron una correlación más estrecha con el peso del cuerpo y la medida T5-8 que las obtenidas en la visión LL. Además el valor de L+ W en cada proyección, fue el valor que más se correlaciona con el peso y la longitud T5-8. Observándose que las medidas se correlacionan más con la medida T5-8 que con el peso (20).

También las medidas absolutas (peso, LA y SA en todas las visiones) difieren significativamente entre machos y hembras, pero no se detectaron diferencias en las medidas normalizadas para el tamaño del cuerpo (Ratio, VHS modificado). Esto puede

deberse a las diferencias significativas con respecto al peso del cuerpo y la medida T5-8 encontrada entre machos y hembras. Además de la correlación encontrada entre las medidas absolutas del tamaño cardíaco con respecto al peso y tamaño del cuerpo (20).

Por lo tanto en este estudio se considera que las medidas del Ratio y VHS modificado son preferibles a las medidas absolutas para establecer rangos cardíacos normales en hurones. El Ratio de la silueta cardíaca muestra una menor variabilidad de resultados en la misma vista que el VHS modificado, eso se piensa que es producido por la estimación de 0,25 vértebras del VHS modificado. Los valores para el Ratio se estiman en 1,35 con un rango de 1,32-1,38 en la visión RL y de 1,52 con un rango de 1,45-1,53 en la proyección VD. Los valores que obtuvieron para el VHS modificado en la proyección RL y VD fueron de 5,33 v (5,23-5,47 v) y 6,0v (5,73-6,15 v), respectivamente. Concluyendo que futuros estudios son necesarios para determinar cuál es el mejor método de detección de enfermedades cardíacas en hurones (20).

Posteriormente, en 2009 se desarrolló otro trabajo con el fin de determinar otras medidas cardíacas en hurones. El estudio fue realizado por Onuma, M. y col. con 64 hurones (43 machos castrados y 21 hembras castradas) libres de enfermedad cardíaca, a los cuales se tomaron proyecciones radiográficas RL y VD. Los resultados de las nuevas medidas realizadas fueron evaluadas para ver las diferencias entre géneros y pesos (21).

Las medidas tomadas fueron las siguientes: longitud de la sexta vértebra dorsal en la proyección RL (6th DV), eje largo en proyección latero-lateral derecha RL (LA), eje corto en proyección latero-lateral derecha RL (SA), RL-VHS, VD (LA), VD (SA), VD-VHS, en la proyección ventrodorsal longitud octava costilla izquierda (LEC), el ancho del tórax a la altura octava vértebra (8th TV), VD-LEC /VD-SA y VD-8th TV/VD-SA. El VHS usado es distinto al utilizado en estudios previos (Stepien, R. y col. 1999), se realiza sumando los valores obtenidos de las medidas LA y SA, después cuentan las vértebras torácicas a partir del lado cefálico de la sexta vértebra torácica correspondientes a la longitud obtenida. (Figura 8-9) (21).

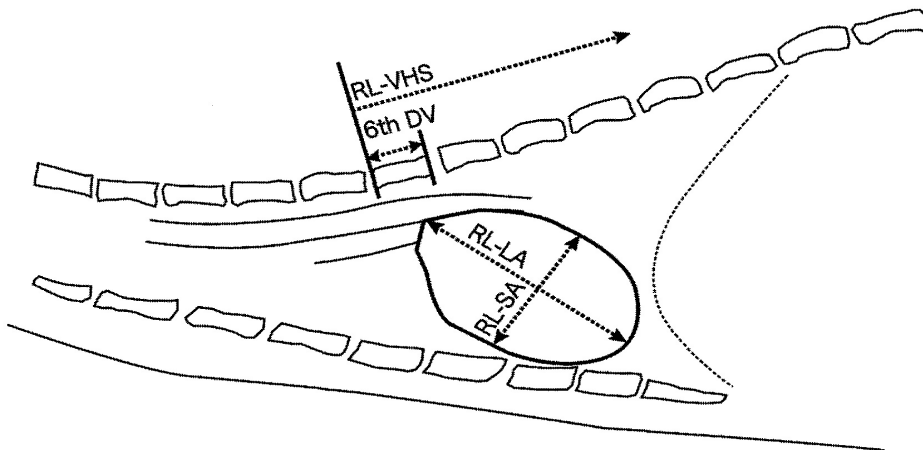


Figura 8: Imagen radiografía latero-lateral derecha (RL) del tórax normal de un hurón. La vista radiográfica muestra medidas de la silueta cardíaca. Eje largo (LA), eje corto (SA), sexta vértebra dorsal (6 th DV), tamaño vertebral del corazón (VHS). (Fuente: Onuma M, Kondo H, Ono S, Ueki M, Shibuya H, Sato T. Radiographic Measurement of Cardiac Size in 64 Ferrets. *J Vet MedSci.* 2009;71(3):355-8).

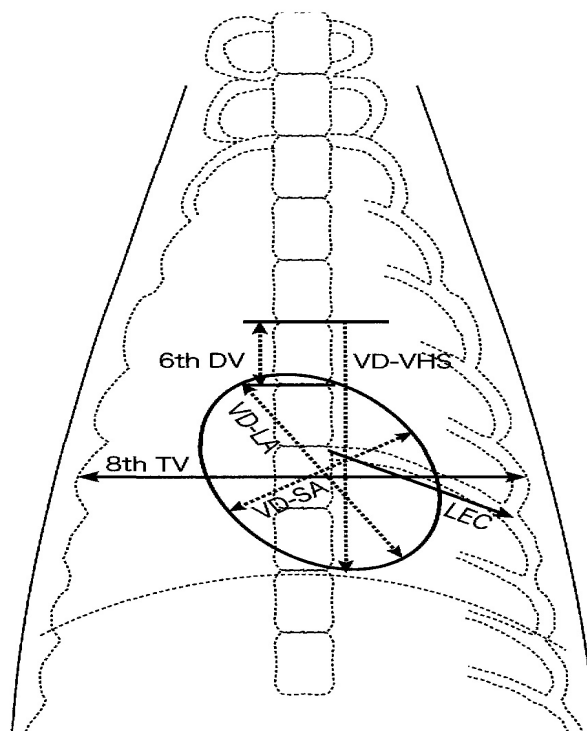


Figura 9: Imagen radiográfica ventrodorsal (VD) del tórax normal de un hurón donde se muestra diferentes medidas de la silueta cardíaca. Eje largo (LA), eje corto (SA), sexta vértebra dorsal (6 th DV), tamaño vertebral del corazón (VHS), longitud octava costilla izquierda (LEC), el ancho del tórax a la altura octava vértebra (8th TV). (Fuente: Onuma M, Kondo H, Ono S, Ueki M, Shibuya H, Sato T. Radiographic Measurement of Cardiac Size in 64 Ferrets. *J Vet MedSci.* 2009;71(3):355-8).

Los valores obtenidos para las medidas radiográficas son mostradas en la tabla 2.

Tabla 2: Valores medidas radiográficas para los 64 hurones.

Variable	n	Media	Max	Min
Edad (años)	57	4,25	8	1
Peso cuerpo (kg)	64	1,52	1,7	0,55
6th DV (cm)	64	0,92	1,25	0,8
RL-LA (cm)	63	3,07	3,8	2,4
RL-SA(cm)	63	2,24	2,8	1,7
RL-VHS (v)	63	5,27	6,4	4,3
VD-LA (cm)	64	3,64	4,6	2,9
VD-SA(cm)	64	2,48	3,2	1,8
VD-VHS (v)	64	6,11	7,7	5,1
VD-LEC (cm)	59	2,64	3,3	2,1
VD-8th TV (cm)	64	4,8	6	3,5
VD-LEC/VD-SA	59	1,08	1,45	0,75
VD-8th TV/VD-SA	64	1,96	2,97	1,52

Proyección latero-lateral derecha (RL), proyección ventrodorsal (VD), eje largo (LA), eje corto (SA), sexta vertebra dorsal (6 th DV), tamaño vertebral del corazón (VHS), longitud octava costilla izquierda (LEC), el ancho del tórax a la altura octava vertebra (8th TV). (Fuente: Onuma M, Kondo H, Ono S, Ueki M, Shibuya H, Sato T. Radiographic Measurement of Cardiac Size in 64 Ferrets. *J Vet MedSci.* 2009;71(3):355-8).

Cada medida fue comparada entre los grupos de machos y hembras, además de entre los 2 grupos de pesos. Cada comparación mostró diferencias significativas parecidas. Cuando compararon los valores medios entre géneros se observó que el peso del cuerpo fue significativamente más alto en machos que en hembras. También los valores para las medidas 6th DV, RL-LA, RL-SA, VD-LA, VD-SA, VD-LEC, VD-8th TV, RL-VHS y VD- VHS fueron más altos en machos que en hembras. En comparación con el peso del cuerpo ocurrió lo mismo, la media de los valores fue significativamente más grande para el grupo de hurones ≥ 1 kg que el de hurones < 1 kg (Tabla 3).

Tabla 3: Correlación entre medidas radiográficas medias, género, peso corporal y desviación estándar.

	Hembras (n)	Machos (n)	<1kg (n)	>1kg (n)
Peso cuerpo (kg)	0,86±0,16(21)**	1,15 ±0,24(43)**		
6th DV (cm)	0,89±0,03(21)**	0,94±0,05(43)**	0,89±0,03(22)**	0,94±0,05(42)**
RL-LA (cm)	2,80±0,04(21)**	3,21±0,08(42)**	2,83±0,23(22)**	3,21±0,28(41)**
RL-SA (cm)	2,03±0,02(21)**	2,34±0,06(42)**	2,08±0,17(22)**	2,32±0,26(41)**
RL- VHS (v)	5,05±0,26(21)**	5,39±0,44(42)**	5,06±0,27(22)**	5,39±0,45(41)**
VD-LA (cm)	3,33±0,18(21)**	3,79±0,34(43)**	3,34±0,20(22)**	2,58±0,28(42)**
VD-SA(cm)	2,31±0,22(21)**	2,57±0,29(43)**	2,30±0,22(22)**	2,58±0,28(42)**
VD-VHS (v)	5,89±0,35(21)*	6,22±0,58(43)*	5,82±0,39(22)**	6,26±0,54(42)**
VD-LEC (cm)	2,44±0,18(17)**	2,72±0,29(42)**	4,42±0,37(22)**	5,00±0,42(42)**
VD-8th TV (cm)	4,51±0,32(21)**	4,94±0,50(43)**	4,42 ±0,37(22)**	5,00±0,42(42)**

Proyección latero-lateral derecha (RL), proyección ventrodorsal (VD), eje largo (LA), eje corto (SA), sexta vertebra dorsal (6 th DV), tamaño vertebral del corazón (VHS), longitud octava costilla izquierda (LEC), el ancho del tórax a la altura octava vertebra (8th TV). (Fuente: Onuma M, Kondo H, Ono S, Ueki M, Shibuya H, Sato T. Radiographic Measurement of Cardiac Size in 64 Ferrets. J Vet MedSci. 2009;71(3):355-8) (* P<0,05; ** P<0,01).

Además en este estudio realizaron una serie de ratios o proporciones de varias medidas con respecto a 6th DV. También se correlacionaron con el género y el peso del cuerpo como muestra la siguiente tabla (Tabla 4).

Tabla 4 : Correlación entre Ratios de medidas radiográficas con 6th DV, género/peso del cuerpo.

	Hembras(n)	Machos (n)	<1kg	>1kg
6th DV (cm)	0,86-0,92(21)	0,89-0,99(43)	0,86-0,92(22)	0,89-0,99(42)
RL-LA/6th DV (cm)	3,00-3,30(21)	3,16-3,70(42)	2,83-3,56(22)	2,96-3,92(41)
RL-SA/6th DV (cm)	2,18-2,38(21)	2,30-2,70(42)	2,08-2,62(22)	2,08-2,90(41)
VD-LA/6th DV (cm)	3,42-4,08(21)	3,48-4,64(43)	3,41-4,12(22)	3,49-4,65(42)
VD-SA/6th DV (cm)	2,27-2,94(21)	2,30-3,21 (43)	2,26-2,93 (22)	2,32-3,21(42)
VD-LEC/6thDV (cm)	2,46-3,05(21)	2,45-3,38(42)	2,45-3,17(19)	2,44-3,37(40)
VD-8th TV /6th DV (cm)	4,55-5,62 (21)	4,48-6,11 (43)	4,40-5,57(22)	4,63-6,09(42)

Proyección latero-lateral derecha (RL), proyección ventrodorsal (VD), eje largo (LA), eje corto (SA), sexta vertebra dorsal (6 th DV), tamaño vertebral del corazón (VHS), longitud octava costilla izquierda (LEC), el ancho del tórax a la altura octava vertebra (8th TV). (Fuente: Onuma M, Kondo H, Ono S, Ueki M, Shibuya H, Sato T. Radiographic Measurement of Cardiac Size in 64 Ferrets. J Vet MedSci. 2009;71(3):355-8).

La importancia de este estudio se debe a la aportación de nuevas medidas para la valoración de la silueta cardiaca en hurones como por ejemplo (VD-LEC, VD-8th TV, VHS y ratios de medidas con 6th DV) que aumentan el número de medidas radiográficas realizadas por Stepien R. y col. Las diferencias significativas relacionadas

con el género y peso del cuerpo encontradas en los 38 resultados de la tabla 3 respaldan los resultados del estudio previo realizado en hurones por Stepien. En particular, el presente estudio estableció valores normales exactos para diferentes pesos (21).

Además la ratio VD-8th TV/VD-SA mostró diferencias similares al relacionarlas con el género y el peso del cuerpo. Cuando empleamos la clasificación por el peso del cuerpo la ratio media y mediana fue 1,94-1,85 respectivamente en hurones < 1kg. En hurones > 1kg la media y mediana fue de 1,97-1,89 respectivamente, sugiriendo que la medida VD-8th TV es aproximadamente 1,9 más grande que el VD-SA. Eso quiere decir que cuando el ratio es menor la hipertrofia cardiaca puede estar presente, mientras que valores altos sugieren reducción cardiaca o dilatación de la cavidad torácica. Todos los resultados para el grupo de pesos fueron suficientemente exactos, por lo tanto, ellos creyeron que los diferentes pesos deberían ser considerados en el caso del diagnóstico por imagen en hurones. También consideraron útiles para la evaluación de la morfología cardiaca normal en hurones todos los valores normales de los ratios con 6th DV y la expresión obtenida del coeficiente de regresión de la ratio VD-8thTV/VD-SA que fue $VD-8th\ TV=2,887+(0,769 \times VD-SA)$ (21).

Al igual que Stepien terminaron mencionando la necesidad de futuros estudios con animales enfermos para evaluar las medidas obtenidas en este estudio.

A.3.3.- Ecocardiografía.

A.3.3.1.-Principios básicos.

El ultrasonido es una onda de sonido de alta frecuencia producida por el uso de la estimulación eléctrica sobre el cristal piezoeléctrico en el transductor. Estos cristales se deforman (se expanden y se contraen) por tensión eléctrica y generan un pulso, onda de sonido de alta frecuencia (superior a 20000 hertz), que está más allá del alcance de sonido del oído humano. Los cristales son capaces de recibir el sonido y convertirlo de nuevo en energía eléctrica (81).

Cuando las ondas de sonido encuentran la diferente interfaz de tejido, son reflejadas, refractadas, absorbidas y pasan parcialmente dentro de la segunda interfaz de tejido. Soló las ondas reflejadas son enviadas de vuelta al transductor y producen energía eléctrica. El ecógrafo procesa todos los datos para generar una imagen de la

interfaz acústica en la pantalla del osciloscopio. Dado que la capacidad de visualización de las estructuras con ultrasonidos está determinada por la reflexión de los sonidos de transmisión, la acústica es mayor entre dos tejidos adyacentes. La ecocardiografía (ultrasonido cardíaco) es el método no invasivo para el examen dentro del corazón, incluye la aorta, los ventrículos, las aurículas, los apéndices auriculares y todas las válvulas cardíacas (81, 82).

Tres tipos de ecocardiografías se utilizan clínicamente: (1) Modo de movimiento (modo M) que es la ecografía creada para las imágenes dinámicas de contracción del corazón, ofreciendo la herramienta para evaluar la anatomía de las cámaras cardíacas y el movimiento, (2) las dos dimensiones (2D), (3) el doppler que mide el flujo sanguíneo a través del corazón y los vasos. Lo realiza por evaluación del cambio relativo en la frecuencia de ultrasonidos de retorno en comparación con la frecuencia transmitida. La ecocardiografía permite la evaluación del tamaño de las cámaras cardíacas, función cardíaca y del flujo sanguíneo, las cuales proporcionan información sobre el estado hemodinámico y la extensión de la enfermedad (81, 82).

A.3.3.2.- Ecografía Modo M.

La ecocardiografía modo M fue descrita por primera vez por Gaiter y Hamlin en 1997 como una herramienta útil en la clínica veterinaria. La imagen en modo M representa la estructura cardíaca a lo largo del haz de ultrasonidos en un plano unidimensional. La resolución axial nítida y de alta frecuencia de muestreo del modo ecográfico M (1000-5000 pulsos/seg) permite discernir con precisión pequeñas estructuras que se mueven rápidamente y correlacionarlas con el tiempo en el electrocardiograma. Las mediciones en modo M son estándar incluyendo dimensiones de la cámaras, espesor de la pared e índices de función sistólica. El peso del cuerpo no afecta a las medidas en modo M (1, 74, 75, 83).

Las mediciones estándar están hechas a través de :

- La aorta y la aurícula izquierda.
- Ventrículo izquierdo a nivel de la válvula mitral.
- Ventrículo izquierdo a la altura de las cuerdas tendinosas.

Las mediciones de la aorta y la aurícula izquierda pueden obtenerse a partir del plano paraesternal derecho. Al utilizar el eje corto, el transductor debe colocarse perpendicular a la pared de la aorta a través de la válvula aórtica. Cuando se utiliza el eje largo, el transductor debe de ser colocado perpendicular a las paredes de la aorta sobre la cúspide, la válvula y a través de la mayor masa de la aurícula derecha. La raíz aórtica se midió al final de la diástole que coincide con el inicio del complejo QRS. Si el ECG no está disponible se puede medir en el punto más bajo del movimiento de la pared aórtica. La aurícula izquierda se mide en la zona más grande de la aurícula, cuando las paredes de la aorta se encuentran en el punto más alto y al final de la sístole (Figura 10) (84).

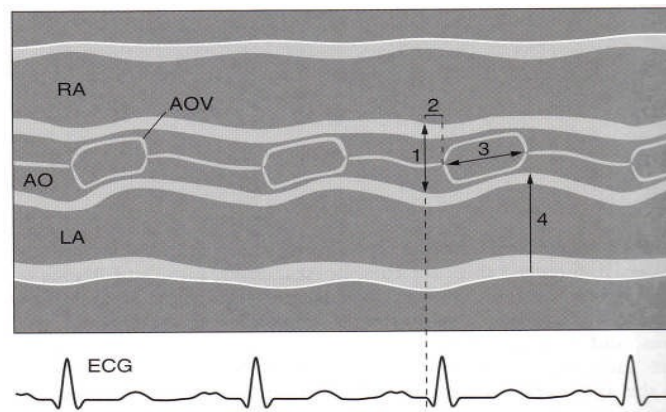


Figura 10 : Mediciones de la aorta y la aurícula izquierda. Aorta (AO); aurícula izquierda (LA); aurícula derecha (RA); válvula aórtica (AOV); dimensión aórtica ,1; periodo de pre-eyección (PEP),2; tiempo de eyección del ventrículo izquierdo (LVET), 3; dimensión aurícula izquierda, 4. (Fuente: Boon J. M-Mode echocardiography. Two dimensional and M-mode echocardiography for the small animal practioner. Colorado,USA: TNM Innovative 2002. p. 25-75).

La relación de la aurícula izquierda y el tamaño de la raíz aórtica, se utiliza para determinar la severidad de la dilatación auricular. En los perros, el tamaño de la aurícula izquierda es similar al tamaño de la raíz aórtica. El LA/AO en perros y gatos es generalmente menor a 1,3. Los valores superiores a 1,3 sugieren que la aurícula izquierda esté dilatada (85). Vatenburg, M. y col. en 2004 reportaron la proporción media de LA/AO en hurones anestesiados con isoflurano y el resultado que obtuvieron fue de 1,3 con un rango de 1-1,8 (86).

Las medidas del ventrículo izquierdo que se pueden realizar son tanto el índice sistólico como diastólico incluyendo el tabique, la cámara ventricular izquierda y la pared ventricular izquierda. Las mediciones diastólicas se utilizan para evaluar la pared

y el espesor septal, mientras que las sistólicas para la evaluación de la función del ventrículo izquierdo (84).

EL tabique se mide desde la parte superior de la línea del tabique hasta la parte inferior, incluyendo las líneas que definen sus límites. La cámara del ventrículo izquierdo se mide desde la parte inferior del septum a la parte superior de la pared y no incluye las líneas para definir sus límites. La pared ventricular izquierda se puede medir desde la parte superior de la pared a la parte superior del trazado pericárdico e incluye la línea que define la pared y límites de la cámara (Figura 11) (84).

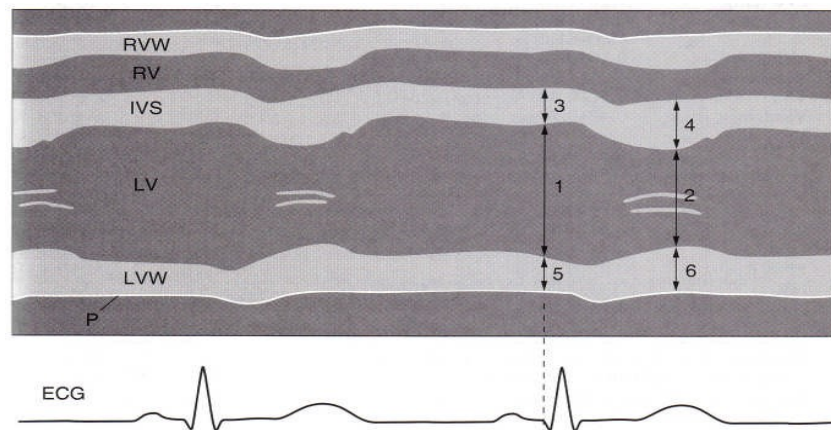


Figura 11: Mediciones del ventrículo izquierdo. El tabique se mide desde la parte superior del septo hasta el fondo del septo (3,4) . Las dimensiones del ventrículo izquierdo se miden desde el fondo del septo hasta la parte superior de la pared (1,2). La pared ventricular izquierda se mide desde la parte superior de la pared hasta la parte superior del trazado pericárdico (5,6). Pared del ventrículo derecho (RVW); ventrículo derecho (RV); septo interventricular (IVS); ventrículo izquierdo (LV); pared ventricular izquierda (LVW); pericardio (P); dimensión diastólica final, 1; dimensión sistólica final, 2; espesor diastólico septal, 3; espesor sistólico septal, 4; espesor diastólico de la pared del ventrículo izquierdo, 5; espesor sistólico de la pared ventricular izquierda, 6.(Fuente: Boon J. M-Mode echocardiography. Two dimensional and M-mode echocardiography for the small animal practioner. Colorado,USA: TNM Innovative 2002. p. 25-75).

La función ventricular izquierda se puede evaluar mediante el uso de la fracción de acortamiento (FS). Se calcula restando la dimensión sistólica ventricular izquierda desde la dimensión diastólica y dividido por la dimensión diastólica. Con el fin de calcular un porcentaje del tamaño del ventrículo izquierdo entre el llenado y el vaciado.

La ecuación es la siguiente:

$$FS = \frac{LVDd - LVDs}{LVDs} \times 100$$

-LVDd: dimensión diastólica ventricular izquierda.

-LVDs: dimensión sistólica ventricular izquierda.

La medición en modo M de la válvula mitral ya sea con la vista del eje largo paraesternal derecha o del eje corto, se utiliza para determinar el punto E al septum (EPSS). El punto E en el modo M mitral representa la fase rápida de llenado ventricular que se produce durante la diástole temprana debido al flujo sanguíneo de la aurícula al ventrículo por un gradiente de presión. La contracción al final de la diástole hace que la válvula mitral se abra de nuevo y esta fase crea el segundo pico de la configuración M y se conoce como punto A. En un animal normal fuerzas auriculares sistólicas resultan en aproximadamente un 20 % de volumen de llenado que es menor que el volumen de la fase de llenado rápido. Por lo tanto el punto A debe ser siempre menor que el punto E (Figura 12) (84, 85).

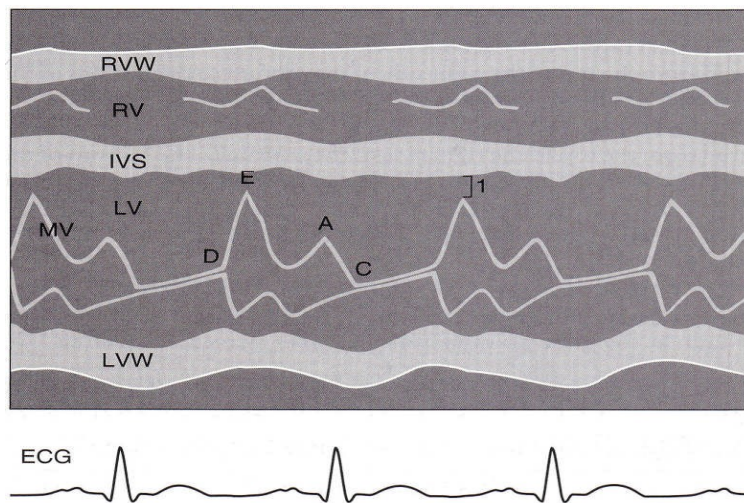


Figura 12: Punto E de separación al septum (EPSS). Pared del ventrículo derecho (RVW); ventrículo derecho (RV); septo interventricular (IVS); ventrículo izquierdo (LV); pared ventricular izquierda (LVW); válvula mitral (MV); punto E (E); punto A (A); EPSS (1). (Fuente: Boon J. M-Mode echocardiography. Two dimensional and M-mode echocardiography for the small animal practitioner. Colorado, USA: TNM Innovative 2002. p. 25-75).

El valor normal EPSS en perros y gatos es de 0,6 a 2 mm y 0,3 a 7,7 mm respectivamente (84). En los hurones el valor EPSS muestra un rango entre 0,0-2,2 mm (86). Los pacientes con cardiomiopatías dilatadas moderadas o severas muestran un

aumento en el valor EPSS, esto se debe a la disminución del flujo sanguíneo, la velocidad de flujo a través de la válvula mitral y el aumento de la cámara cardiaca (85).

A.3.3.3.- Ecografía bidimensional.

La ecografía bidimensional fue desarrollada para crear una imagen en forma de abanico que muestre la anatomía y características funcionales, dando más información anatómicamente que la imagen en modo M. Pero en la ecografía 2D la agudeza es menos precisa y la velocidad de cuadros por segundo es más lenta que en la ecografía modo M. Estos factores son generalmente más importantes cuando se precisan mediciones de estructuras más pequeñas. Para la ecografía 2D los planos de imágenes estándar llamadas ventanas son designados en base a la ubicación del transductor, orientación especial del plano de la imagen y las estructuras grabada (84).

La ubicación paraesternal derecha se encuentra entre el 4-5 espacio intercostal (ICS). Los dos planos básicos de la imagen incluyen el eje largo y el corto. Del eje largo se obtiene generalmente una vista de las cuatro cámaras, el flujo del ventrículo izquierdo, la válvula aórtica y la raíz aórtica (Figura 13). Los puntos de vista del eje corto proporcionan una serie de opiniones a nivel del ápex ventricular izquierdo, los músculos papilares, cuerdas tendinosas, válvula mitral y válvula aórtica (Figura 14). En el eje largo, las evaluaciones subjetivas son consideradas normales cuando el tabique interventricular es recto y no sobresale por delante de la aorta. Las válvulas mitrales son delgadas y no se prolapsan de nuevo a la aurícula izquierda. Además la válvula ventricular derecha debe ser aproximadamente un tercio del tamaño de la cámara ventricular izquierda (84). Para lograr accesos correctos en la vista del eje corto uno siempre debe ver la cámara ventricular izquierda circular de forma simétrica, los músculos papilares similares en tamaño, el tabique ventricular no aplanado y el corazón uniforme en la contracción. La aurícula izquierda puede ser medida en comparación con el tamaño de la raíz aórtica a nivel de la base del corazón. El tamaño de la aorta se mide a lo largo de la línea formada desde el borde interior en la comisura de la válvula aórtica coronaria derecha hasta el borde interior de la pared aórtica. Los diámetros de la aurícula izquierda se miden a lo largo de la línea que se extiende desde el borde interior en la comisura de la válvula aórtica coronaria izquierda hasta el borde inferior de la aurícula izquierda (87).

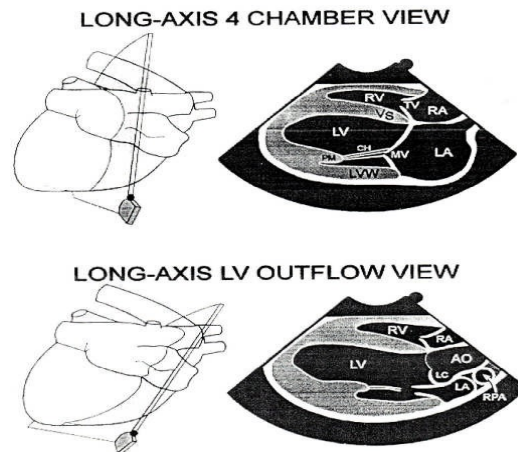


Figura 13: Ecocardiografía bidimensional ubicación paraesternal derecha del eje largo. Aorta (AO); cuerdas tendinosas (CH); aurícula izquierda (LA); Cúspide coronaria izquierda de la válvula aórtica (LC); ventrículo izquierdo (LV); pared ventricular izquierda (LVW); válvula mitral (MA); músculo papilar (PM); aurícula derecha (RA); arteria pulmonar derecha (RPA); ventrículo derecho (RV); válvula tricúspide (TV); septo interventricular (VS). (Fuente: Thomas W, Gaber C, Jacobs G. Recommendations for standards in transthoracic two-dimension echocardiography in dog and cat. J Vet Intern Med. 1993;7:247-5).



Figura 14: Marcos ecocardiográficos bidimensionales del eje corto vistos desde la posición paraesternal derecha. En el centro se muestran las diferentes imágenes del transductor. Ápice (A); músculo papilar (B); cuerdas tendinosas(C); válvula mitral (D); válvula aórtica (E); arteria pulmonar (F); aorta (AO); cúspide de la válvula mitral anterior (AMV); vena cava caudal (CaVC); cuerdas tendinosas (CH); aurícula izquierda (LA); arteria pulmonar izquierda (LPA); ventrículo izquierdo (LV); pared ventricular izquierda (LVW); válvula mitral (MA); músculo papilar (PM); cúspide de la válvula mitral posterior (PMV); músculo papilar posterior (PPM); válvula pulmonar (PV); aurícula derecha (RA); arteria pulmonar derecha (RPA); ventrículo derecho (RV); vía de salida del ventrículo derecho (RVO). (Fuente: Thomas W, Gaber C, Jacobs G. Recommendations for standards in transthoracic two-dimension echocardiography in dog and cat. J Vet Intern Med. 1993;7:247-52).

La ubicación paraesternal craneal izquierdo se encuentra entre 3º y 4º espacio intercostal izquierdo, a la altura del esternón con la unión costocostal. Las imágenes

obtenidas desde el eje largo y corto de esta ubicación se muestran en la (Figura 15). En este punto de vista, el trayecto de salida del ventrículo izquierdo debería estar libre de obstáculos y las válvulas aórticas libres de lesiones. Normalmente la aorta sigue teniendo el mismo diámetro en toda su longitud (84). Por último la ubicación caudal izquierda que se encuentra cerca del esternón entre el 5° y 7° espacio intercostal (Figura 16).

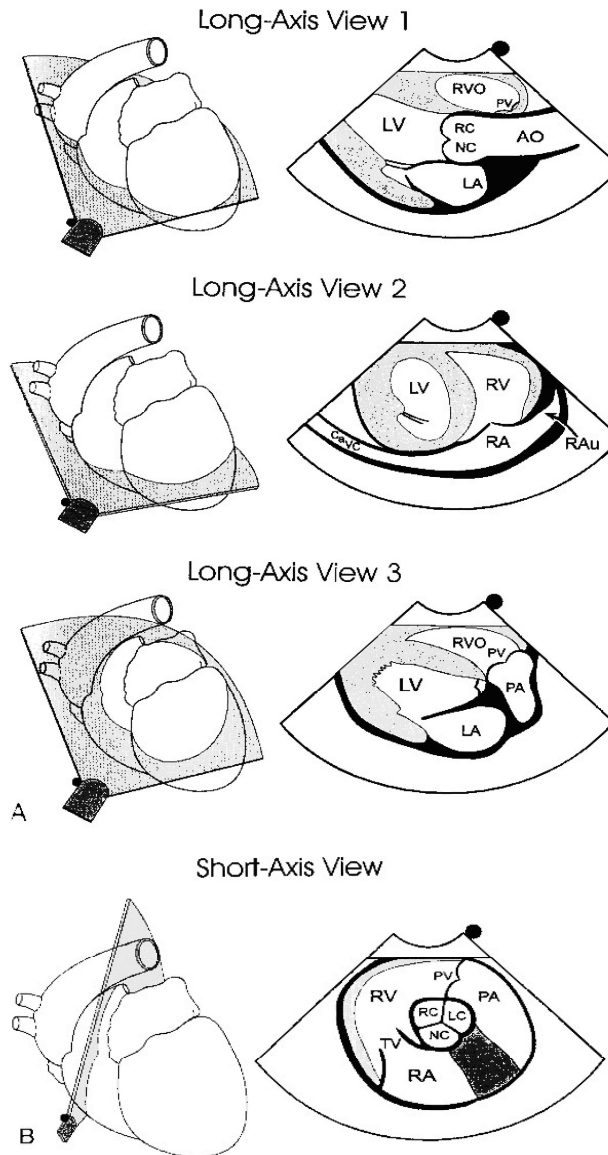


Figura 15: Imagen del eje largo paraesternal craneal izquierdo (A) y vista del eje corto paraesternal izquierdo (B). Aurícula izquierda (LA); izquierda, derecha, cúspide no coronarias de la válvula aórtica (LC,RC,NC); ventrículo izquierdo (LV); arteria pulmonar (PA); válvula pulmonar (PV); aurícula derecha (RA); ventrículo derecho (RV); vía de salida del ventrículo derecho (RVO); válvula tricúspide (TV). (Fuente: Thomas W, Gaber C, Jacobs G. Recommendations for standards in transthoracic two-dimension echocardiography in dog and cat. J Vet Intern Med. 1993;7:247-52).

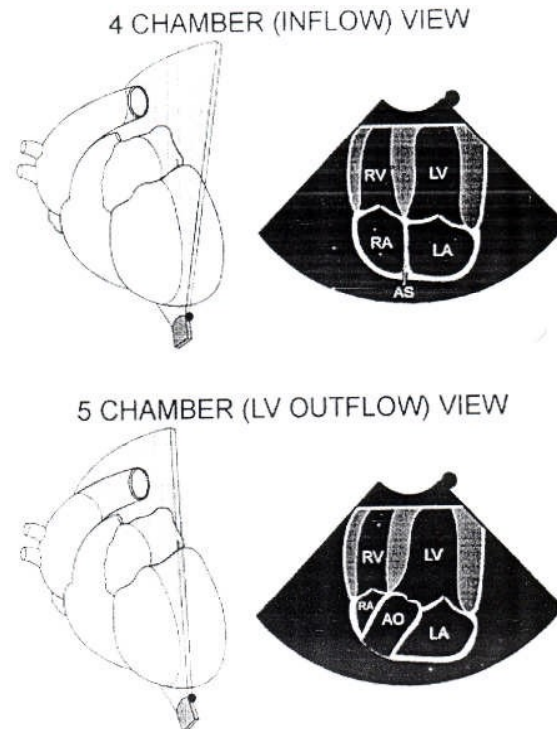


Figura 16: Posición paraesternal caudal izquierda (apical). Aorta (AO); septo auricular (AS); aurícula izquierda (LA); ventrículo izquierdo (LV); aurícula derecha (RA); ventrículo derecho (RV). (Fuente: Thomas W, Gaber C, Jacobs G. Recommendations for standards in transthoracic two-dimension echocardiography in dog and cat. J Vet Intern Med. 1993;7:247-52).

A.3.3.4.- Ecografía doppler.

La ecografía espectral doppler permite la evaluación de la velocidad del flujo de la sangre, su dirección dentro del corazón y de los grandes vasos por detección de cambios en la frecuencia del sonido entre el haz de células sanguíneas en movimiento. Por lo tanto se utiliza el Doppler Espectral para cuantificar la velocidad del flujo sanguíneo normal y anormal (1, 74, 84, 85).

La ubicación del transductor y los planos descritos para la imagen 2D se utilizan para la ecografía doppler. El flujo a través de la válvula atrioventricular y aorta son realizados desde la posición paraesternal izquierda. El flujo a través de la válvula pulmonar puede ser examinado desde la posición paraesternal izquierda o la derecha. La velocidad de flujo máxima puede ser estimada con una precisión razonable cuando el ángulo entre el haz de ultrasonidos y la trayectoria del flujo de sangre es inferior a 20 grados. Debido a que los patrones de flujo sanguíneo y velocidad pueden ser evaluados

por la formación de imágenes doppler, es posible la detección de las insuficiencias valvulares, estenosis valvular y derivaciones cardiacas (82).

La velocidad de flujo puede ser utilizada para determinar las diferencias de presión entre las cámaras o vasos, mediante la utilización de la ecuación de Bernuilli modificada.

$$P1-P2=4 (V2^2-V1^2).$$

Donde:

-P1 es la presión proximal a la lesión.

-P2 es la presión distal a la lesión.

-V1 es la velocidad proximal a la lesión.

-V2 es la velocidad distal a la lesión.

En animales pequeños, la velocidad de flujo en sístole de la región del tracto de salida y los grandes vasos son por lo general alrededor de 1m/seg. El flujo a través de la válvula atrioventricular en la fase diastólica muestra dos olas por encima de la línea de base, el denominado patrón M. La primera ola, la onda E que se produce en la fase diastólica temprana, corresponde a la fase positiva del ventrículo. La segunda ola, la onda A , es menor que la onda E y se produce en coincidencia con la contracción auricular a finales de la diástole. Normalmente la relación de la onda E con la onda A es mayor que uno. La velocidad máxima de llenado través de la válvula atrioventricular es por lo general menor de 1 m/seg y algo menos que la velocidad a través de la válvula semilunar en el mismo animal. Los flujos a través de las válvulas semilunares muestran una única señal por debajo de la línea base (flujo lejos del transductor). La forma de onda muestra poca diferencia entre el flujo pulmonar y aórtico (82). El flujo de la aorta comienza justo después del final del complejo QRS y termina justo después de la onda T en el electrocardiograma. El perfil de flujo aórtico muestra una apariencia asimétrica. Se compone de una fase rápida que es la fase de aceleración y una fase de deceleración. La fase de aceleración produce el pico con el primer tercio de la sístole. A diferencia del

flujo aórtico, se alcanza la velocidad máxima pulmonar aproximadamente a medio camino de la fase de eyección que hace que el perfil de flujo fuera más simétrico y de apariencia redonda (82).

La ecocardiografía doppler color de flujo proporciona una inspección visual de la dirección del flujo de sangre y la detección de flujo turbulento, incluyendo regurgitación valvular. El flujo de sangre en el mapeo de color es percibido por la máquina, cuando el flujo se mueve hacia la fuente de sonido se representa en tonos de rojo y si se aleja del transductor se asignan tonos de azul. El color puede variar de rojo oscuro para flujos de sangre lentos, a amarillo brillante para flujos sanguíneos rápidos hacia el transductor. Mientras que los tonos azules profundos se asignan a flujos lentos y los tonos azules claros o blancos a los flujos rápidos que se alejan del transductor (1, 75, 82).

A.3.3.5.- Ecocardiografía en hurones.

Encontramos dos estudios en hurones para determinar los valores ecocardiográficos normales:

- Stepien, R.L. y col. (2000) realizaron un estudio con 30 hurones normales adultos, los cuales fueron sedados con una combinación de ketamina y midazolam intramuscular, con el fin de determinar los valores ecocardiográficos en modo M y doppler (88). Los resultados obtenidos son mostrados en la siguiente tabla (Tabla 5).

Tabla 5: Valores ecocardiografía 2 dimensiones, modo M, doppler obtenidos en hurones adultos sanos sedados con ketamina y midazolán.

Variable	n	Mean (SD)
Age	30	2,3(1,0)
Weight (kg)	30	1,17(0,36)
HR (bpm)	29	273(31)
IVSd (cm)	30	0,36(0,07)
IVSs (cm)	30	0,48(0,11)
LVIDd (cm)	30	0,88(0,15)
LVIDs (cm)	30	0,59(0,15)
LVWd (cm)	30	0,42(0,11)
LVWs (cm)	30	0,58(0,99)
FS (%)	30	33(14)
EF(%)	27	69(19)
RVWd (cm)	27	0,12(0,03)
RVIDd (cm)	28	0,38(0,10)
LA diameter (cm)	26	0,71(0,18)
AO diameter (cm)	25	0,53(0,10)
LA:AO	26	1,33(0,27)
PA diameter (cm)	27	0,48(0,9)
Doppler HR(bpm)	29	280(32)
AO max (m/s)	25	0,89(0,20)
AO VTI (cm)	25	5,15(1,45)
AO CSA (cm ²)	25	0,23(0,08)
AO SV (ml)	21	1,19(0,60)
AO CO (ml/min)	21	330(185)
AO CI (ml/min/kg)	21	261(117)
PA max (m/s)	29	1,10(0,14)
PA VTI (cm)	29	6,70(1,05)
PA CSA (cm ²)	27	0,19(0,06)
PA SV (ml)	27	1,22(0,5)
PA CO (ml/min)	26	346(145)
Pa CI (ml/min/kg)	26	296(124)
Mitral E (m/s)	15	0,70(0,10)
Mitral A(m/s)	15	0,52(0,11)
Mitral E:A	15	1,38(0,32)

(IVSd) Grosor septo interventricular al final de la diástole, (IVSs) grosor septo interventricular al final de la sístole, (LVIDd) dimensión interna ventricular izquierda al final de la diástole, (LVIDs) dimensión interna ventricular izquierda al final de la sístole, (LVWd) grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la diástole, (LVWs) grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la sístole, (FS) fracción de acortamiento, (EF) fracción de eyección, (RVWd) grosor pared libre ventrículo derecho al final de la diástole, (RVWs) grosor pared libre ventrículo derecho al final de la sístole, (LA) diámetro en sístole aurícula izquierda, (AO) diámetro aorta en diástole, (PA) arteria pulmonar, (VTI) integral velocidad respecto al tiempo, (SV) volumen sistólico, (CI) índice cardiaco, (CO) salida cardiaca. (Fuente: Stepien R, Benson K, Wenzholz L. M-mode and Doppler echocardiographic findings in normal ferrets sedated with ketamine hydrochloride and midazolam. *Vet Radiol Ultrasound*. 2000;41:452-6).

- Vatenburg, M. y col. (2004) también realizaron otro estudio con hurones clínicamente sanos anestesiados con isoflurano para determinar los valores ecocardiográficos normales. No encontraron diferencias significativas entre hurones machos y hembras para los valores de las mediciones en modo M. Aunque la diferencia de peso corporal entre géneros es altamente significativa, tampoco se encontró correlación entre el peso corporal y las mediciones en modo M (86). Los valores que obtuvieron fueron los siguientes (Tabla 6).

Tabla 6: Valores ecocardiografía modo M, doppler para hurones sanos anestesiados con isoflurano.

Parameter	Value (Mean± SD)
IVSd (cm)	0.36 ± 0.07
IVSs (cm)	0.48 ± 0.11
LVWd (cm)	0.42 ± 0.11
LVWs (cm)	0.58 ± 0.99
LVIDd (cm)	0.88 ± 0.15
LVIDs (cm)	0.59 ± 0.15
FS (%)	33 ± 14
EF (%)	69 ± 19
LA (cm)	0.71 ± 0.18
AO (cm)	0.53 ± 0.10
LA/AO (ratio)	1.33 ± 0.27
PA diameter (cm)	0.48 ± 0.90
Right ventricular free wall end-diastole (cm)	0.12 ± 0.03
Right ventricular internal dimension end-diastole (cm)	0.38 ± 0.10
AO max (m/s)	0.89 ± 0.20
Pa max (m/s)	1.10 ± 0.14
Mitral E (m/s)	0.70 ± 0.10
Mitral A (m/s)	0.52 ± 0.11
Mitral E:A	1.38 ± 0.32

(IVSd) Grosor septo interventricular al final de la diástole, (IVSs) grosor septo interventricular al final de la sístole, (LVWd) grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la diástole, (LVWs) grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la sístole, (LVIDd) dimensión interna ventricular izquierda al final de la diástole, (LVIDs) dimensión interna ventricular izquierda al final de la sístole, (FS) fracción de acortamiento, (EF) fracción de eyección, (LA) diámetro en sístole aurícula izquierda, (AO) diámetro aorta en diástole, (PA) arteria pulmonar. (Fuente: Vatenburg M, Boroffka S, Schoemaker N. Echocardiographic measurements in clinically healthy ferrets anesthetized with isoflurane. *Vet Radiol Ultrasound*. 2004;45:228-32).

Las medidas estándar en modo M incluyen cambios en las dimensiones cardiacas, grosor de la pared y en los índices de función sistólica. En hurones con cardiomiopatía dilatada (DCM) hay un incremento del diámetro interno del ventrículo izquierdo en diástole y sístole (LVIDd, LVIDs), disminución de la fracción de acortamiento (FS), a menudo el atrium izquierdo está dilatado y con menor frecuencia se encuentra dilatado el ventrículo derecho (75). La cardiomiopatía hipertrófica (HCM) se caracteriza por un incremento del grosor del septum (IVSd, IVSs), de la pared libre ventricular izquierda (LVWd, LVWs) y disminución del diámetro interno del ventrículo izquierdo (LVIDd, LVIDs). Además la FS puede ser normal, incrementada o ligeramente disminuida en hurones con HCM. La enfermedad valvular adquirida se caracteriza por el incremento de la ecogenicidad en alguna válvula en los hurones mayores. La pared de la válvula mitral es la más comúnmente afectada pero su frecuencia no ha sido descrita. Encontrándose un incremento de la dimensión diastólica del ventrículo izquierdo pero la dimensión sistólica puede estar normal o ligeramente incrementada. La FS puede ser normal o incrementada en la enfermedad valvular porque encontramos una presión de regurgitación baja a través de las válvulas atrioventriculares. Además encontraremos regurgitación tricúspide o mitral utilizando métodos doppler color o onda pulsada (1, 75).

A.4.- ENFERMADAD CARDIOVASCULAR.

En hurones la enfermedad cardiovascular se observa con mayor frecuencia a partir de los 3 años de edad, siendo más común según avanza la edad. Las enfermedades cardiacas más comunes de mayor a menor frecuencia son las siguientes: la cardiomiopatía dilatada (DCM), la enfermedad valvular del corazón (VHD) y la miocardiopatía hipertrófica (HCM) (1, 2, 74, 89).

- La **cardiomiopatía dilatada (DCM)** es la enfermedad cardiaca más común en hurones (1, 2). Se diagnostica en el 80 % de los casos de hurones que presentan enfermedad cardiaca (2). Sus características clínicas son muy similares a las observadas en perros y gatos. Esta enfermedad provoca una dilatación del ventrículo izquierdo, ventrículo derecho o ambos, con disfunción sistólica global (1, 74). La causa de cardiomiopatía dilatada en hurones no se sabe todavía o es idiopática (1, 2, 74, 89). En humanos la cardiomiopatía dilatada puede ocurrir

como resultado de una enfermedad endocrina, viral, por tóxicos y deficiencias nutricionales. En los gatos la DCM es debida a deficiencias de taurina en la dieta. En humanos el 40 % de los casos de DCM tienen un origen genético al igual que en determinadas razas de perros. Se piensa que la cardiomiopatía dilatada idiopática en hurones puede estar asociada a factores genéticos pero todavía no hay ningún estudio que corrobore esta hipótesis (75). Los signos clínicos que pueden presentar son: hipotermia, soplo cardiaco, taquicardia, debilidad, ascitis, derrame pleural y edema pulmonar (1, 2, 74, 89). La cardiomiopatía dilatada se caracteriza por un incremento de la dimensión del ventrículo izquierdo y derecho por una disfunción del miocardio. Índices de función, tales como la FS están disminuidos e índices de tamaño cardiaco como el volumen al final de la diástole y sístole están incrementados. El grosor de la pared ventricular está disminuida a pesar del incremento en la masa cardiaca. La aurícula a menudo dilatada por un incremento de la presión de llenado del ventrículo izquierdo, disminución del flujo sanguíneo diastólico a través de la válvula mitral, posteriormente se produce una remodelación del miocardio por el incremento de presión y dilatación de la cámara. Un incremento en el trabajo de la cámara auricular promueve una dilatación de la cámara auricular y fatiga, siendo el factor inicial del fallo cardiaco congestivo (CHF). La aurícula izquierda dilatada y el fallo cardiaco congestivo son comúnmente consecuencias de cardiomiopatía dilatada y enfermedad valvular en hurones. EL CHF puede ser derecho con signos de efusión pleural, izquierdo produciendo edema pulmonar o ambos (75).

El diagnóstico se realiza mediante: auscultación (1), radiología (2) y ecocardiografía (3). (1) En la auscultación encontramos un galope S3 causado por un llenado rápido de un ventrículo izquierdo dilatado (75). (2) Radiológicamente se puede observar un aumento de la silueta cardiaca. La insuficiencia cardiaca congestiva es vista como derrame o edema pulmonar. En la radiografía abdominal podemos encontrar ascitis, hepatomegalia o esplenomegalia. (3) La ecocardiografía se utiliza para el diagnóstico definitivo de miocardiopatía dilatada. Los cambios ecográficos típicos son similares a los de otras especies. El ventrículo izquierdo aparece dilatado, con un aumento de la dimensión sistólica y la aurícula izquierda también está normalmente dilatada. La fracción de acortamiento, un índice de uso común en la función sistólica, está

reducida. Si el lado derecho del corazón está involucrado, el ventrículo derecho se dilata, el movimiento ventricular se reduce y como consecuencia la aurícula derecha se agranda. Cuando la enfermedad avanza encontramos regurgitación mitral y tricúspide secundaria a la dilatación del anillo valvular (1, 74). En la DCM se observa una hipocontractilidad de la pared libre del ventrículo izquierdo y septum ventricular izquierdo principalmente (2).

- La **enfermedad valvular del corazón (VHD)** es la segunda enfermedad cardíaca más común en hurones mayores (2, 75). Al igual que en perros se produce una fibrosis crónica y engrosamiento nodular de las válvulas atrioventriculares. La endocardiosis produce incompetencia valvular progresiva, con regurgitación de la sangre a través de la válvula cerrada y eventual insuficiencia cardíaca congestiva. No hay estudios que demuestren la incidencia de afectación valvular en hurones, pero se piensa que la válvula más afectada es la mitral al igual que en perros (75). Los signos clínicos varían según la gravedad subyacente de la enfermedad. El diagnóstico clínico se realizó mediante: auscultación (1), radiología (2) y ecocardiografía (3). (1) En la regurgitación mitral se auscultó un soplo sistólico sobre la región apical izquierda, la regurgitación tricúspide se auscultó en la ubicación paraesternal derecha y la insuficiencia aórtica rara vez se escucha en el examen físico. (2) La radiología torácica ofrece una impresión del tamaño cardíaco aumentado. Si la afección valvular es izquierda encontramos edema pulmonar con patrón intersticial aumentado en las regiones pulmonares caudodorsales. Sin embargo si la afección valvular es derecha encontramos derrame pleural y ascitis. (3) La ecocardiografía muestra engrosamiento de la válvula afectada y dilatación de la aurícula. La regurgitación puede ser identificada y cuantificada con el uso de la ecocardiografía Doppler. En hurones la regurgitación aórtica es un hallazgo accidental y rara vez es clínicamente significativo (1, 2, 75, 89).
- La **miocardiopatía hipertrófica** en hurones es una hiperplasia o engrosamiento de las fibras musculares del corazón, principalmente del ventrículo izquierdo. Hay un engrosamiento del septum y la pared libre del ventrículo izquierdo produciendo una disminución de la dimensión del ventrículo izquierdo, el cual

aumenta la presión pudiendo provocar un aumento de la aurícula izquierda (1, 2, 74, 89). Las causas de la miocardiopatía hipertrófica en hurones es desconocida (1, 2, 89). En gatos hay evidencias que la HCM tiene un origen genético, con aberraciones de ADN codificadas para telómeros acortados y la apoptosis de los miocitos con mínima inflamación causando disfunción del miocardio (75). El curso de la enfermedad es probable que sea similar a la de los gatos, en silencio hasta la aparición de CHF o se produce una repentina muerte del animal. Los signos clínicos son inapreciables hasta que aparece la insuficiencia cardiaca congestiva. El diagnóstico se realiza al igual que en otras enfermedades cardiacas por: auscultación (1), radiología (2) y ecocardiografía (3). (1) La auscultación revela arritmias y murmullos (galope S3). (2) En la radiografía torácica tan solo un 10 % de los casos de miocardiopatía hipertrófica en hurones presentan cardiomegalia (2). (3) Mientras que la ecocardiografía proporciona el diagnóstico definitivo. Se observa un engrosamiento de la pared libre del ventrículo izquierdo, del septum y disminución del diámetro del ventrículo izquierdo. La fracción de acortamiento puede ser normal o aumentada. La dilatación de la aurícula izquierda puede estar presente. Las alteraciones ecocardiográficas doppler pueden incluir turbulencias en el ventrículo izquierdo y regurgitación mitral (1, 2, 74, 89).

En hurones encontramos otras enfermedades cardiacas descritas en la bibliografía pero su frecuencia de aparición es muy pequeña, entre ellas encontramos miocarditis, neoplasias y filariosis (1, 2, 89).

A.5.- INFLUENCIA DE LOS DIFERENTES FÁRMACOS SOBRE LA FUNCIÓN CARDIORESPIRATORIA EN HURONES.

Existen distintos estudios al respecto. En 1997 se sedaron hurones con medetomidina, medetomidina-butorfanol, medetomidina-ketamina y medetomidina-butorfanol-ketamina, encontrando una mayor depresión cardiorespiratoria cuando aplicaron la combinación de medetomidina-butorfanol-ketamina (90). Posteriormente, en 1998 utilizaron diazepam, acepromacina y xilacina, obteniendo una presión arterial sistólica, saturación de oxihemoglobina y dióxido de carbono al final de la espiración (CO₂) muy similares en los tres medicamentos (91).

Asimismo, en otro estudio compararon los efectos sedantes y cardiorespiratorio en hurones al aplicarles diazepam-butorfanol, acepromacina-butorfanol y xilacina-butorfanol. Encontraron una recuperación significativamente menor en el grupo de hurones con la combinación acepromacina-butorfanol. Además se observó una frecuencia cardíaca menor en los hurones con xilacina-butorfanol, sin embargo en este grupo se siguió manteniendo una presión sistólica aceptable. La función ventilatoria fue más deprimida en los hurones tratados con la combinación de diazepam-butorfanol y xilacina-butorfanol que con la combinación de acepromacina-butorfanol (92).

Existe un trabajo en hurones anestesiados con tiletamina-zolazepam-xilacina y tiletamina-zolazepam-xilacina-butorfanol, en el que concluyeron que la frecuencia cardíaca no fue diferente entre las dos combinaciones, pero la presión arterial sistólica fue significativamente menor en el grupo de tiletamina-zolazepam-xilacina-butorfanol. También encontraron que la función respiratoria estuvo más deprimida con la combinación tiletamina-zolazepam-xilacina-butorfanol que con la otra combinación (93).

En otro trabajo en el cual se realizó un estudio cruzado en hurones para determinar los efectos sedantes y cardiorespiratorios por vía intramuscular de varios fármacos como: diazepam-butorfanol-ketamina, acepromacina-butorfanol-ketamina y xilacina-butorfanol-ketamina obtuvieron que la frecuencia cardíaca fue significativamente menor en el grupo de xilacina-butorfanol-ketamina pero la presión sistólica no fue diferente entre los tres grupos de tratamiento. Sin embargo, la función respiratoria estuvo más deprimida en el grupo diazepam-butorfanol-ketamina y xilacina-butorfanol-ketamina que en el grupo anestesiado con acepromacina-butorfanol-ketamina (94).

También encontramos en la bibliografía diferentes estudios en hurones para determinar los diferentes valores normales cardíacos desde el punto de vista radiológico, ecocardiográfico y electrocardiográfico. En todos estos estudios se utilizan diferentes fármacos para su realización entre los que encontramos las sedaciones con: ketamina-midazolam, butorfanol, isoflurano y ketamina-diazepam (20, 21, 86, 88). No mencionando (21) en ninguno de estos estudios alteraciones en sus valores cardiovasculares por haber sido anestesiados con estos compuestos.

Morrissey, J.K. y col. (2012) recomiendan la utilización de diferentes fármacos para la evaluación cardiovascular en hurones enfermos entre los que se encuentra el midazolam, butorfanol o la anestesia inhalatoria debido a las pequeñas alteraciones cardiorrespiratorias que producen (1).

A.6.- OsiriX.

A.6.1.- Evolución histórica OsiriX.

El proyecto OsiriX comenzó en noviembre del 2003 cuando el médico Antoine Rosset, radiólogo de Ginebra (Suiza), recibió una subvención del Fondo Nacional Suizo para explorar y aprender sobre imágenes médicas digitales en UCLA (Los Ángeles). Al principio, el objetivo del proyecto OsiriX era simplemente escribir un pequeño programa de software para convertir archivos de imágenes DICOM a un archivo de película Quick Time, con el fin de crear una base de datos de archivos para la enseñanza (95).

En junio de 2004 la primera versión de OsiriX fue lanzada en la página personal de Antoine Rosset. En esta etapa, sólo ofrecía una base de datos básica y un sencillo visor de imágenes médicas, sin funciones de post-procesamiento ni herramientas de medición. Pero eso fue suficiente para que fuera publicado en el *Journal of Digital Imaging* como un software de código abierto para navegar en imágenes DICOM multidimensionales (96). Fue entonces cuando se unió a la historia Joris Heuberger, un especialista en matemáticas e informática de Ginebra, siguiendo el proyecto OsiriX durante una beca de 6 meses en Los Ángeles (95).

En junio de 2005, durante la Conferencia Mundial de Desarrolladores de Apple (WWDC) en San Francisco, el equipo de OsiriX recibió dos prestigiosos premios Apple Design Awards: como mejor uso de código abierto y la mejor solución científica de Mac OS X. En 2009, OsiriX se convirtió en el observador oficial de DICOM para el Departamento de Radiología del Hospital Universitario de Ginebra, además en este mismo periodo se creó la Fundación OsiriX para promover la informática en medicina. Esta fundación sin fines de lucro ofrece subvenciones a los estudiantes para el desarrollo de software en medicina y organiza premios para estimular el desarrollo de la imagen digital y el post-procesamiento. En febrero de 2010, Antoine Rosset y Joris

Heuberger crearon la empresa Pixmeo para crear y distribuir una versión certificada (CE, FDA, ANVISA) de OsiriX llamada OsiriX MD. Hoy OsiriX tiene más de 12 años de éxito, con más de 300.000 usuarios y más de 20.000 descargas al mes. Siendo utilizado en más de 45 países en 350 instituciones (95).

A.6.2.- Software OsiriX.

Se trata de un software libre y de código abierto desarrollado por Rosset, A. y Osman, R. (2004), para el tratamiento de imágenes radiológicas en formato DICOM. Está desarrollado para la plataforma MacOS (Apple) y basado en la tecnología *Open-source* (Cocoa, VTK, ITK, Open GL..) (25, 96). Se diseñó como un software multidimensional para la visualización e interpretación de grandes conjuntos de imágenes multidimensionales y multimodales, como estudios combinados PET-CT. También se beneficia de las capacidades gráficas 3D extremadamente rápidas y optimizadas del estándar gráfico Open GL ampliamente utilizado para los juegos de ordenadores optimizados aprovechando cualquier placa de acelerador gráfico de hardware disponible. Además se implementó un dispositivo *job-wheel* ampliamente utilizado en la industria del cine y video, para permitir a los usuarios navegar en las diferentes dimensiones de un conjunto de imágenes mucho mas rápido. El programa se puede adaptar fácilmente a tareas muy específicas que requieren un número limitado de funciones, añadiendo y eliminando herramientas de la barra de herramientas del programa, evitando así un número abrumador de funciones innecesarias. Las herramientas de procesamiento y representación de imágenes del software se basan en las bibliotecas de código abierto ITK y VTK, esto asegura que todos los nuevos desarrollos en el procesamiento de imágenes que puedan surgir de otras instituciones académicas que usan estas bibliotecas puedan ser directamente portados al programa OsiriX (96).

Este software regularmente actualizado, se ha vuelto más y más eficiente, utilizándose actualmente en muchas investigaciones y hospitales de todo el mundo. En el formato DICOM, el software ofrece muchas posibilidades para el procesamiento de imágenes como (25):

- Técnicas de post-procesamiento modernas, tales como MPR (Reconstrucción Multiplanar), Rendimiento 3D (MIP, rendimiento de volumen y rendimiento superficial) (95).
- Generación de cortes en todos los planos del espacio en reconstrucción curvilínea 2D a tiempo real (25).
- Soporta la reconstrucción planar curvada (3D-MPR) para seguir órganos como la aorta y los bronquios (95).
- Fusión de imágenes multimodales (TDM-IRM-PET) (25).
- Segmentación de objetos 3D (25).
- Mediciones bidimensionales (ángulos, distancia, superficie) y tridimensional (volumen) (25).
- Visor 2D que puede agregar fácilmente las imágenes clave y la región de intereses (ROI) en las imágenes, incluidas las líneas, polígonos, bola 3D y guardarlos en la base de datos. También puede aplicar el filtro de convoluciones, como filtros de hueso o de pulmón (95).
- Exportar imágenes y animaciones 3D (25).
- Sistema de archivado y comunicación (PACS). Es decir, conexión a la red de un servicio de imágenes radiológicas y una base de datos QSL para almacenar e integrar todas las imágenes, pudiendo gestionar millones de imágenes sin problemas (25, 95).
- Realización de endoscopias virtuales (25).
- Navegar por la quinta dimensión, interfaz innovadora para la navegación multidimensional de imágenes multimodal. Es decir, a partir de la combinación de datos tridimensionales adquiridos con dos modalidades diferentes en el mismo sujeto, es posible adquirir, por ejemplo, imágenes dinámicas del corazón que late, que añaden una cuarta dimensión de información visual (la dimensión temporal). Además, las imágenes adquiridas en diferentes puntos durante el tránsito de un agente de contraste o durante diferentes fases funcionales añaden una quinta dimensión (datos funcionales) (97).
- Soporta también varios tipos diferentes de imágenes no DICOM, como archivos LSM, BioRadPIC, TIFF, ANALIZAR, PNG, JPEG, PDF, Quick Time, Avi, MPEG..... (95).

- Lee y muestra todos los tipos de archivos DICOM, producidos por modalidades de imagen médica, incluyendo imágenes producidas por escáneres, resonancia magnética, ultrasonidos o rayos X estándar (95).

Valeri, G. y col. (2015) propusieron un estudio para evaluar el uso de diferentes software de código abierto (OSS) para procesar imágenes DICOM. Para ello seleccionaron 23 programas para Windows y 20 programas para Mac de 150 posibles programas OSS, incluyendo visores DICOM. Los programas seleccionados cumplen todos los requisitos básicos como disponibilidad gratuita, aplicación independiente, presencia de interfaz gráfica de usuario, facilidad de instalación y funciones avanzadas más allá del simple monitor de pantalla. Las capacidades de importación de datos, exportación de datos, visor 2D, visualizador 3D, plataforma de soporte y funcionalidad de cada programa seleccionado se evaluaron en una escala que variaba de 1 a 10 puntos. Los resultados obtenidos fueron que doce programas recibieron una puntuación mayor o igual a ocho. Entre ellos, cinco obtuvieron una puntuación de nueve (3D Slicer, MedINRIA, MITK 3M3, Volview, VR Render) y mientras que OsiriX recibió una puntuación de 10. Llegando a las conclusiones de que OsiriX parece ser el único programa capaz de realizar todas las operaciones tomadas en consideración, permitiendo el análisis e interpretación de imágenes de forma sencilla e intuitiva. Además, OsiriX es una estación de trabajo DICOM PACS para imágenes médicas, imágenes de investigación, imagen funcional, imagen 3D, microscopía confocal e imagen molecular. Esta aplicación es también una buena herramienta para las actividades de enseñanza porque facilita el logro de los objetivos de aprendizaje entre los estudiantes y otros especialistas (98).

En la actualidad encontramos dos versiones del procesador de imágenes médicas OsiriX, OsiriX MD y el OsiriX Lite. Los dos software difieren fundamentalmente en que el OsiriX MD es un 80% más rápido y puede utilizar todos los *plugins* mientras que OsiriX Lite es gratuito y utiliza unas demo de muchas funciones del programa. Además encontramos un visualizador de imágenes DICOM completo para iOS, que puede acceder a imágenes médicas, descargarlas y manipularlas con su iPhone o iPad (95). Chodhri, A. y Radvany, M. publicaron en 2011 la experiencia inicial con un dispositivo portátil de imágenes digitales y comunicaciones en medicina mediante el OsiriX móvil para iPhone (99).

A.6.3.- OsiriX en la investigación científica.

Más de 1000 artículos científicos usan o citan OsiriX como una estación de trabajo de imágenes médicas (95). La mayor parte de los artículos científicos son de medicina humana, así que cabe destacar artículos como: Planificación neuroquirúrgica utilizando el software OsiriX (26); Planificación preoperatoria 3D en ER con OsiriX®: cuando no hay tiempo para la neuronavegación(27); OsiriX, una herramienta útil para procesar imágenes tomográficas en pacientes con fractura facial (28); Eficacia y confiabilidad del software DICOM de código abierto de alta funcionalidad (OsiriX) en cirugía de columna vertebral (29); Mediciones cuantitativas del músculo paraespinal: confiabilidad inter-software y concordancia con OsiriX e ImageJ (30); Rápido desarrollo de herramientas de investigación de análisis de imágenes: Reducir la brecha entre el investigador y el clínico con OsiriX (31); El papel de la endoscopia virtual basada en OsiriX en la planificación de la cirugía transesfenoidal endoscópica para el adenoma pituitario (32); Reconstrucción de imagen tridimensional con software libre OsiriX de código abierto en lobectomía toracoscópica video-asistida y segmentectomía (33); Validación de imágenes de tomografía computarizada reconstruida en 3D utilizando el software OsiriX® para el dimensionamiento del anillo aórtico en la implantación de la válvula aórtica pre-transcatéter (34); Broncoscopia virtual usando OsiriX (35).

En veterinaria encontramos un artículo en la bibliografía desarrollado por Leblond, G. y col. (2016) para la descripción y validación de un nuevo método de planificación prequirúrgica en 3D utilizando OsiriX™, con el fin de establecer corredores de implantes óptimos para la estabilización atlantoaxial ventral canina. Llegando a la conclusión que OsiriX podría utilizarse con éxito para simular posiciones óptimas de implante en todos los caso (36).

En todos los artículos mencionados con anterioridad destacan que OsiriX representa una alternativa asequible a los sistemas especialmente diseñados, ofreciendo datos fiables e imágenes de buena calidad. Además permite a los cirujanos realizar simulaciones preoperatorias y mejorar la precisión y seguridad de las cirugías. También resaltan la gran fiabilidad del software OsiriX para su utilización tanto en el campo de la medicina como de la investigación (26-36).

III. Material y Método

A.- MATERIAL.

A.1.- Material animal.

Para el estudio prospectivo del tamaño cardíaco, se utilizaron 40 hurones sanos pertenecientes a la población europea. Todos ellos pacientes del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Extremadura por motivos no relacionados con patología alguna.

A.2.- Material experimental.

En este estudio se ha empleado:

- Fonendoscopio LittmanNTM Classic II pediátrico/ neonatal.
- Báscula Electrónica EOS KERN.
- Jaula de contención 45x30x30cm.
- Ecógrafo Philips[®] Medical Systems, modelo HD11XE y sonda sectorial de 4 a 12 MHz.
- Aparato de rayos X Philips (OP80).
- Sistema Kodak DirectView CR500 y procesadas en el software Kodak DirectView CR500 System versión 4,5 Software veterinario 2.1.
- Chasis Kodak DirectView CR 500 Casste (24x30cm).
- Software para el tratamiento de imágenes médicas “OsiriX MD”.

B.- MÉTODO.

B.1.- Justificación del método.

La enfermedad cardiaca está presente con una mayor incidencia en hurones de mediana edad, sobre los 3 años, pudiéndose confundir los signos clínicos con los de otras enfermedades (1, 2, 74).

Al igual que otras especies, un supuesto diagnóstico de enfermedad cardiaca puede estar basado en la historia clínica y en el examen físico pero un definitivo diagnóstico de enfermedad cardiaca requiere datos objetivos como: electrocardiografía, radiografía torácica y ecocardiografía (1, 74).

Debido a la naturaleza inquieta de estos animales, la radiografía torácica puede ser considerada como la prueba objetiva más sencilla de realizar para el diagnóstico de la enfermedad cardiaca.

La utilización del software para el tratamiento de imágenes médicas “OsiriX MD”, se ha vuelto más y más eficiente, utilizándose actualmente en muchas investigaciones y hospitales de todo el mundo (25). Ofreciendo muchas posibilidades para el tratamiento de imágenes, no sólo nos permite la visualización de la imagen radiográfica, sino que al mismo tiempo podemos utilizar sus múltiples herramientas para la realización y búsqueda de índices cardiacos radiográficos que permitan conocer los límites normales en esta especie, de modo que ayuden en el diagnóstico de enfermedad cardiaca en el hurón doméstico.

Mediante la utilización de OsiriX se pretende: validar los índices cardiacos previamente establecidos en hurones por otros autores en nuestra población de hurones europeos, la adaptación de diferentes índices cardiacos establecidos en otras especies y la búsqueda con las nuevas herramientas que nos permite el software de nuevos índices cardiacos más rápidos y efectivos. Por todo ello, hemos llevado a cabo este estudio con el fin de facilitar y mejorar la actividad clínica veterinaria.

B.2.- Criterios de inclusión de pacientes en el estudio.

Los pacientes que se han incluido en este estudio han sido escogidos entre todos aquellos hurones de la población europea sanos que llegaron a la consulta del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Extremadura.

La edad mínima de los hurones fue de 6 meses, ya que es la edad en la cual adquieren su tamaño de adultos y alcanzan la madurez sexual (50). Posteriormente fueron evaluados para descartar cualquier individuo que padeciera alguna enfermedad cardíaca mediante la auscultación y ecocardiografía.

Por otra parte, también se han excluido del trabajo a aquellos pacientes que, previa evaluación de su estado cardíaco, padecieran algún proceso patológico que pudiera influir en su estado cardiovascular, para no interferir en el estudio de la normalidad del tamaño cardíaco.

B.3.- Método empleado.

En el momento de recibir al animal en la consulta se procede a la elaboración de un historial clínico, se explica al propietario el fin del estudio y se solicita el consentimiento informado para proceder a la realización del estudio del tamaño cardíaco.

Tras realizar su exploración física, se procede a la primera evaluación del estado cardiovascular mediante el proceso de auscultación. Este se realiza con el fonendoscopio Littmann™ Classic II pediátrico/neonatal.

Todos los pacientes fueron auscultados a ambos lados de la pared torácica. La auscultación cardíaca se realizó entre el 6º y 8º espacio intercostal en la pared torácica izquierda para la valoración de la válvula mitral, la válvula pulmonar y el área de la válvula aórtica. Para la valoración de la válvula tricúspide, el estetoscopio se colocó en el lado derecho del tórax sobre el PMI de la válvula tricúspide (56, 69). Se evaluaron los ruidos, el ritmo y la frecuencia cardíaca. La intensidad del soplo se clasificó en 6 grados (67, 68, 72, 73):

- Soplo grado 1/6- es el murmullo menor que puede ser detectado y se oye sólo con un esfuerzo particular.
- Soplo grado 2/6- es un murmullo débil que se escucha claramente después de unos segundos de auscultación por un examinador experimentado.
- Soplo grado 3/6- murmullo moderadamente alto y se escucha fácilmente.
- Soplo grado 4/6- es un murmullo fuerte que no produce un frémito palpable.
- Soplo grado 5/6- es un murmullo muy fuerte que produce un frémito pero es inaudible cuando el estetoscopio es retirado de la pared del tórax.
- Soplo grado 6/6- es un murmullo muy fuerte que produce un frémito todavía audible aunque el estetoscopio se retire de la pared torácica.

Posteriormente, el animal se introduce en una jaula de contención para gatos y se pesa en una báscula electrónica modelo ken EOE. Se realiza la sedación del animal dependiendo de su estado de agresividad e inquietud. Los fármacos utilizados fueron: butorfanol, butorfanol-acepromacina y acepromacina-buprenorfina debido a sus bajos efectos cardiovasculares (1, 92).

Una vez sedado, se procede a la segunda evaluación del estado cardiovascular mediante la realización de una ecocardiografía. Se utilizó un ecógrafo Philips® Medical Systems, modelo HD11XE, usando una sonda sectorial de 4 a 12 MHz. Los valores de referencia utilizados fueron los establecidos por los autores (Stepien, R.L. y col., 2000; Vatenburg M. y col., 2004) (86, 88) (Anexo 1; Anexo 2).

Una vez evaluado su estado cardiovascular, los hurones sanos son sometidos a la realización de las radiografías torácicas. Durante todo este procedimiento el animal continúa bajo los efectos de la sedación. El aparato de rayos X utilizado fue el Philips (OP80) y la técnica empleada en todas las radiografías fue de 66 KVp y 6 mAS con una distancia foco-película de 1 m. Siempre con el chasis encima de la mesa (modelo Kodak DirectView CR500 Cassette 24x 30 cm).

Las proyecciones realizadas a cada individuo fueron: latero-lateral derecha (RL), latero-lateral izquierda (LL), ventrodorsal (VD) y dorsoventral (DV). Las imágenes fueron repetidas hasta conseguir las radiografías más perfectas posibles para cada hurón.

El posicionamiento del animal para la realización de las proyecciones laterolaterales derecha e izquierda, se realizó colocando al animal en el decúbito lateral correspondiente. Después se estiraron los miembros torácicos hacia craneal y los pelvianos hacia caudal, con una leve inclinación de unos 45° con respecto al chasis. Eso es debido a que la cavidad torácica de los hurones es elongada y aplanada dorsoventralmente. En las proyecciones dorsoventral y ventrodorsal, el animal es colocado en decúbito esternal o dorsal respectivamente. Estirando sus extremidades anteriores cranealmente y sus extremidades posteriores caudalmente (Figura 17).

Finalizada la realización de las radiografías, los chasis son revelados en el sistema Kodak DirectView CR500 y procesadas en el software Kodak DirectView CR500 System versión 4,5 Software veterinario 2.1.

Tras ser procesadas las imágenes son enviadas en formato DICOM al software para el tratamiento de imágenes médicas OsiriX MD. Mediante este software y la utilización de sus diferentes herramientas (ROIs) (Figura 17) realizaremos las posteriores medidas de nuestro estudio.

Inicialmente se realizó una evaluación de los diferentes ROIs del software con el fin de establecer cuales son las herramientas que nos proporcionan una mayor utilidad a la hora de establecer las medidas, además de la posibilidad de establecer nuevas medidas cardiacas más rápidas y eficaces. Los ROIs seleccionados fueron:

- Longitud: este ROI permite dibujar una línea recta. Indica la longitud del punto A al punto B en cm. Esta herramienta fue utilizada para la realización de la mayor parte de las medidas de este estudio.
- EJE: esta herramienta realiza un polígono tras la unión de 4 puntos unidos por líneas rectas. Tras su finalización nos da la superficie del polígono en centímetros cuadrados.

- Polígono abierto: mediante este ROI el programa nos deja colocar los puntos mediante un clic que se utilizarán para crear un polígono. Se puede usar para encontrar longitudes abstractas o delinear ciertas estructuras, que al unir el último punto con el inicial nos muestra una superficie del polígono construido expresado en centímetros cuadrados.

Estos dos últimos ROIs fueron utilizados para crear nuevas medidas cardiacas (Áreas cardiacas) en nuestro trabajo. El resto de ROIs del software fueron descartados por no encontrar utilidad en la búsqueda de nuevos índices cardiacos o encontrar dificultades para la realización de estos mismos.

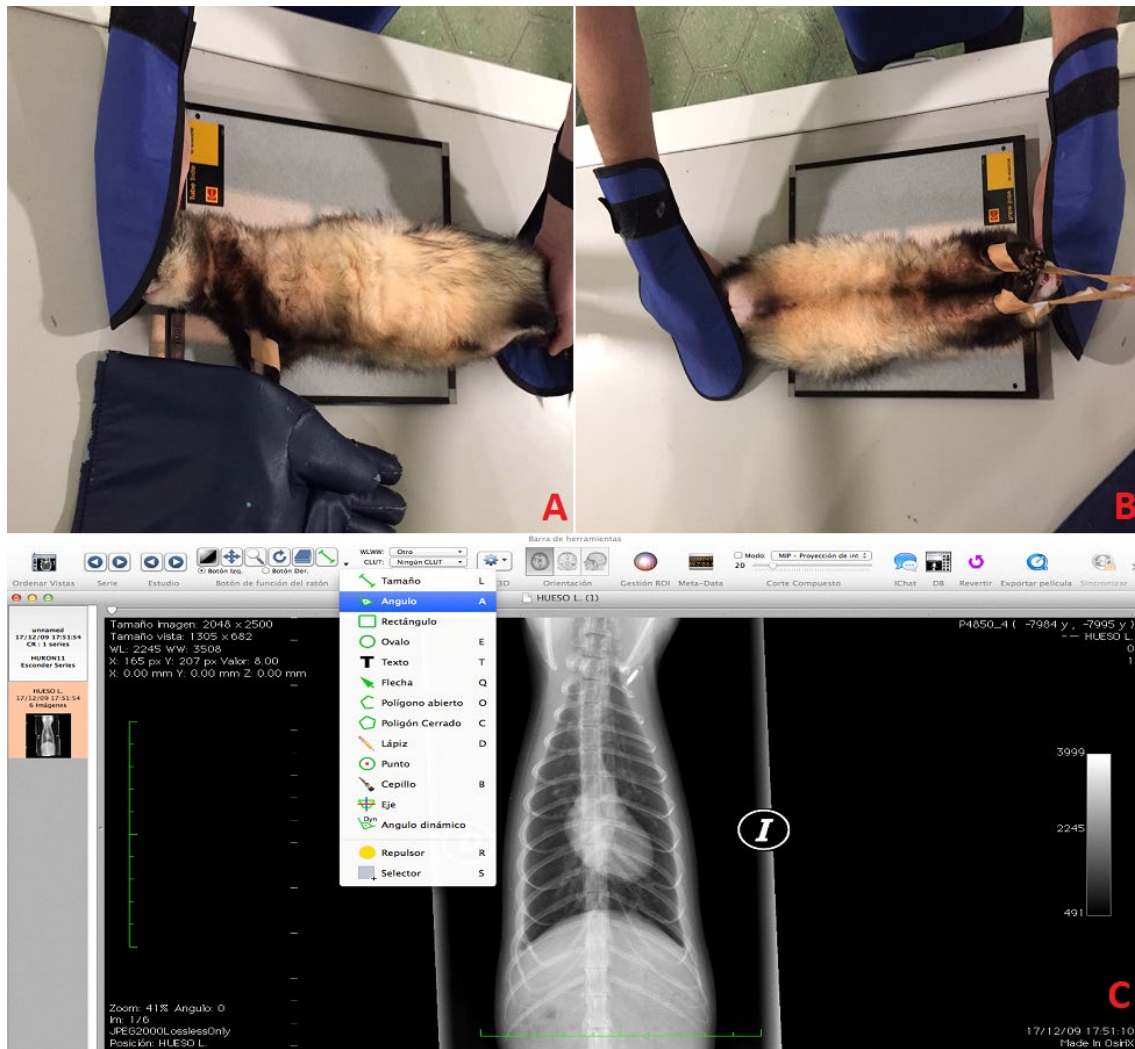


Figura 17. Posicionamiento para la realización de la proyección latero-lateral derecha (A) y proyección ventrodorsal (B) de un hurón. La imagen (C) muestra de las diferentes herramientas (ROIs) del software para el tratamiento de imágenes médicas OsiriX MD.

B.4.- Descripción de las variables de estudio.

1. Edad: esta variable contiene las edades de todos los pacientes medidas en años. Solamente se han incluido en este estudio los pacientes con edades iguales o superiores a 6 meses (edad a partir de la cual alcanzan la madurez sexual y su tamaño de adulto) (50).

2. Peso: en esta variable se recoge el peso real en kilogramos de cada individuo.

3. Sexo: para esta variable se realizó la distinción entre machos y hembras. No se tuvo en cuenta si el animal está castrado o no.

4. Sedación: el tipo de sedación fue seleccionado en función de la manejabilidad del individuo. Todos los fármacos utilizados en el estudio producen poca influencia sobre la función cardiopulmonar en hurones. En este parámetro se formaron 3 grupos en función de los fármacos empleados:

- Butorfanol.
- Butorfanol y acepromacina.
- Acepromacina y buprenorfina .

5. Eje largo cardíaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-LA , LL-LA): longitud del corazón desde el borde ventral de la bifurcación de la tráquea (carina) hasta el ápice del corazón en la proyección latero-lateral derecha e izquierda expresado en centímetros. Esta dimensión refleja el tamaño combinado de la aurícula y el ventrículo izquierdo (3).

6. Eje corto cardíaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-SA, LL-SA): la anchura máxima del corazón medido en el tercio medio perpendicular a la medida del eje largo cardíaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda expresado en centímetros. Esta medida incluye cámaras izquierda y derecha del corazón en la región del surco coronario (3).

7. Eje largo cardíaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-LA, DV-LA): longitud del corazón medido desde la mitad del borde craneal de la silueta cardíaca hasta el ápice en la proyección ventrodorsal y dorsoventral expresado en centímetros (3).
8. Eje corto cardíaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-SA, DV-SA): el ancho del corazón medido en el tercio medio perpendicular al eje largo cardíaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral expresado en centímetros (3).
9. Longitud de T5-8 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-T5-8, LL-T5-8): longitud total de las cuatro vértebras medidas desde el borde craneal de T5 al borde caudal de T8 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda expresado en centímetros (Figura 18) (20).
10. Longitud de T5-8 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-T5-8, DV-T5-8): en la vista radiográfica VD y DV la medida del cuerpo vertebral de T5-8 son determinadas de la misma forma mencionadas para la vista latero-lateral y expresado en centímetros (Figura 18) (20).
11. Suma (L+W) en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-L+W, LL-L+W): la suma del eje largo y el corto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda expresada en centímetros (20).
12. Suma (L+W) en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-L+W, DV-L+W): la suma del eje largo y el corto en la proyección ventrodorsal y dorsoventral expresada en centímetros (20).
13. RATIO en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL.RATIO, LL.RATIO, VD.RATIO y DV.RATIO): suma de las medidas del eje largo y el corto comparado con la medida de T5-8 en la misma visión, usando las proyecciones latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (20).

14. Índice vertebral cardíaco de Stepien (VHS.S) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL-VHS.S, LL-VHS.S, VD-VHS.S y DV-VHS.S): la longitud del eje largo y el eje corto fueron comparadas con longitudes vertebrales, empezando por el borde craneal de T5 y estimado con una precisión de 0,25 vértebras (en vez de 0,1 vértebras utilizada por Buchanan (3)). La suma del eje corto (SA) y el eje largo (LA) expresado en unidades vertebrales, determina el tamaño vertebral cardíaco (VHS) en cada proyección (Figura 18) (20).

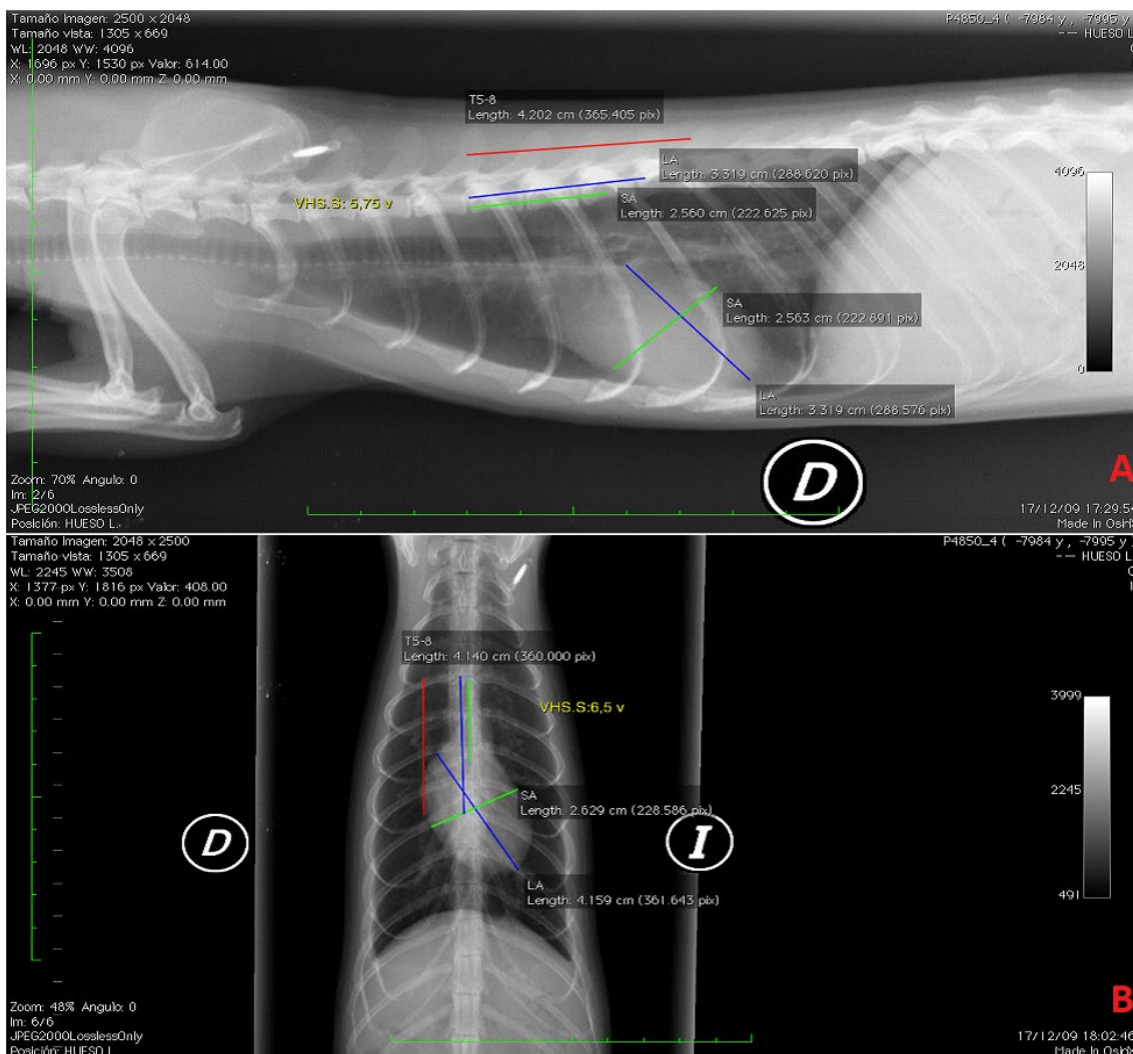


Figura 18. Imagen radiográfica en la proyección latero-lateral derecha (RL) y ventrodorsal (VD) del tórax normal de un hurón macho (A,B). Las radiografías muestran medidas de la silueta cardíaca. Eje largo cardíaco (LA), eje corto cardíaco (SA), longitud de T5-8 (T5-8) e índice vertebral cardíaco de Stepien (VHS.S).

15. Longitud de la sexta vértebra dorsal en la proyección latero-lateral derecha (RL-6thDV): longitud del cuerpo vertebral de la sexta vértebra torácica medida desde el borde craneal de T6 al borde caudal de la misma vértebra en la vista latero-lateral derecha expresado en centímetros (21).

16. Longitud de T6-12 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-T6-12, LL-T6-12): longitud total de las siete vértebras medidas desde el borde craneal de T6 al borde caudal de T12 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda expresado en centímetros (Figura 19).

17. Longitud de T6-12 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-T6-12, DV-T6-12): en la vista radiográfica VD y DV la medida del cuerpo vertebral de T6-12 son determinadas de la misma forma mencionada para la vista latero-lateral y expresado en centímetros (Figura 19).

18. Longitud de la octava costilla izquierda en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-LEC, DV-LEC): para esta variable se realizó la medida en centímetros desde el borde caudal de la cabeza de la octava costilla izquierda hasta el borde caudal del cuerpo de esa misma costilla a su paso por el plano muscular en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (Figura 19) (21) .

19. Ancho del tórax a la altura de la octava vértebra torácica en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-8thTV, DV-8thTV): en esta variable se realizó la medida del ancho del tórax a la altura de la mitad de la octava vertebra torácica en la proyección ventrodorsal y dorsoventral expresado en centímetros (Figura 19) (21).

20. RATIO1 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD.RATIO1, DV.RATIO1): medida de la longitud de la octava costilla izquierda comparado con el eje corto cardiaco en la misma visión, usando las proyecciones ventrodorsal y dorsoventral (VD-LEC/VD-SA, DV-LEC/DV-SA) (21).

21. RATIO2 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD.RATIO2, DV.RATIO2): para este parámetro se toma el ancho del tórax a la altura de la octava vértebra torácica comparado con la medida del eje corto cardiaco en la misma visión, usando las vistas ventrodorsal y dorsoventral (VD-8thTV/ VD-SA, DV-8thTV/ DV-SA) (21).

22. Índice vertebral cardíaco de Onuma (VHS.O) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL-VHS.O, LL-VHS.O, VD-VHS.O y DV-VHS.O): se realiza sumando los valores obtenidos de las medidas LA y SA, después contamos las vértebras torácicas a partir del lado cefálico de la sexta vértebra torácica correspondientes a la longitud obtenida en cada proyección y estimado con una precisión de 0,1 vértebras al igual que el estudio original de Buchanan (3) (Figura 19) (21).

23. Longitud de T4-7 en la vista latero-lateral derecha e izquierda (RL-T4-7, LL-T4-7): longitud total de las cuatro vértebras medidas desde el borde craneal de T4 al borde caudal de T7 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda expresado en centímetros (Figura 20).

24. Longitud de T4-7 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-T4-7, DV-T4-7): en la vista radiográfica VD y DV la medida del cuerpo vertebral de T4-7 son determinadas de la misma forma mencionadas para la vista lateral y expresado en centímetros (Figura 20).

25. Índice vertebral cardíaco de Buchanan (VHS.B) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL-VHS.B, LL-VHS.B, VD-VHS.B y DV-VHS.B): para esta variable la medida del eje largo y el eje corto, se vuelven a colocar a lo largo de la columna vertebral comenzando en el borde craneal de la cuarta vértebra torácica (T4). El tamaño del corazón como el número de vértebras se estima con una precisión de 0,1 vértebras. La suma del eje corto (SA) y el eje largo (LA) expresado en unidades vertebrales, determina el tamaño cardíaco vertebral (VHS) en cada proyección. Esta medida toma como directrices las del estudio original realizado por Buchanan, J.W. y Bücheler, J. (1995) en perros (3) (Figura 20).

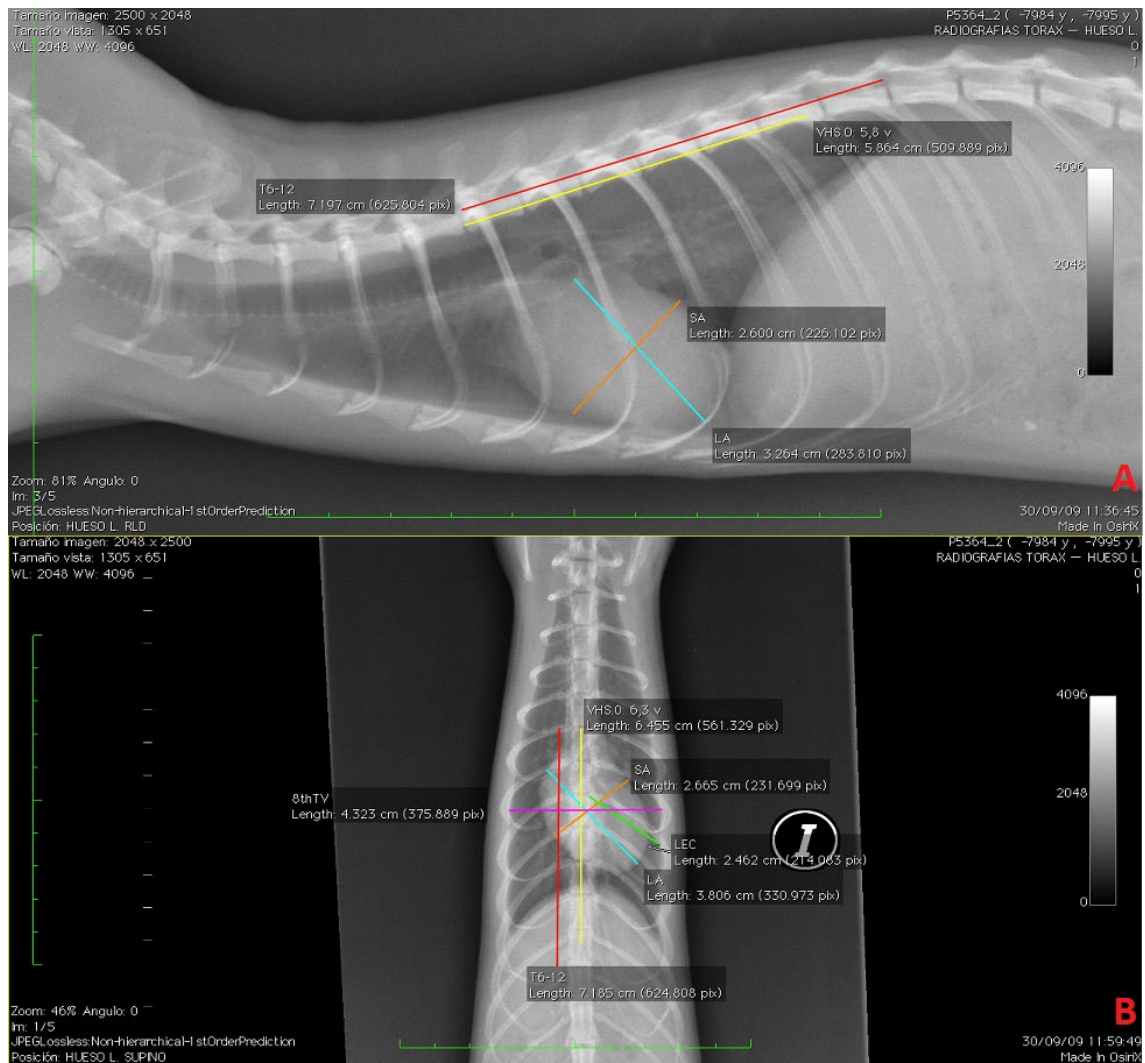


Figura 19. Imagen radiográfica en la proyección latero-lateral derecha (RL) y ventrodorsal (VD) del tórax normal de un hurón macho (A,B). Las radiografías muestran medidas de la silueta cardiaca. Eje largo cardiaco (LA), eje corto cardiaco (SA), longitud de T6-12 (T6-12), longitud de la octava costilla izquierda (LEC), ancho del tórax a la altura de la octava vértebra torácica (8 thTV) e índice vertebral cardiaco de Onuma (VHS.O).

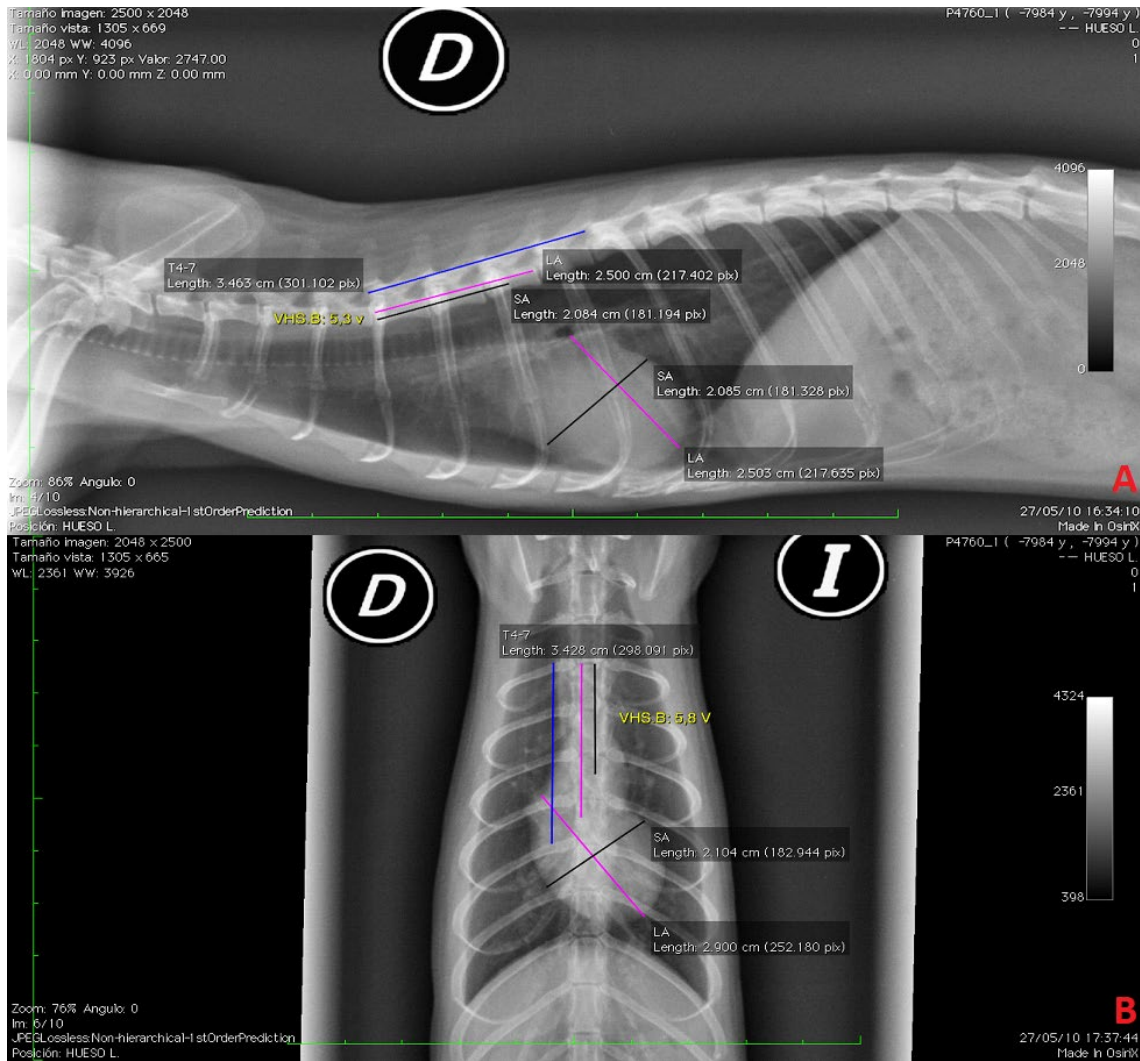


Figura 20. Imagen radiográfica en la proyección latero-lateral derecha (RL) y ventrodorsal (VD) del tórax normal de un hurón hembra (A,B). Las radiografías muestran medidas de la silueta cardíaca. Eje largo cardíaco (LA), eje corto cardíaco (SA), longitud de T4-7 (T4-7) e índice vertebral cardíaco de Buchanan (VHS.B).

26. Longitud esternebbras 4-7 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ESTERNEBRAS 4-7, LL-ESTERNEBRAS 4-7): longitud total de las 4 esternebbras medidas desde el borde craneal de la cuarta esternebra al borde caudal de la séptima esternebra en la proyección latero-lateral derecha e izquierda expresado en centímetros (Figura 21).

27. Número de esternabreas del eje largo en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-LA-ESTERNEBRAS, LL-LA-ESTERNEBRAS): para este parámetro la medida del eje largo se vuelve a colocar a lo largo de las esternabreas comenzando por la mitad del borde craneal de la cuarta esternebra. Después contamos el número de esternabreas estimando con una precisión de 0,1 esternabreas para cada proyección. Siendo la medida expresada en unidades esternebrales.

28. Número de esternabreas del eje corto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-SA-ESTERNEBRAS, LL-SA-ESTERNEBRAS): esta variable se realiza tomando la medida del eje corto y contamos el número de esternabreas comenzando por la mitad del borde craneal de la cuarta esternebra para cada proyección. Esta medida fue estimada con una precisión de 0,1 esternabreas y expresada en unidades esternebrales.

29. Índice esternebraal cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-SHS, LL-SHS): para esta variable la medida del eje largo y el eje corto, se vuelven a colocar a lo largo del esternón comenzando en el borde craneal medio de la cuarta esternebra (S4). El tamaño del corazón como el número de esternabreas se estima con una precisión de 0,1 esternabreas. La suma del eje corto (SA) y el eje largo (LA) expresado en unidades esternebrales, determina el tamaño esternebraal cardiaco (SHS) en cada proyección. La medida es expresada en unidades esternebrales.

Consideraciones para la realización de la medida:

- Se excluyeron la primera, segunda y tercera esternebra. La primera esternebra debido a variaciones de tamaño y forma entre individuos. La segunda y tercera esternebra por distinto tamaño y diferentes grados de inclinación producidos por la conformación del tórax de los hurones.
- Realizamos la medida por la mitad de la esternebra porque así se disminuye la separación entre esternabreas y debido a que ventralmente se encuentra la unión costal no permitiendo distinguir el borde craneal de la esternebra.
- Si al realizar la medida del eje corto y el eje largo expresado en esternabreas queda en el centro de la articulación esternocostal se considera que la medida corresponde a la esternebra más caudal; en cambio, si contacta con el borde craneal de la esternebra ya es considerada 0,1 esternebra más (Figura 21).

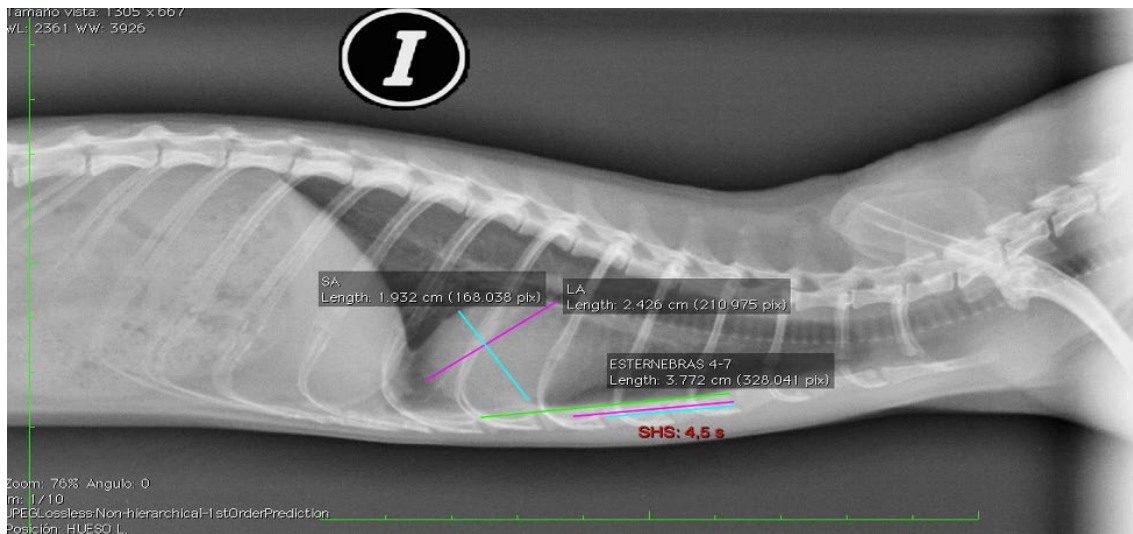


Figura 21. Imagen radiográfica en la proyección latero-lateral izquierda (LL) del tórax normal de un hurón hembra. Las radiografía muestra medidas de la silueta cardiaca. Eje largo cardiaco (LA), eje corto cardiaco (SA), longitud esternos 4-7 (ESTERNEBRAS 4-7) e índice esternobral cardiaco (SHS).

30. Diámetro vena cava caudal (CVC): el mayor diámetro del CVC que no se superpone al corazón o al diafragma. Se midió perpendicularmente al eje largo del vaso, entre el séptimo y octavo espacio intercostal, según visualización de la vena cava caudal. Esta medida se realizó en decúbito lateral izquierdo y fue expresada en centímetros (Figura 22).

31. Longitud del cuerpo vertebral séptima torácica (T7): longitud de la séptima vértebra torácica medida a mitad del cuerpo desde el borde craneal de T7 al borde caudal de la misma vértebra en la vista latero-lateral izquierda expresado en centímetros. Este parámetro fue elegido por su facilidad de localización, ya que corresponde con la vértebra torácica a nivel de la bifurcación de la tráquea (Figura 22).

32. Diámetro de la séptima costilla derecha en la proyección latero-lateral izquierda (R7): diámetro de la séptima costilla torácica derecha justo ventral a la columna vertebral y expresada en centímetros (Figura 22).

33. Ratio CVC/T7: esta variable se realiza con el diámetro de la vena cava caudal (CVC) comparado con la longitud del cuerpo vertebral de la séptima vertebra torácica en la misma visión, usando la proyección latero-lateral izquierda (CVC/T7) (Figura 22).

34. Ratio CVC/R7: diámetro de la vena cava caudal (CVC) comparado con el diámetro de la séptima costilla torácica derecha en la proyección latero-lateral izquierda (CVC/R7) (Figura 22).

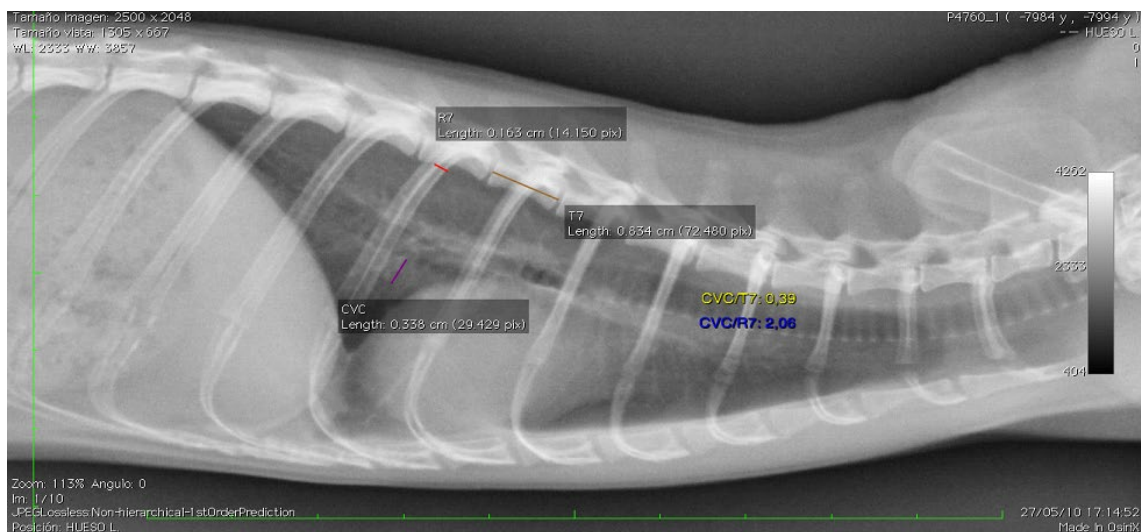


Figura 22. Imagen radiográfica en la proyección latero-lateral izquierda (LL) del tórax normal de un hurón hembra. Las radiografía muestra medidas de diferentes estructuras anatómicas. Longitud del cuerpo vertebral séptima torácica (T7), diámetro de la séptima costilla derecha (R7), diámetro vena cava caudal (CVC), Ratio CVC/T7 y Ratio CVC/R7.

35. Longitud de T1-14 en la proyección latero-lateral derecha (MEDIDA-VERTEBRAL T1-14): esta variable expresa la longitud total de las catorce vértebras torácicas medidas desde el borde craneal del cuerpo vertebral de T1 al borde caudal de T14 en la vista latero-lateral derecha expresada en centímetros.

36. Medida área cardiaca eje en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ÁREA-EJE, LL-ÁREA-EJE): este parámetro se realiza mediante la utilización del ROI Eje software OsiriX. Para su realización se colocan 4 puntos como si fueran el Eje largo cardiaco (LA) y el Eje corto cardiaco (SA) de la siguiente manera: el primer punto se coloca en el borde ventral de la bifurcación de la tráquea, el segundo punto en el tercio medio perpendicular al eje largo cardiaco imaginario comenzando por el lado derecho del corazón, el tercer punto se realiza en el ápice del corazón para formar el eje imaginario (LA) y el cuarto punto en el tercio medio cardiaco del lado izquierdo del corazón formando el Eje imaginario (SA) con el segundo punto de esta medida. Tras su realización OsiriX nos da una superficie cardiaca expresada en cm^2 . Esta medida se basa en la hipótesis de las medidas del eje largo y eje corto cardiaco, que aumentarán cuando el hurón presente una patología cardiaca (Figura 23).

37. Área cardiaca eje en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-EJE, DV-ÁREA-EJE): esta variable se realiza mediante la utilización del ROI Eje software OsiriX. Para su realización se colocan 4 puntos como si fueran el Eje largo (LA) y el Eje corto (SA) en dichas vistas de la forma siguiente: el primer punto en la mitad del borde craneal de la silueta cardiaca, el segundo punto en el tercio medio del corazón perpendicular al eje cardiaco largo imaginario comenzando por el lado derecho del corazón, el tercer punto se realiza en el ápice del corazón para formar el eje imaginario (LA) y el cuarto punto en el tercio medio cardiaco del lado izquierdo del corazón formando el Eje imaginario (SA) con el segundo punto de esta medida. Como el parámetro anterior OsiriX nos dará una superficie cardiaca en cm^2 basándonos en la misma hipótesis (Figura 23).

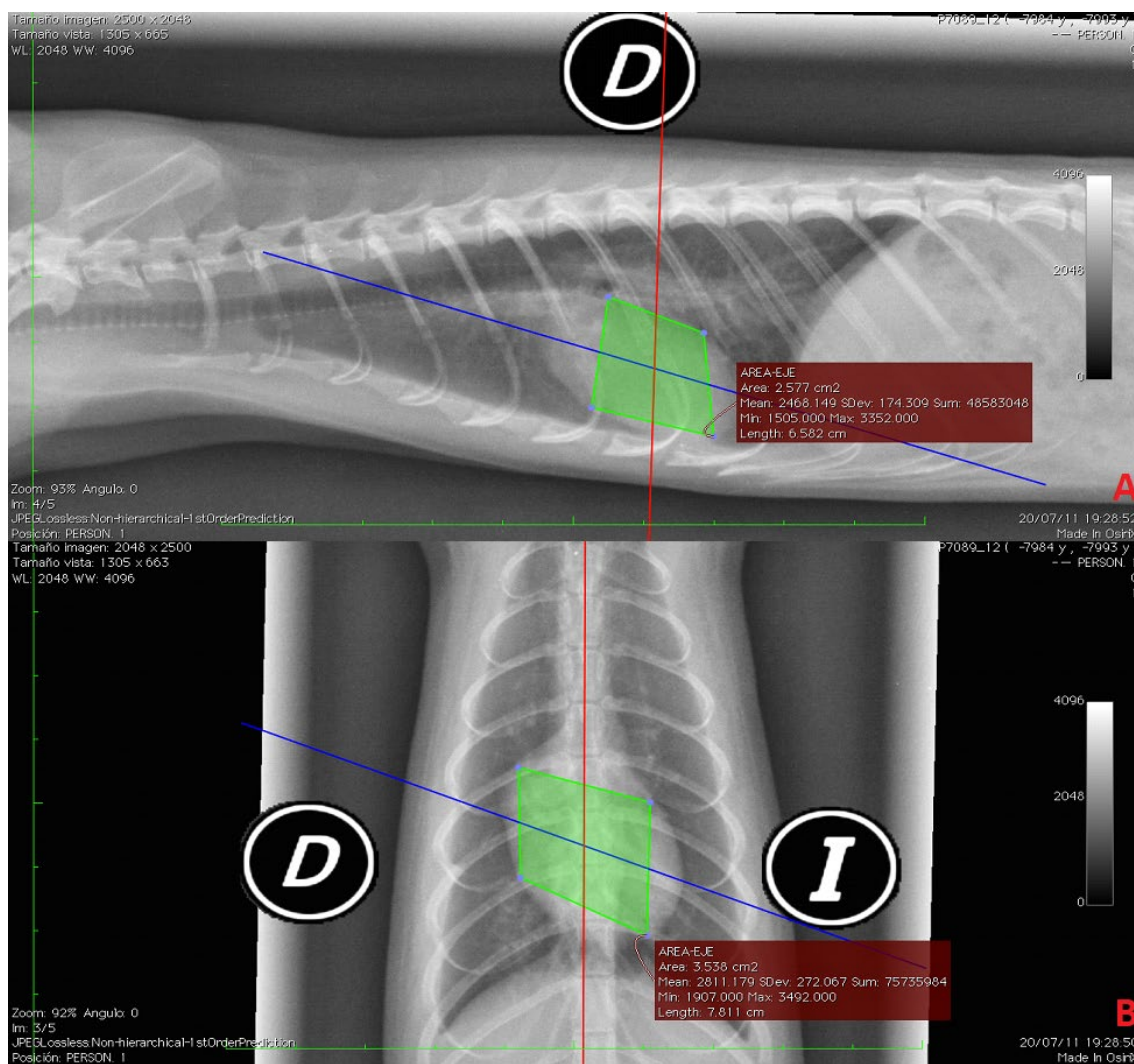


Figura 23. Imagen radiográfica en la proyección latero-lateral derecha (RL) y ventrodorsal (VD) del tórax normal de un hurón hembra (A,B). Las radiografías muestran medida área cardiaca eje (ÁREA-EJE) en las dos proyecciones.

38. Área cardiaca polígono abierto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ÁREA-POL, LL-ÁREA-POL): esta medida se realiza con el ROI Polígono abierto del software OsiriX, empezando los puntos por el borde ventral de la bifurcación de la tráquea y continuando marcando la silueta cardiaca por el lado izquierdo del corazón hasta llegar a la zona craneal de la aorta descendente que contacta con la parte ventral de la tráquea y finalizando con la unión de este último punto con el inicial (Figura 24). Si se encuentra con dificultades para diferenciar la silueta cardiaca en el lado derecho del corazón, realizaremos los puntos de esa zona de la siguiente manera: llegando hasta la zona de la silueta cardiaca del lado derecho visible y realizando el siguiente punto en

la zona craneal de la aorta descendente que contacta con la parte ventral de la tráquea (facilitando la visualización de este punto fijándose en el borde craneal de la aorta descendente que contacta con la parte dorsal de la tráquea y trazando una línea perpendicular hasta el borde ventral de la tráquea). Al realizar esta variación de la medida el ROI realiza la curva de la silueta cardiaca automáticamente y puede minimizar el efecto de la distorsión de la silueta cardiaca en esa zona (Figura 25). Tras su realización OsiriX nos muestra el valor de la superficie cardiaca en centímetros cuadrados.

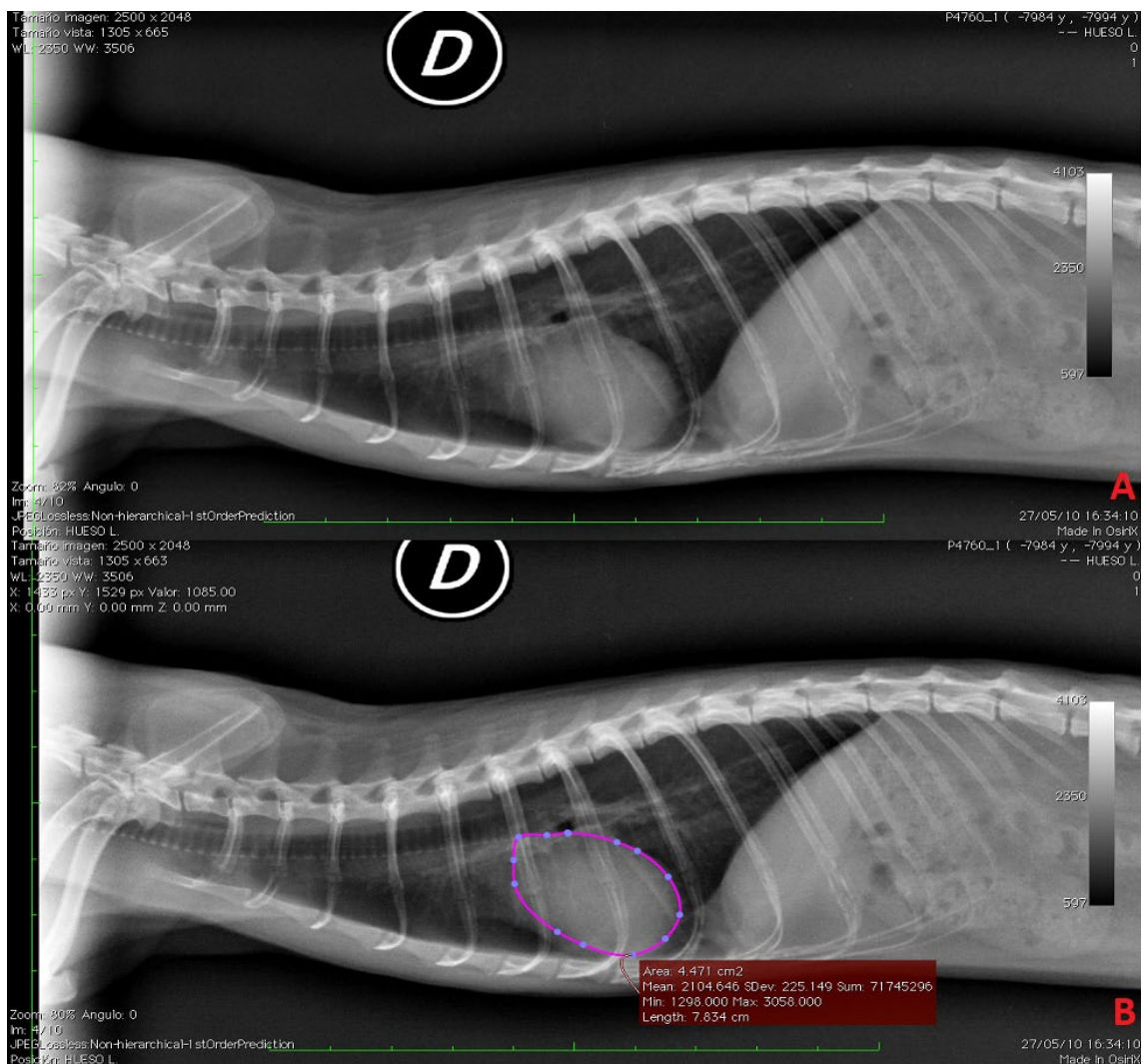


Figura 24. Imagen radiográfica en la proyección latero-lateral derecha (RL) del tórax normal de un hurón hembra con fácil visualización cardiaca por parte del operador de imagen (A) y realización de la medida área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL) en esa misma imagen (B).

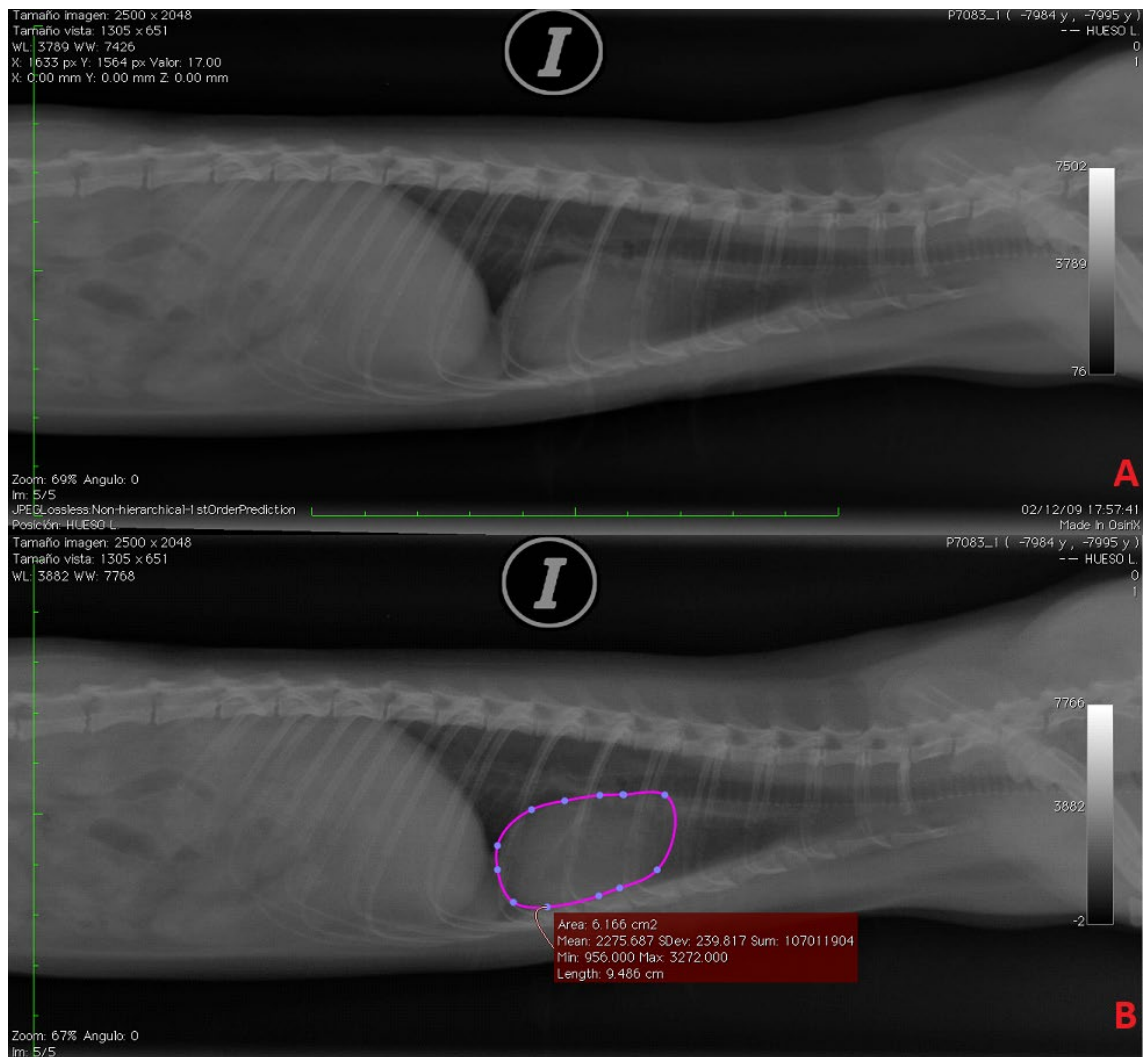


Figura 25. Imagen radiográfica en la proyección latero-lateral derecha (LL) del tórax normal de un hurón macho con dudosa visualización cardíaca por parte del operador de imagen (A) y realización de la medida área cardíaca polígono abierto (ÁREA-POL) mediante variación de medida cardíaca en esa misma imagen (B).

39. Área cardíaca polígono abierto con grasa en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ÁREA-POLG, LL-ÁREA-POLG): este parámetro se realiza con el ROI Polígono abierto del software OsiriX, empezando los puntos por el borde ventral de la bifurcación de la tráquea y continuando marcando la silueta cardíaca por el lado izquierdo del corazón hasta llegar a la zona craneal de la aorta descendente que contacta con la parte ventral de la tráquea y finalizando con la unión de este último punto con el inicial. La diferencia con la variable anterior es que una vez que pasamos el ápice del corazón, en la zona derecha englobamos toda la zona distorsionada o de grasa hasta el borde craneal de la aorta descendente que contacta con la parte ventral de la tráquea. No

teniendo en cuenta si se diferencia o no la silueta cardiaca en esa zona. El valor de la superficie cardiaca es manifestado en centímetros cuadrados (Figura 26).

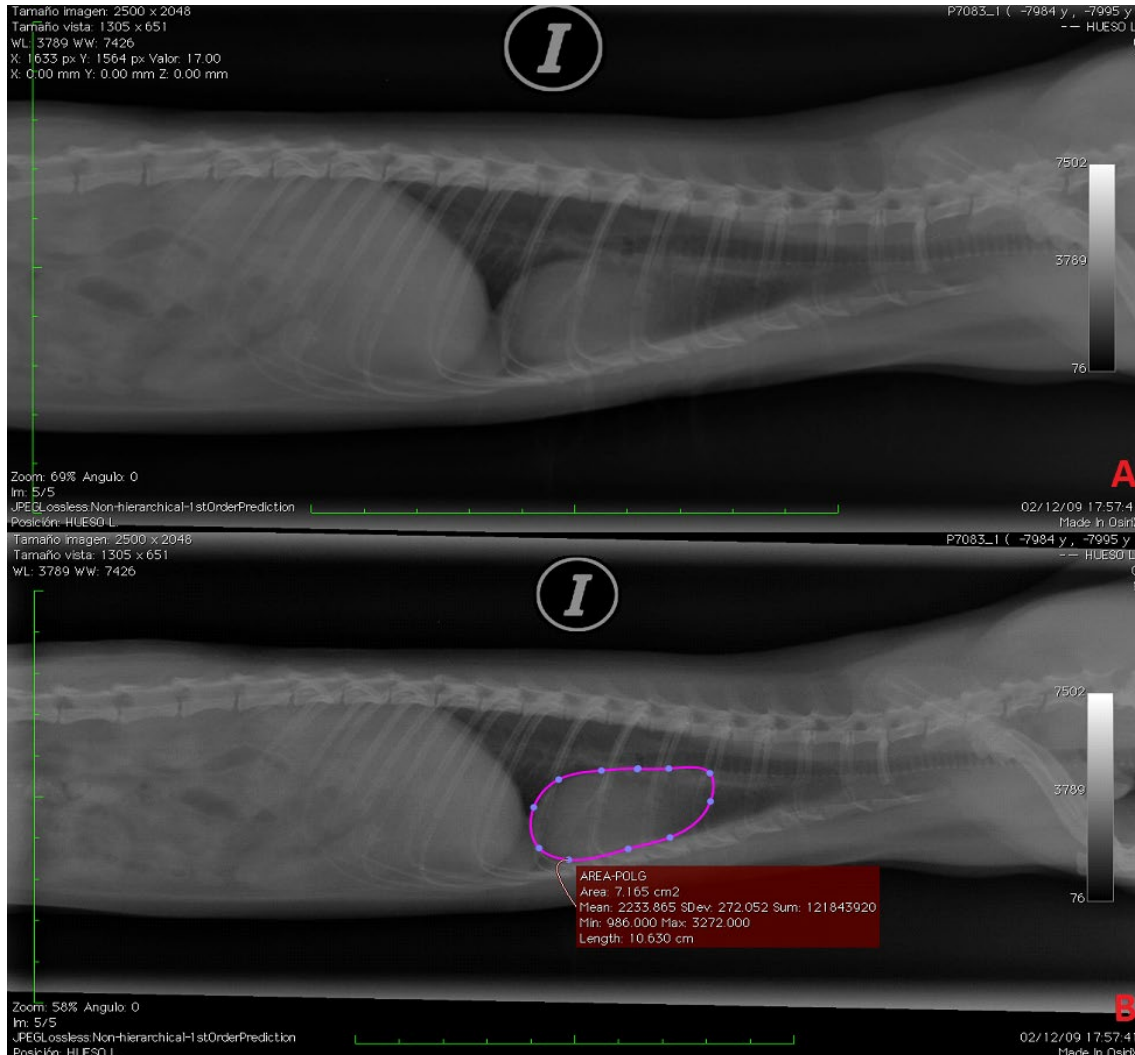


Figura 26. Imagen radiográfica en la proyección latero-lateral izquierda (LL) del tórax normal de un hurón macho (A) y realización de la medida área cardiaca polígono abierto con grasa (ÁREA-POLG) en esa misma imagen (B).

40. Área cardiaca polígono abierto 9 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-POL9, DV-ÁREA-POL9): esta variable se realiza con el ROI polígono abierto del software OsiriX. Se realiza mediante la colocación de 9 puntos de la siguiente manera: el primer punto se marca en el borde craneal izquierdo sobre la una de la esfera del reloj, después colocamos 3 puntos aproximadamente a la misma distancia (sobre las tres, cuatro y cinco), el sexto punto en el ápice cardiaco (las seis),

los cuatro siguientes puntos que delimitan la silueta cardiaca derecha se realizan paralelos a los puntos izquierdos (siete, ocho, nueve y once) y finalizamos dicha medida marcando sobre el punto inicial (Figura 27). Al finalizar de esta manera el ROI realiza la curva de la silueta cardiaca en esta zona automáticamente y puede minimizar el efecto de la distorsión de la silueta cardiaca en esta zona (arco aórtico, mediastino) (Figura 28). Tras su realización OsiriX nos muestra un valor de la superficie cardiaca en centímetros cuadrados.

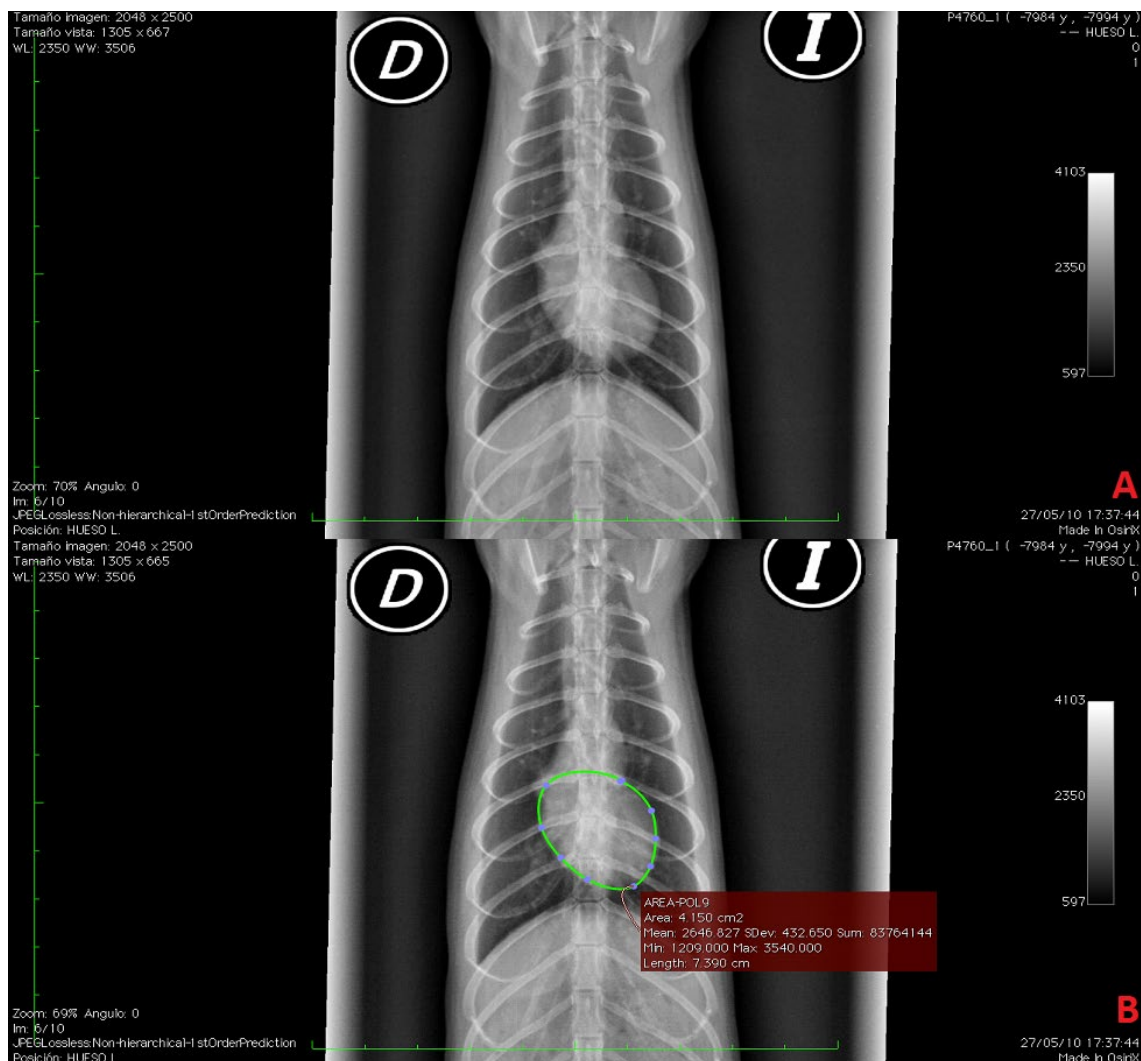


Figura 27. Imagen radiográfica en la proyección ventrodorsal (VD) del tórax normal de un hurón hembra con fácil visualización cardiaca del arco aórtico por parte del operador de imagen (A) y realización de la medida área cardiaca polígono abierto 9 puntos (ÁREA-POL9) en esa misma imagen (B).

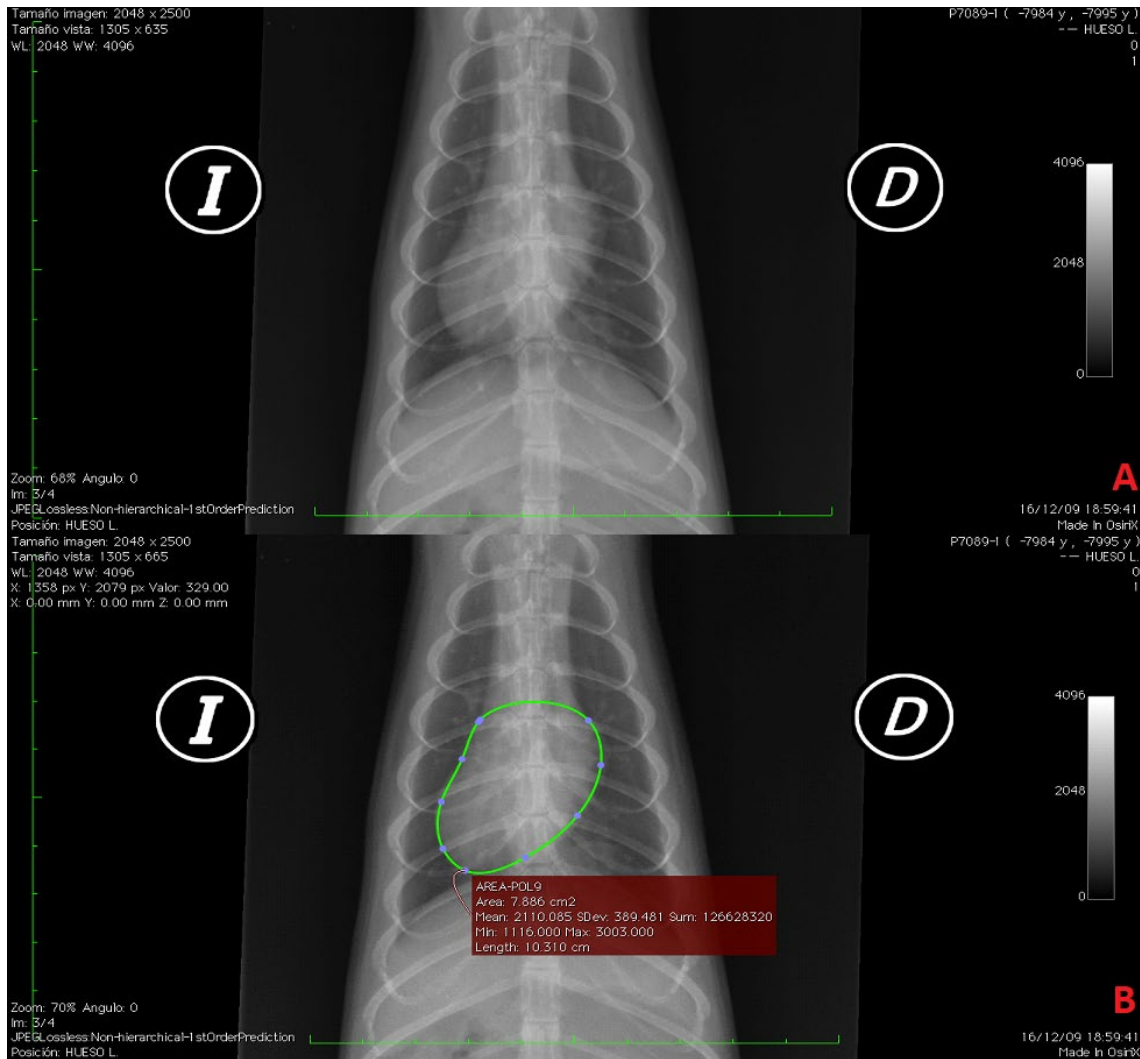


Figura 28. Imagen radiográfica en la proyección dorsoventral (DV) del tórax normal de un hurón macho con difícil visualización cardíaca del arco aórtico por parte del operador de imagen (A) y realización de la medida área cardíaca polígono abierto 9 puntos (ÁREA-POL9) mediante variación de medida cardíaca “efecto ROI”, minimizando el efecto de distorsión cardíaca en esa misma imagen (B).

41. Área cardíaca polígono abierto 7 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-POL7, DV-ÁREA-POL7): el parámetro se realiza con el ROI polígono abierto del software OsiriX. Para su realización se colocan 7 puntos en la silueta cardíaca de la siguiente forma aproximada: el primer punto se coloca en el borde craneal izquierdo sobre la una del corazón, después colocamos un segundo punto cercano, sobre las dos, el tercer punto más alejado sobre las cinco, el cuarto punto en el ápice cardíaco (las seis), los tres siguientes puntos que delimitan la silueta cardíaca derecha se realizan paralelos a los izquierdos (siete, diez y once) y finalizamos dicha medida marcando sobre el punto inicial (Figura 29). Como en la variable anterior al

finalizar de esta manera el ROI realiza la curva de la silueta cardiaca en esta zona sólo y puede minimizar el efecto de la distorsión de la silueta cardiaca en esta zona (arco aórtico, mediastino) (Figura 30). Además, durante la realización de la medida, al colocar los puntos anteriormente mencionados se corrige la delimitación de la silueta cardiaca de forma automática según realizamos la medida. Tras su realización OsiriX nos muestra un valor de la superficie cardiaca en centímetros cuadrados.

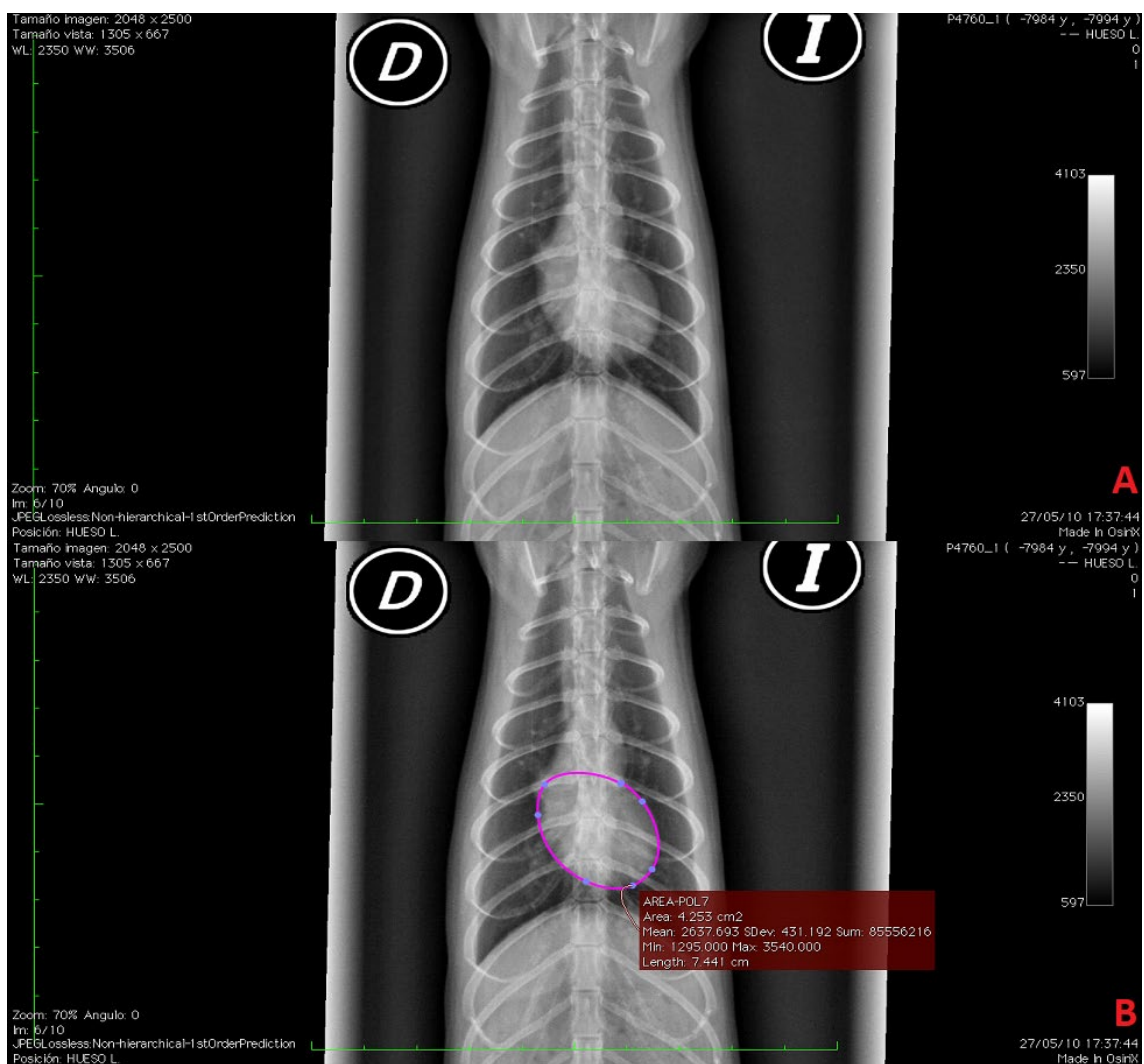


Figura 29. Imagen radiográfica en la proyección ventrodorsal (VD) del tórax normal de un hurón hembra con fácil visualización cardiaca del arco aórtico por parte del operador de imagen (A) y realización de la medida área cardiaca polígono abierto 7 puntos (ÁREA-POL7) en esa misma imagen (B).

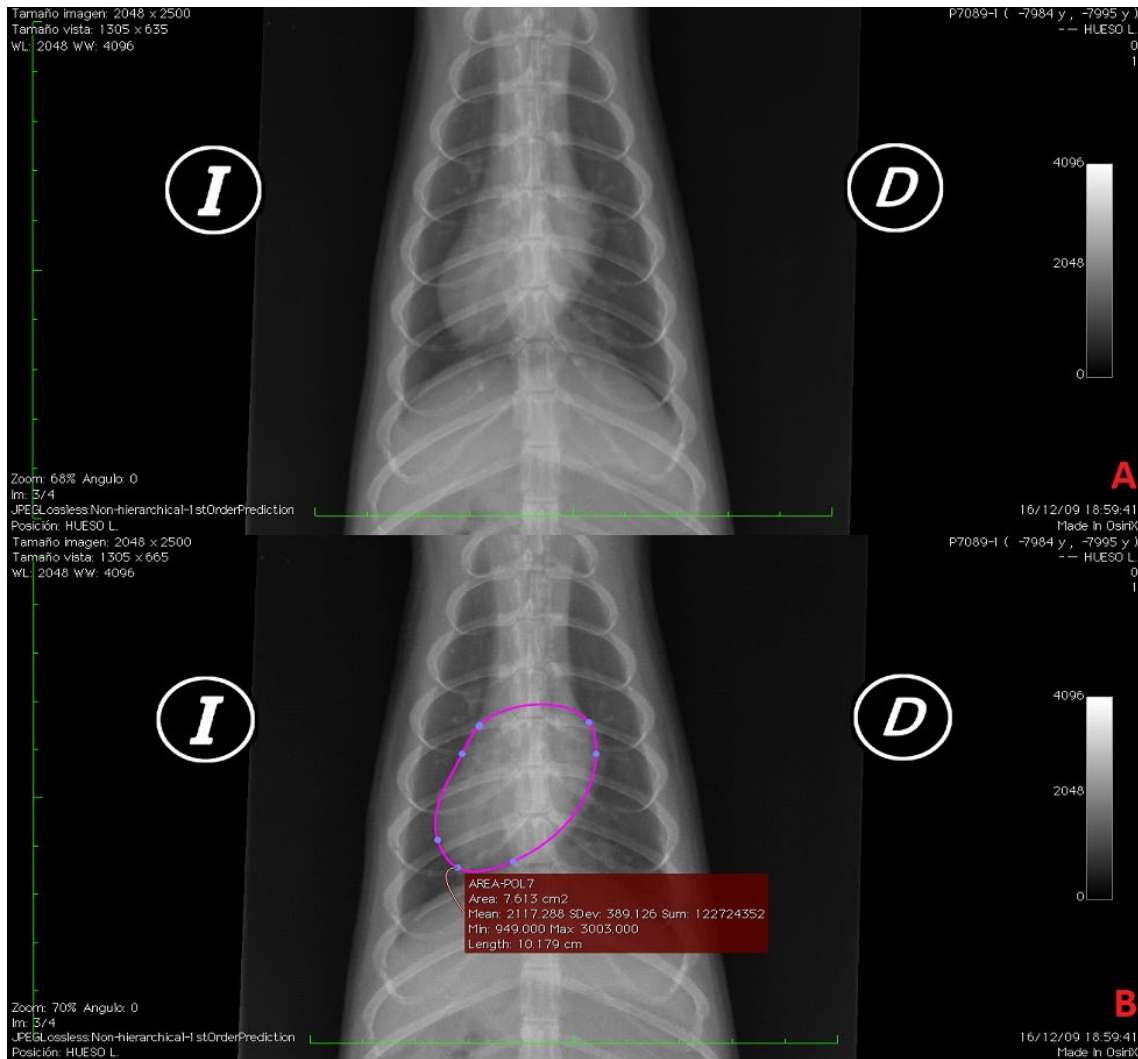


Figura 30. Imagen radiográfica en la proyección dorsoventral (DV) del tórax normal de un hurón macho con difícil visualización cardíaca del arco aórtico por parte del operador de imagen (A) y realización de la medida área cardíaca polígono abierto 7 puntos (ÁREA-POL7) mediante variación de medida cardíaca “efecto ROI”, minimizando el efecto de distorsión cardíaca en esa misma imagen (B).

42. Facilidad visualización en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (FACILIDAD DE VISUALIZACIÓN RL-LL): esta variable refleja la facilidad de visualización de la silueta cardíaca por parte del operador de imagen al realizar el área cardíaca polígono abierto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda. Estableciéndose las siguientes categorías (Figura 31):

- Fácil (la silueta cardíaca es visible por completo por parte del operador).
- Dudosa (no hay límites claros de la silueta cardíaca en el lado derecho del corazón, pero sí encontramos referencias de la aorta descendente y el último punto visible del lado derecho cardíaco).

86 Material y Método

- Mala (no se aprecia la silueta cardiaca en el lado derecho del corazón y tampoco se observa la aorta descendente).



Figura 31. Imágenes radiográficas en la proyección latero-lateral derecha e izquierda del tórax normal de un hurón, con distintas facilidades de visualización de la silueta cardiaca por parte del operador de imagen. Fácil (A), dudosa (B) y mala (C).

43. Facilidad de visualización en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (FACILIDAD DE VISUALIZACIÓN VD-DV): este parámetro refleja la facilidad de visualización de la silueta cardiaca por parte del operador de imagen al realizar el área cardiaca polígono abierto en la proyección ventrodorsal y dorsoventral. Se ha optado en categorizar esta variable en (Figura 32):

- Fácil (el operador no encuentra dificultades para colocar los puntos en la silueta cardiaca).
- Difícil (dificultad de decidir en la zona del arco aórtico el punto de inicio del lado izquierdo del corazón y el punto final de la medida en el lado derecho).

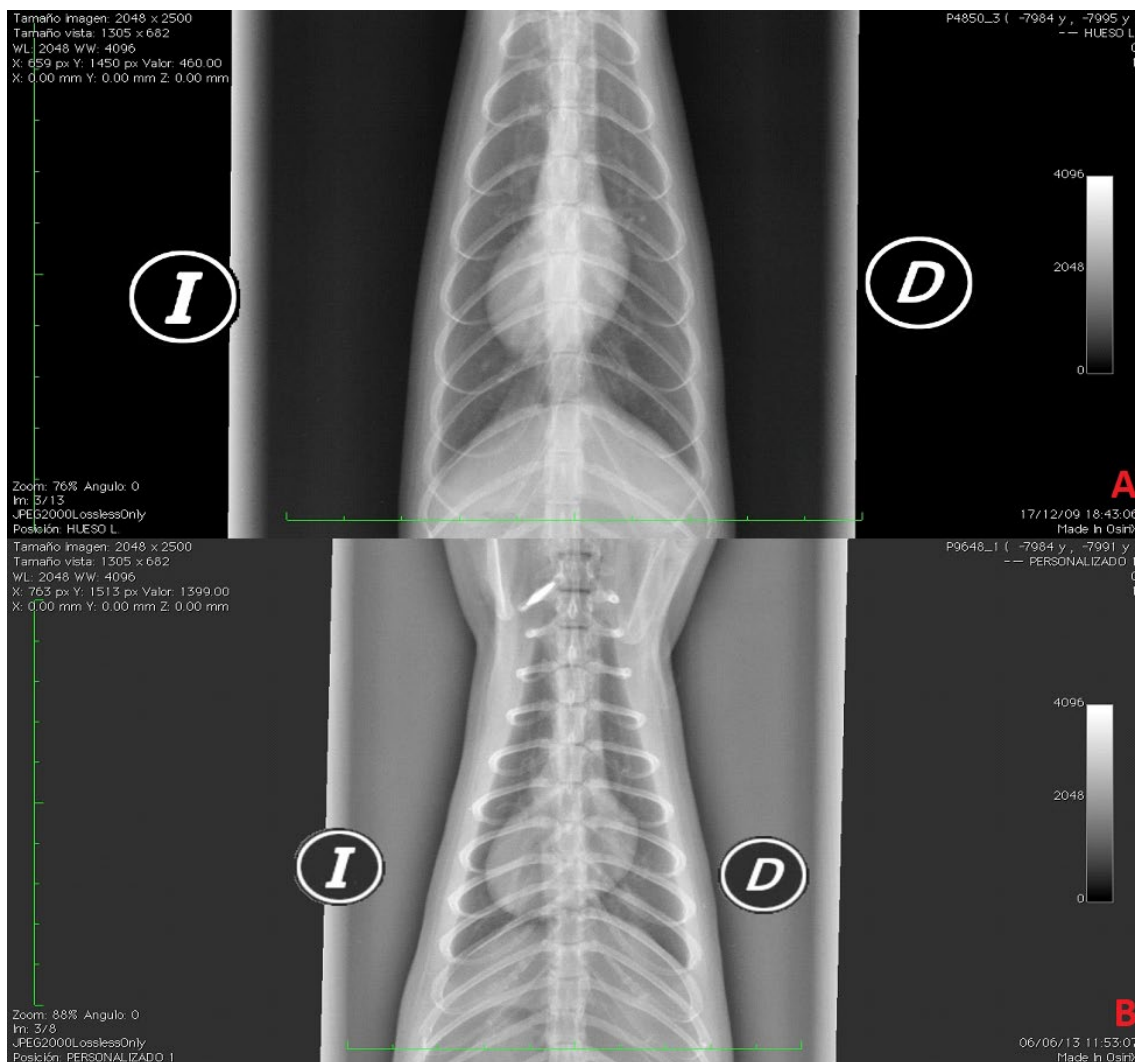


Figura 32. Imágenes radiográficas en la proyección dorsoventral del tórax normal de un hurón, con distintas facilidades de visualización de la silueta cardiaca por parte del operador de imagen. Fácil (A) y difícil (B).

44. Puntuación de la radiografía en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (PUNTUACIÓN-RX-RL, PUNTUACIÓN-RX-LL): este parámetro refleja la calidad de la proyección radiográfica con respecto al posicionamiento del paciente, debido a la dificultad que presenta un posicionamiento perfecto en esta especie, ya que presenta una cavidad torácica elongada y aplanada dorsoventralmente. Para su elaboración realizamos un estudio con 20 hurones valorando el posicionamiento de las costillas y realizando unas medidas desde el borde caudal de la cabeza de una costilla al borde caudal de la cabeza de la otra. Y en la misma posición medimos las costillas sexta, séptima y octava (correspondientes a la altura del corazón). Se establecen las siguientes categorías (Figura 33):

- Buena (aquella radiografía que presente como máximo una leve angularidad entre las cabezas costales y algunas costillas coinciden entre la sexta y octava costilla. Además los valores desde los bordes caudales de las cabezas costales sexta, séptima y octava es inferior o igual a 0,3 cm).
- Mala (angularidad mayor entre las cabezas costales y ninguna coincide entre la sexta y octava costilla. Siendo sus valores desde los bordes caudales de las cabezas costales (sexta a octava) superiores a 0,3 cm).

45. Puntuación de la radiografía en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (PUNTUACIÓN-RX-VD, PUNTUACIÓN-RX-DV): esta variable refleja al igual que la anterior la calidad de la proyección radiográfica con respecto al posicionamiento del paciente. También para su elaboración realizamos un estudio con 20 hurones valorando la simetría de la columna y la visión o no del esternón. Además se realizó una medida del ancho del tórax a la altura de la mitad del cuerpo vertebral de la octava vértebra torácica y de cada uno de los hemitórax desde el borde costal correspondiente hasta la apófisis espinosa a la misma altura que la medida anterior. Calculándose los porcentajes de cada hemitórax con respecto al total y tomándose como referencia el más alto. De esta manera, tenemos la siguiente clasificación (Figura 34):

- Buena (imagen que presenta la columna totalmente simétrica o ligeramente curvada pero no a la altura de la sexta a octava vértebra torácica, pudiéndose ver ligeramente el esternón. Además la medida del porcentaje más alto del hemitórax con respecto al total a la altura de la octava vertebra torácica es inferior al 55%).

- Mala (aquella que no presenta la columna simétrica y está curvada a la altura de la sexta a octava vértebra torácica. Por otra parte el porcentaje más alto del hemitórax con respecto al total a la altura de la octava vertebra torácica es superior o igual al 55%).

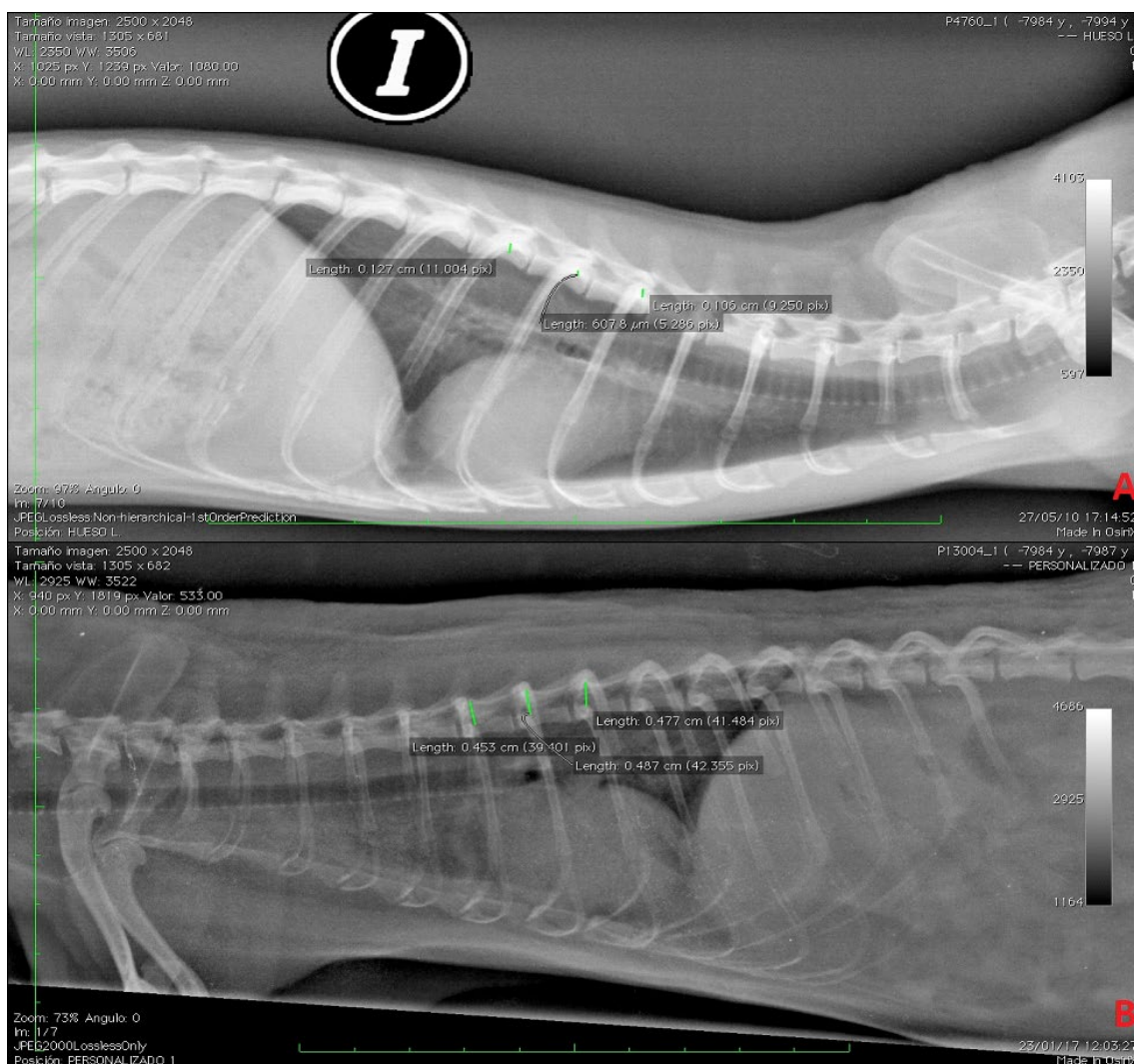


Figura 33. Puntuación de la radiografía de tórax en la proyección latero-lateral derecha e izquierda, con respecto al posicionamiento del paciente. Medida de los bordes caudales de las cabezas costales sexta, séptima y octava. Buena (A) y mala (B).

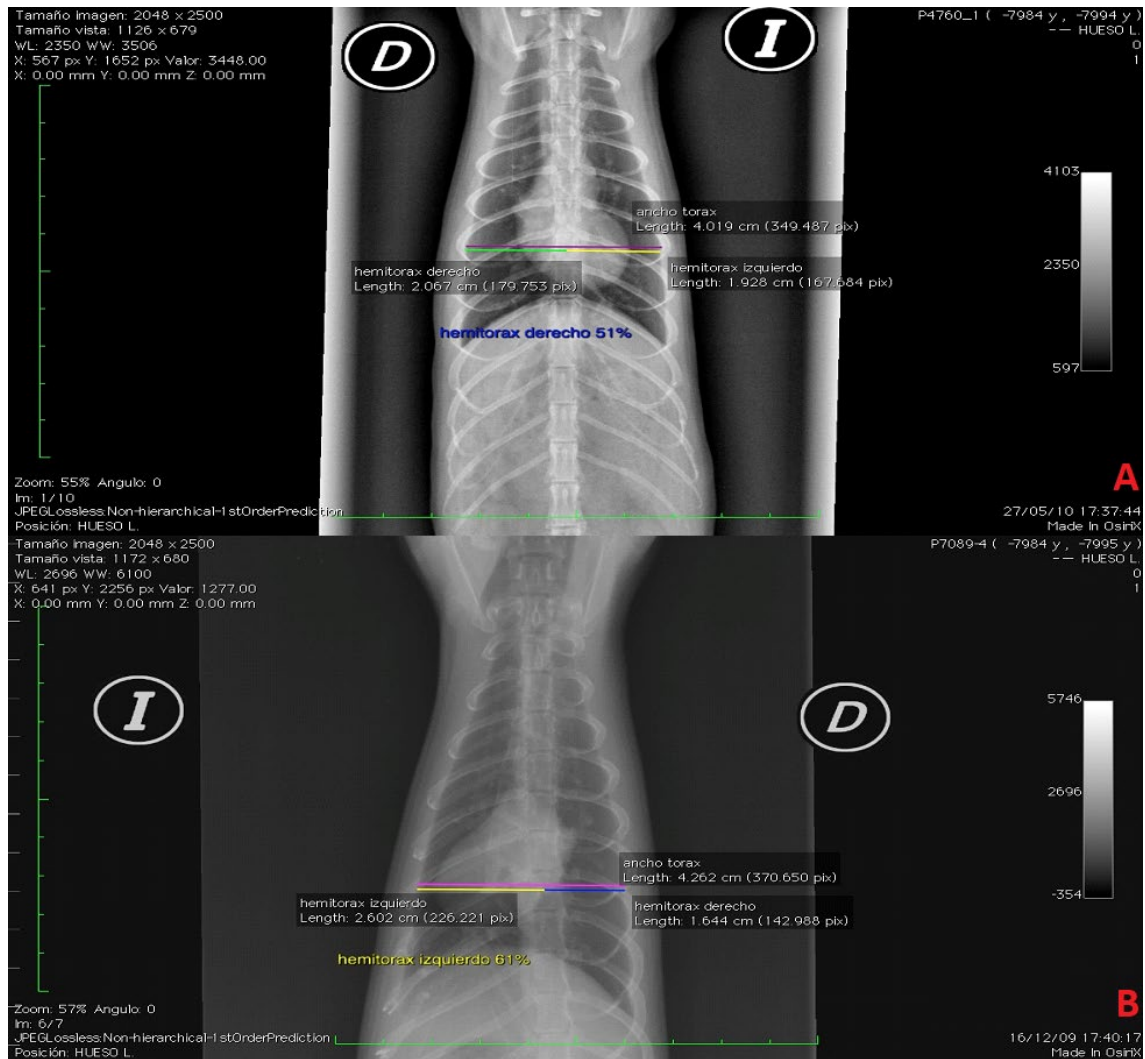


Figura 34. Puntuación de la radiografía de tórax en la proyección ventrodorsal y dorsoventral, con respecto al posicionamiento del paciente. Medida del porcentaje más alto del hemitórax con respecto al total a la altura de la octava vertebra torácica. Buena (A) y mala (B).

46. Índice mediastínico en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (IND-MEDIASTÍNICO-VD, IND-MEDIASTÍNICO-DV): este parámetro surge para intentar evaluar el nivel de engrasamiento del animal en la zona del arco aórtico y mediastino, debido a la dificultad de visualización en algunos individuos de la zona del arco aórtico para la realización de la medida del área cardiaca polígono abierto en las proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales. Para su realización medimos el ancho de la grasa a la altura del quinto espacio intercostal comparado con la longitud del ancho del cuerpo vertebral de la quinta vertebra torácica, tomando como referencia el borde de la cabeza

de la costilla izquierda hasta el borde de la cabeza de la costilla derecha. Si no hay grasa se considera 1 (Figura 35).

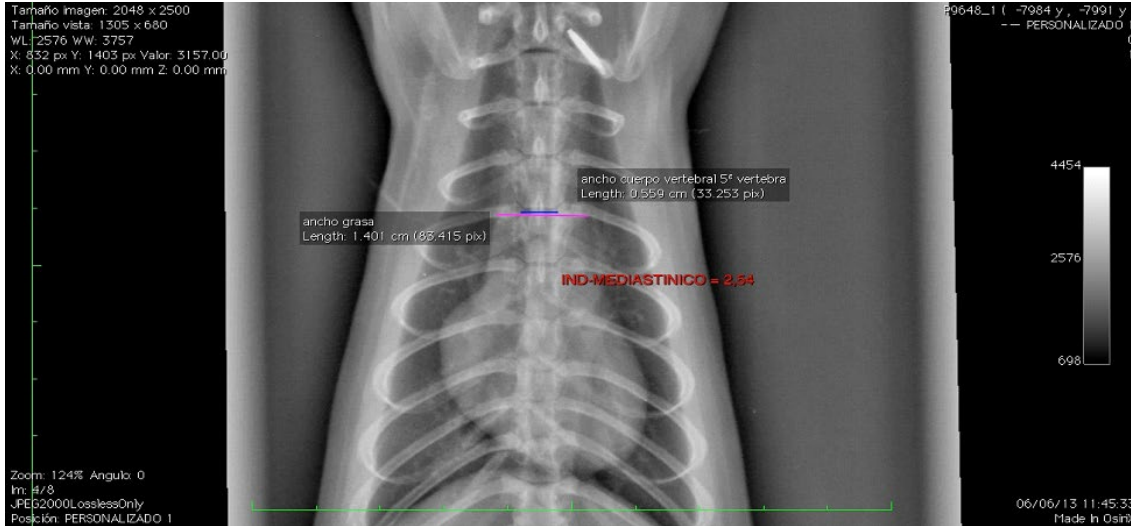


Figura 35. Imagen radiográfica en la proyección ventrodorsal (VD) del tórax normal de un hurón macho . La radiografía muestra la medida del índice mediastínico. Ancho cuerpo vertebral 5ª vertebra torácica, ancho grasa e índice mediastínico (IND-MEDIASTÍNICO).

B.5.- Análisis estadístico.

Cada una de las variables se describió mediante la media, su desviación típica, el coeficiente de variación y los valores máximo y mínimo. El posible efecto del género sobre dichas variables se determinó mediante un análisis de la varianza (ANOVA) estableciendo que había significación estadística cuando el valor de p era menos de 0,05.

La correlación entre distintas variables se estableció mediante un análisis de correlación lineal de Pearson, utilizando el estadístico coeficiente de determinación $-R^2$ como índice de calidad de dicha correlación.

En la medida en que se trabajó con múltiples variables, un análisis de componentes principales (PCA) resulta adecuado al reducir la dimensionalidad del problema y establecer, en su caso, las relaciones entre variables de una manera fácilmente interpretable en función de los gráficos mostrados (100).

El análisis estadístico se ha llevado a cabo mediante el software SPSS (V23) licenciado a la Universidad de Extremadura. El análisis de componentes principales se ha llevado a cabo mediante el programa The Unscrambler (V10.4), licenciado a la Unidad de Nutrición Animal de la Facultad de Veterinaria de la UEX.

IV. Resultados

A.- ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES.

A.1.- DATOS DEMOGRÁFICOS.

En el estudio se incluyen 40 hurones de la población europea, sanos de enfermedad cardíaca y de la especie *Mustela putorius furo*. La población costó de 21 machos (52,5%) y 19 hembras (47,5%).

En cuanto a la edad media de la población fue de $1,87 \pm 0,98$ años, con un rango de edad comprendido entre 0,6 a 5 años. La edad de los machos $1,72 \pm 0,95$ años fue ligeramente inferior a la de las hembras $2,04 \pm 1,04$ años. Además el rango de edad de las hembras (1-5 años) fue superior a la de los machos (0,6-3,6 años).

El peso medio de los hurones fue de $0,92 \pm 0,33$ kg con un rango de 0,4 a 1,95 kg. Encontrando el peso de los machos significativamente mas grande que el de las hembras.(M: $1,18 \pm 0,23$ kg; H: $0,64 \pm 0,13$; $p < 0,001$) (Tabla 7).

Tabla 7. Pesos de los hurones.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
Hembras (kg)	19	0.64 *	0.13	20.15	0.40	1.00
Machos (kg)	21	1.18 *	0.23	19.38	0.80	1.95
Todos (kg)	40	0.92	0.33	35.82	0.40	1.95

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo

* Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)

Los hurones fueron sedados para la realización de las pruebas .Como hemos mencionado con anterioridad, los fármacos utilizados producen poca influencia sobre la función cardiorrespiratoria. El 42,5% fue sedado con butorfanol-acepromacina, un 40% con Butorfanol y sólo el 17,5% tuvo una sedación con acepromacina –buprenorfina (Figura 36).

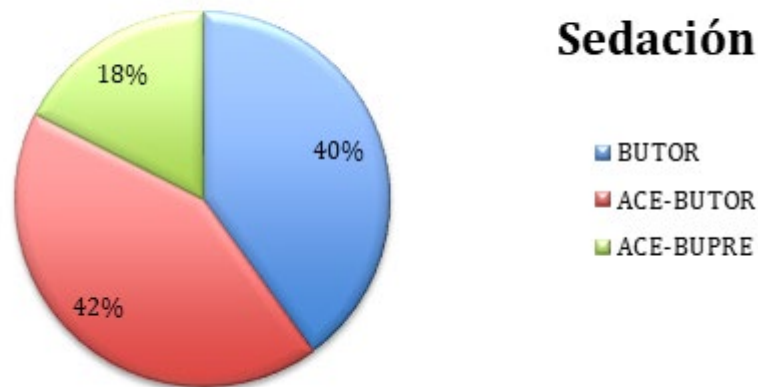


Figura 36. Distribución de los hurones según la sedación utilizada para la realización de las radiografías.

A.2.- MEDIDAS ABSOLUTAS DEL TAMAÑO CARDIACO DEL HURÓN.

Todas estas medidas reflejan una dimensión del tamaño cardiaco en una proyección determinada y fueron realizadas mediante la herramienta ROI (Longitud).

A.2.1.- Eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-LA, LL-LA).

La media de los valores en los 40 individuos del eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda fueron prácticamente iguales (RL-LA: $2,91 \pm 0,35$ cm; LL-LA: $2,91 \pm 0,34$ cm). Al comparar los géneros los valores de la media fueron significativamente más grandes en machos (RL-LA: $3,21 \pm 0,20$ cm; LL-LA: $3,19 \pm 0,20$ cm, $p < 0,001$) que en las hembras (RL-LA: $2,58 \pm 0,10$ cm; LL-LA: $2,60 \pm 0,14$ cm; $p < 0,001$) (Tabla 8).

Tabla 8. Medida eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-LA (cm)	40	2,91	0,35	12.17	2.32	3.54
Hembras (cm)	19	2,58 *	0,10	3.96	2.32	2.75
Machos (cm)	21	3,21 *	0,20	6.08	2.89	3.54
LL-LA (cm)	40	2,91	0.34	11.73	2.38	3.60
Hembras (cm)	19	2,60 *	0.14	5.23	2.38	2.93
Machos (cm)	21	3,19 *	0.20	6.30	2.85	3.60

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; LA: eje largo cardiaco
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.2.2.- Eje corto cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-SA, LL-SA).

El eje corto cardiaco expresa la anchura máxima del corazón, los valores que se obtuvieron están representados en la tabla. Encontramos diferencias significativas entre machos y hembras. Los valores medios del eje corto en los machos son superiores (RL-SA: $2,44 \pm 0,16$ cm; LL-SA: $2,49 \pm 0,15$ cm; $p < 0,001$) a los de las hembras RL-SA: $1,89 \pm 0,15$ cm; LL-SA: $1,89 \pm 0,15$ cm; $p < 0,001$). Además el valor medio de las dos proyecciones fueron iguales en las hembras (Tabla 9)

Tabla 9. Medida eje corto cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-SA (cm)	40	2.18	0.32	14.58	1.56	2.73
Hembras (cm)	19	1.89 *	0.15	8.00	1.56	2.22
Machos (cm)	21	2.44 *	0.16	6.60	2.22	2.73
LL-SA (cm)	40	2.20	0.34	15.64	1.51	2.80
Hembras (cm)	19	1.89 *	0.15	8.05	1.51	2.12
Machos (cm)	21	2.49 *	0.18	7.09	2.21	2.80

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; SA: eje corto cardiaco
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.2.3.- Eje largo cardíaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-LA, DV-LA).

Las medidas del eje largo fueron (VD-LA: $3,43 \pm 0,46$ cm, $n=40$; DV-LA: $3,47 \pm 0,46$ cm, $n=40$). Al igual que el eje largo en las proyecciones laterolaterales el valor medio de los machos (VD-LA: $3,76 \pm 0,33$ cm; DV-LA: $3,81 \pm 0,28$ cm) fue significativamente más grandes que en las hembras (VD-LA: $3,06 \pm 0,26$ cm; DV-LA: $3,08 \pm 0,29$ cm; $p<0,001$). El coeficiente de variación al igual que en el resto de variables indica que la muestra es homogénea (Tabla 10).

Tabla 10. Medida eje largo cardíaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-LA (cm)	40	3.43	0.46	13.37	2.63	4.29
Hembras (cm)	19	3.06 *	0.26	8.45	2.63	3.57
Machos (cm)	21	3.76 *	0.33	8.68	3.09	4.29
DV-LA (cm)	40	3.47	0.46	13.34	2.47	4.29
Hembras (cm)	19	3.08 *	0.29	9.48	2.47	3.76
Machos (cm)	21	3.81 *	0.28	7.24	3.35	4.29

D.T: desviación típica; **C.V:** coeficiente de variación; **Min:** mínimo; **Max:** máximo
VD: proyección ventrodorsal; **DV:** proyección dorsoventral; **LA:** eje largo cardíaco
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)

A.2.4.- Eje corto cardíaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-SA, DV-SA).

La tabla 11 muestra los valores medios del eje corto cardíaco obtenidos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-SA: $2,27 \pm 0,29$ cm, $n=40$; DV-SA: $2,32 \pm 0,34$ cm, $n=40$). Cuando diferenciamos entre géneros el valor de los machos (VD-SA: $2,46 \pm 0,22$ cm; DV-SA: $2,58 \pm 0,20$ cm; $p<0,001$) difiere significativamente con el valor de las hembras (VD-SA: $2,05 \pm 0,19$ cm, DV-SA: $2,03 \pm 0,18$ cm; $p<0,001$).

Tabla 11. Medida eje corto cardiaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-SA (cm)	40	2.27	0.29	12.74	1.55	2.75
Hembras (cm)	19	2.05 *	0.19	9.16	1.55	2.33
Machos (cm)	21	2.46 *	0.22	8.87	2.11	2.75
DV-SA (cm)	40	2.32	0.34	14.54	1.51	2.97
Hembras (cm)	19	2.03 *	0.18	8.87	1.51	2.26
Machos (cm)	21	2.58 *	0.20	7.80	2.21	2.97

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; SA: eje corto cardiaco
* Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.3.-MEDIDAS DEL TAMAÑO CARDIACO EN HURONES DESARROLLADAS POR STEPIEN.

En esta parte del estudio se pretende validar estas medidas en nuestra población europea de hurones, incorporando la proyección dorsoventral a todas las medidas realizadas.

A.3.1.- Longitud de T5-8 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-T5-8 , LL-T5-8).

La longitud total de estas 4 vertebrae en estas proyecciones fueron muy similares (RL-T5-8: $3,76 \pm 0,38$ cm, n=40; LL-T5-8: $3,77 \pm 0,36$ cm., n=40). También al igual que en otras variables encontramos diferencias significativas entre géneros. Siendo el valor para los machos (RL –T5-8: $4,08 \pm 0,18$ cm; LL-T5-8: $4,07 \pm 0,18$ cm; p<0,001) y el de las hembras (RL-T5-8: $3,41 \pm 0,16$ cm; LL-T5-8: $3,44 \pm 0,17$ cm; p<0,001) (Tabla 12).

Tabla 12. Medida longitud de T5-8 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-T5-8 (cm)	40	3.76	0.38	10.04	3.05	4.57
Hembras (cm)	19	3.41 *	0.16	4.55	3.05	3.68
Machos (cm)	21	4.08 *	0.18	4.53	3.76	4.57
LL-T5-8 (cm)	40	3.77	0.36	9.66	3.05	4.54
Hembras (cm)	19	3.44 *	0.17	5.03	3.05	3.72
Machos (cm)	21	4.07 *	0.18	4.30	3.73	4.54

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; T5-8: longitud T5-8
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p < 0,001)

A.3.2.- Longitud de T5-8 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-T5-8, DV-T5-8).

Las medidas obtenidas para esta variable son muy similares a las de la proyecciones laterolaterales. Normalmente en las medidas descritas anteriormente, los valores observados en las proyecciones laterolaterales son inferiores a los de las ventrodorsales y dorsoventrales. Al igual que en la variable anterior los valores observados en los machos son significativamente más altos que en las hembras. Los valores son representados en la tabla 13.

Tabla 13. Medida longitud de T5-8 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-T5-8 (cm)	40	3.72	0.38	10.25	2.96	4.51
Hembras (cm)	19	3.36 *	0.16	4.63	2.96	3.61
Machos (cm)	21	4.04 *	0.18	4.40	3.69	4.51
DV-T5-8 (cm)	40	3.76	0.38	10.20	2.99	4.49
Hembras (cm)	19	3.40 *	0.17	4.91	2.99	3.72
Machos (cm)	21	4.08 *	0.17	4.10	3.74	4.49

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; T5-8: longitud T5-8
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p < 0,001)

A.3.3.- Suma (L+W) en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-L+W, LL-L+W).

Esta variable representa la suma del eje largo y el eje corto cardiaco en dichas proyecciones. Los resultados fueron (RL-L+W: $5,09 \pm 0,65$ cm, n=40; LL-L+W: $5,11 \pm 0,66$ cm, n=40). Los valores obtenidos en los machos (RL-L+W: $5,65 \pm 0,30$ cm, LL-L+W: $5,67 \pm 0,34$ cm; $p < 0,001$) son significativamente más altos que en las hembras (RL-L+W: $4,48 \pm 0,20$ cm; LL-L+W: $4,49 \pm 0,22$ cm; $p < 0,001$) (Tabla 14).

Tabla 14. Medida suma del eje largo y eje corto cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-L+W (cm)	40	5.09	0.65	12.73	3.88	6.20
Hembras (cm)	19	4.48 *	0.20	4.51	3.88	4.89
Machos (cm)	21	5.65 *	0.30	5.30	5.19	6.20
LL-L+W(cm)	40	5.11	0.66	12.95	3.89	6.40
Hembras (cm)	19	4.49 *	0.22	4.92	3.89	4.83
Machos (cm)	21	5.67 *	0.34	5.99	5.07	6.40

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; L+W: suma del eje largo y eje corto cardiaco
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)

A.3.4.- Suma (L+W) en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-L+W, DV-L+W).

Al igual que la anterior esta medida muestra la suma del eje largo y corto cardiaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral, los valores medios obtenidos fueron (VD-L+W: $5,70 \pm 0,71$ cm, n=40; DV-L+W: $5,78 \pm 0,76$ cm, n=40). También los valores de los machos (VD-L+W: $6,23 \pm 0,48$ cm; DV-L+W: $6,38 \pm 0,38$ cm; $p < 0,001$) difieren significativamente a los de las hembras (VD-L+W: $5,12 \pm 0,39$ cm; DV-L+W: $5,11 \pm 0,42$ cm; $p < 0,001$). Valores mencionados en la tabla 15.

Tabla 15. Medida suma del eje largo y eje corto cardiaco en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-L+W (cm)	40	5.70	0.71	12.41	4.18	7.03
Hembras (cm)	19	5.12 *	0.39	7.66	4.18	5.78
Machos (cm)	21	6.23 *	0.48	7.64	5.32	7.03
DV-L+W(cm)	40	5.78	0.76	13.07	4.16	6.97
Hembras (cm)	19	5.11 *	0.42	8.28	4.16	6.02
Machos (cm)	21	6.38 *	0.38	6.01	5.64	6.97

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; L+W: suma del eje largo y eje corto cardiaco
* Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.3.5.- RATIO en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL.RATIO, LL.RATIO, VD.RATIO y DV.RATIO).

Esta medida cardiaca como hemos mencionado con anterioridad, representa la suma de las medidas del eje largo y eje corto comparado con la medida de T5-8 en la misma visión. La media de los valores en los 40 individuos para cada proyección fueron (RL.RATIO: $1,35 \pm 0,07$; LL.RATIO: $1,35 \pm 0,09$; VD.RATIO: $1,53 \pm 0,10$; DV.RATIO: $1,53 \pm 0,10$). En la proyecciones laterolaterales los valores de los machos (RL.RATIO: $1,38 \pm 0,07$; LL.RATIO: $1,40 \pm 0,09$; $p < 0,01$) difieren significativamente de las hembras (RL.RATIO: $1,30 \pm 0,05$; LL.RATIO: $1,30 \pm 0,06$; $p < 0,001$). En la proyección dorsoventral encontramos diferencias significativas con respecto al genero pero menor que en las proyecciones laterolaterales con un $p < 0,05$. EL valor de los machos para la proyección dorsoventral fue (DV.RATIO: $1,56 \pm 0,1$) y el de las hembras (DV.RATIO: $1,50 \pm 0,09$). Con respecto a la proyección ventrodorsal no encontramos diferencias significativas con respecto al genero (Figura 37). En esta variable el coeficiente de variación es ligeramente menor que en el resto de variables mencionadas con anterioridad, siendo sus datos ligeramente más homogéneos (Tabla 16).

Tabla 16. Medida RATIO cardiaco en la proyección latero-lateral derecha , latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL.RATIO	40	1.35	0.07	5.38	1.18	1.47
Hembras	19	1.30 *	0.05	3.92	1.18	1.42
Machos	21	1.38 *	0.07	4.92	1.27	1.47
LL.RATIO	40	1.35	0.09	6.82	1.18	1.60
Hembras	19	1.30 *	0.06	4.72	1.18	1.41
Machos	21	1.40 *	0.09	6.70	1.26	1.60
VD.RATIO	40	1.53	0.10	6.23	1.32	1.69
Hembra	19	1.52	0.09	5.93	1.32	1.69
Macho	21	1.54	0.10	6.56	1.33	1.69
DV.RATIO	40	1.53	0.10	6.32	1.35	1.72
Hembra	19	1.50 **	0.09	6.00	1.35	1.66
Macho	21	1.56 **	0.10	6.09	1.41	1.72

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo

RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; RATIO: suma del eje largo y eje corto cardiaco comparado con T5-8

* Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)

** Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,05$)

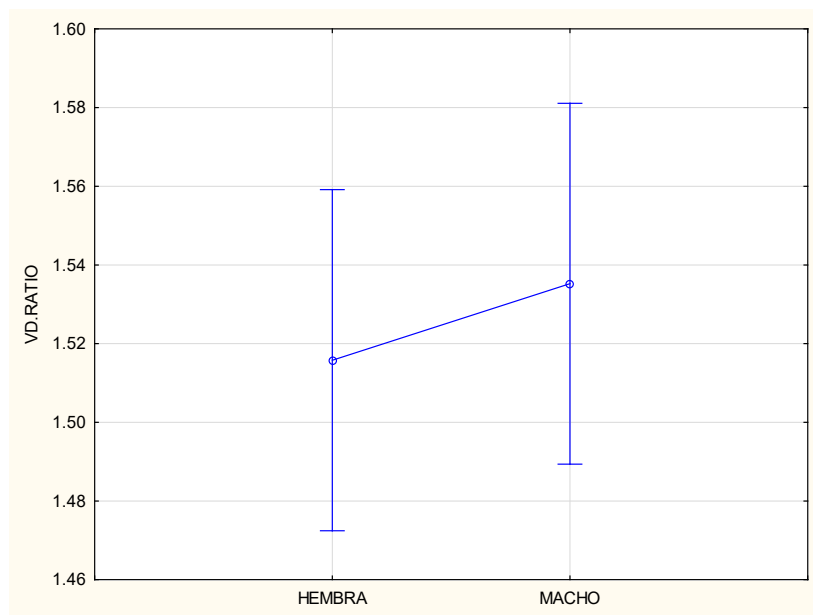


Figura 37. Comparación de la medida VD.RATIO basado en el sexo. Diferencia estadísticamente no significativa entre sexos ($p > 0,05$).

A.3.6.- Índice vertebral cardiaco de Stepien (VHS.S) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL-VHS.S, LL-VHS.S, VD-VHS.S y DV-VHS.S).

Los valores medios en las distintas proyecciones fueron los siguientes (RL-VHS.S: $5,41 \pm 0,27$ v, n=40; LL-VHS.S: $5,42 \pm 0,31$ v, n=40; VD-VHS.S: $6,10 \pm 0,33$ v, n=40; DV-VHS.S: $6,09 \pm 0,36$ v, n=40). Como en medidas anteriores los valores de las proyecciones laterolaterales son menores que en las ventrodorsales y dorsoventrales, en este caso sobre unas 0,5 vertebras. Además en las proyecciones laterolaterales y dorsoventral, como en la medida anterior, los valores de los machos (RL-VHS.S: $5,55 \pm 0,25$ v, $p < 0,001$; LL-VHS.S: $5,57 \pm 0,30$ v, $p < 0,001$; DV-VHS.S: $6,20 \pm 0,36$ v, $p < 0,05$) difieren significativamente de los que presentan las hembras (RL-VHS.S: $5,25 \pm 0,20$ v, $p < 0,001$; LL-VHS.S: $5,25 \pm 0,22$ v, $p < 0,001$; DV-VHS.S: $5,96 \pm 0,31$ v, $p < 0,05$). En la proyección ventrodorsal (VD-VHS.S) no encontramos diferencias significativas con respecto al genero (Figura 38). Al igual que la variable anterior, el coeficiente de variación de esta medida es ligeramente menor que en el resto de variables mencionadas con anterioridad (Tabla 17).

Tabla 17. Índice vertebral cardiaco de Stepien en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-VHS.S (v)	40	5.41	0.27	4.99	5.00	5.75
Hembras (v)	19	5.25 *	0.20	3.89	5.00	5.50
Machos (v)	21	5.55 *	0.25	4.42	5.25	5.75
LL-VHS.S (v)	40	5.42	0.31	5.66	4.75	6.25
Hembras (v)	19	5.25 *	0.22	4.20	4.75	5.50
Machos (v)	21	5.57 *	0.30	5.34	5.25	6.25
VD-VHS.S (v)	40	6.10	0.33	5.47	5.25	6.75
Hembra (v)	19	6.03	0.30	4.97	5.50	6.75
Macho (v)	21	6.17	0.36	5.78	5.25	6.75
DV-VHS.S (v)	40	6.09	0.36	5.85	5.50	6.75
Hembra (v)	19	5.96 **	0.31	5.28	5.50	6.50
Macho (v)	21	6.20 **	0.36	5.79	5.50	6.75

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo

RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; VHS.S: índice vertebral cardiaco de stepien; v: vertebras

* Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)

** Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,05$)

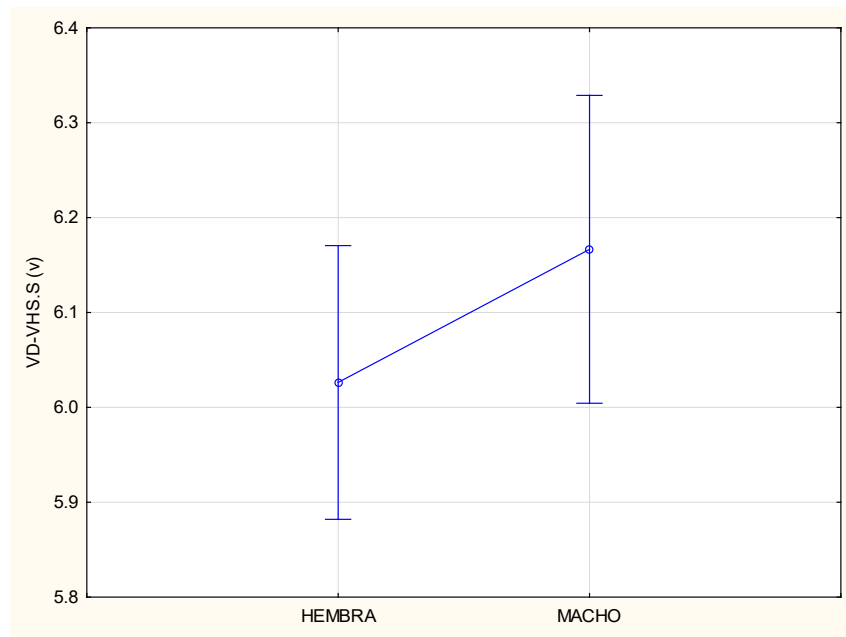


Figura 38. Comparación de la medida VD-VHS.S (v) basado en el sexo. Diferencia estadísticamente no significativa entre sexos ($p>0.05$).

A.4.- MEDIDAS TAMAÑO CARDIACO DESARROLLADAS POR ONUMA.

En este apartado se desarrollan estas medidas para nuestra población de hurones. Incorporando nuevos elementos como proyecciones y medidas. Todas ellas fueron realizadas con el ROI Longitud de OsiriX MD.

A.4.1.- Longitud de la sexta vertebra dorsal en la proyección latero-lateral derecha (RL-6thDV).

La longitud del cuerpo vertebral de la sexta vertebra torácica presentó un valor medio de $0,88 \pm 0,88$ cm, $n=40$. Encontrando diferencias estadísticamente significativas entre géneros como muestra la tabla 18.

Tabla 18. Medida longitud de la sexta vertebra dorsal en la proyección latero-lateral derecha.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-6thDV (cm)	40	0.88	0.08	9.04	0.73	1.06
Hembras (cm)	19	0.81 *	0.04	4.42	0.73	0.87
Machos (cm)	21	0.94 *	0.04	4.72	0.88	1.06

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; 6thDV: longitud cuerpo vertebral sexta vertebra torácica
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.4.2.- Longitud de T6-12 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-T6-12, LL-T6-12).

La longitud total de estas 7 vertebrae en estas proyecciones fueron muy similares (RL-T6-12: $6,82 \pm 0,66$ cm, n=40; LL-T5-8: $6,84 \pm 0,65$ cm, n=40). Los valores de los machos (RL-T6-12: $7,37 \pm 0,33$ cm; LL-T6-12: $7,38 \pm 0,3$ cm; p<0,001) son significativamente más altos que los de las hembras (RL-T6-12: $6,21 \pm 0,27$ cm; LL-T6-12: $6,24 \pm 0,29$ cm; p<0,001) (Tabla 19).

Tabla 19. Medida longitud de T6-12 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-T6-12(cm)	40	6.82	0.66	9.69	5.58	8.27
Hembras (cm)	19	6.21 *	0.27	4.33	5.58	6.71
Machos (cm)	21	7.37 *	0.33	4.53	6.74	8.27
LL-T6-12 (cm)	40	6.84	0.65	9.51	5.61	8.19
Hembras (cm)	19	6.24 *	0.29	4.62	5.61	6.70
Machos (cm)	21	7.38 *	0.31	4.26	6.78	8.19

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; T6-12: longitud cuerpo vertebral T6 a T12
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.4.3.- Longitud de T6-12 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-T6-12, DV-T6-12).

Las medidas obtenidas para esta variable son muy similares a las de la proyecciones laterolaterales. Observando el mismo comportamiento descrito para la

medida longitud de T5-8 en estas mismas proyecciones. Los valores resultantes están presentes en la tabla 20.

Tabla 20. Medida longitud de T6-12 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-T6-12 (cm)	40	6.71	0.66	9.82	5.48	8.19
Hembras (cm)	19	6.10 *	0.26	4.27	5.48	6.55
Machos (cm)	21	7.26 *	0.32	4.47	6.66	8.19
DV-T6-12 (cm)	40	6.86	0.68	9.99	5.51	8.10
Hembras (cm)	19	6.21 *	0.28	4.48	6.84	8.10
Machos (cm)	21	7.44 *	0.28	3.81	5.51	6.66

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; T6-12: longitud cuerpo vertebral T6 a T12
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.4.4.- Longitud de la octava costilla izquierda en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-LEC, DV-LEC).

La tabla 21 muestra los valores medios obtenidos de la longitud de la octava costilla izquierda en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-LEC: $2,33 \pm 0,30$ cm, n=40; DV-LEC: $2,32 \pm 0,29$ cm, n=40). Cuando diferenciamos entre géneros el valor de los machos (VD-LEC: $2,55 \pm 0,24$ cm; DV-LEC: $2,53 \pm 0,22$ cm; p<0,001) difiere significativamente al valor de las hembras (VD-LEC: $2,10 \pm 0,13$ cm; DV-LEC: $2,09 \pm 0,15$ cm) (Tabla 21).

Tabla 21. Medida longitud de la octava costilla izquierda en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-LEC (cm)	40	2.33	0.30	12.81	1.85	3.08
Hembras (cm)	19	2.10 *	0.13	6.33	1.85	2.35
Machos (cm)	21	2.55 *	0.24	9.32	1.90	3.08
DV-LEC (cm)	40	2.32	0.29	12.60	1.82	2.97
Hembras (cm)	19	2.09 *	0.15	7.02	1.82	2.37
Machos (cm)	21	2.53 *	0.22	8.80	2.16	2.97

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; LEC: longitud octava costilla izquierda
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.4.5.- Ancho del tórax a la altura de la octava vertebra torácica en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-8thTV, DV-8thTV).

Los valores medios para esta variable fueron (VD-8hTV: $4,48 \pm 0,50$ cm, n=40; DV-8thTV: $4,51 \pm 0,50$ cm, n=40). Al igual que otras medidas encontramos diferencias significativas en los valores medios de machos (VD-8thTV: $4,82 \pm 0,37$ cm; DV-8thTV: $4,87 \pm 0,39$ cm; $p < 0,001$) con respecto a las hembras (VD-8thTV: $4,11 \pm 0,24$ cm; DV-8thTV: $4,12 \pm 0,25$ cm; $p < 0,001$) (Tabla 22).

Tabla 22. Medida ancho del tórax a la altura de la octava vertebra torácica en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-8thTV (cm)	40	4.48	0.47	10.58	3.80	5.46
Hembras (cm)	19	4.11 *	0.24	5.91	3.80	4.73
Machos (cm)	21	4.82 *	0.37	7.60	4.21	5.46
DV-8thTV (cm)	40	4.51	0.50	11.00	3.74	5.76
Hembras (cm)	19	4.12 *	0.25	6.07	4.26	5.76
Machos (cm)	21	4.87 *	0.39	7.92	3.74	4.81

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; 8thTV: longitud ancho del tórax a la altura octava vertebra torácica
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)

A.4.6.- RATIO1 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD.RATIO1, DV.RATIO1).

Este medida se realiza comparando la medida de la octava costilla izquierda con el eje corto cardiaco en la misma visión. Los valores de VD.RATIO1 y DV.RATIO1 fueron ($1,03 \pm 0,12$, n=40; $1,01 \pm 0,12$, n=40). No presenta diferencias significativas con respecto al género en ninguna de las proyecciones (Figura 39). El coeficiente de variación de este Ratio es prácticamente el doble que el Ratio anteriormente citado (Tabla 23).

Tabla 23. Medida RATIO1 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD.RATIO1	40	1.03	0.12	11.94	0.83	1.44
Hembras	19	1.02	0.13	12.62	0.84	1.44
Machos	21	1.04	0.12	11.57	0.83	1.22
DV.RATIO1	40	1.01	0.12	11.93	0.80	1.44
Hembras	19	1.03	0.13	12.56	0.80	1.19
Machos	21	0.98	0.11	11.01	0.89	1.44

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; RATIO1: LEC / SA

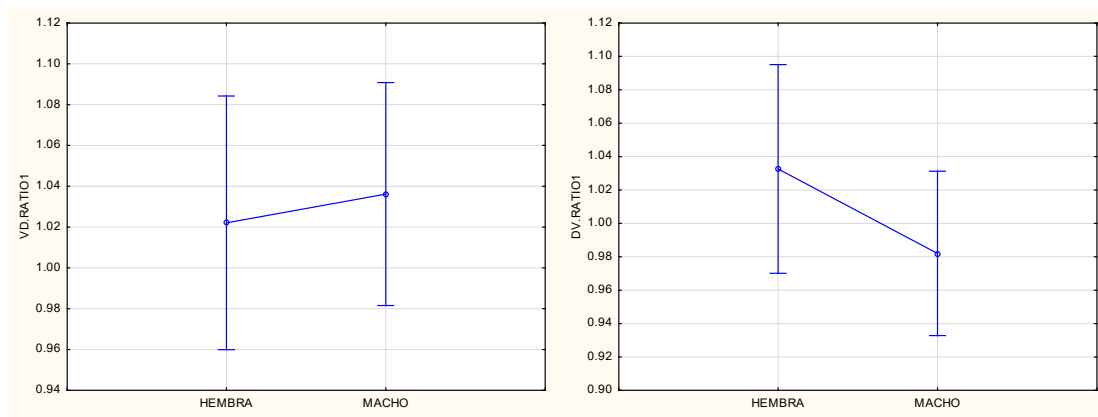


Figura 39. Comparación de medidas VD.RATIO1 y DV.RATIO1 basadas en el sexo. Diferencias estadísticamente no significativas entre sexos ($p > 0,05$).

A.4.7.- RATIO2 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD.RATIO2, DV.RATIO2).

Como hemos descrito con anterioridad, para la realización de esta medida se toma el ancho del tórax a la altura de la octava vertebra torácica comparado con la medida del eje corto cardiaco en la misma visión. El valor medio para $n=40$ hurones fue (VD.RATIO2: $1,99 \pm 0,20$; DV.RATIO2: $1,96 \pm 0,18$). No encontrando diferencias significativas en esta medida con respecto al género en la proyección ventrodorsal y si en la proyección dorsoventral (Figura 40). El valor de los macho en la proyección dorsoventral fue ($1,89 \pm 0,17$, $p < 0,05$) y el de las hembras ($2,03 \pm 0,17$, $p < 0,05$). Al

igual que la variable anterior, el coeficiente de variación de este ratio es ligeramente superior al primer ratio de este estudio (Tabla 24).

Tabla 24. Medida RATIO2 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD.RATIO2	40	1.99	0.20	9.87	1.60	2.58
Hembras	19	2.01	0.21	10.67	1.74	2.58
Machos	21	1.96	0.18	9.15	1.60	2.26
DV.RATIO2	40	1.96	0.18	9.32	1.63	2.47
Hembras	19	2.03 *	0.17	8.24	1.63	2.22
Machos	21	1.89 *	0.17	9.05	1.80	2.47

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; RATIO2: 8thTV/ SA
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,05$)

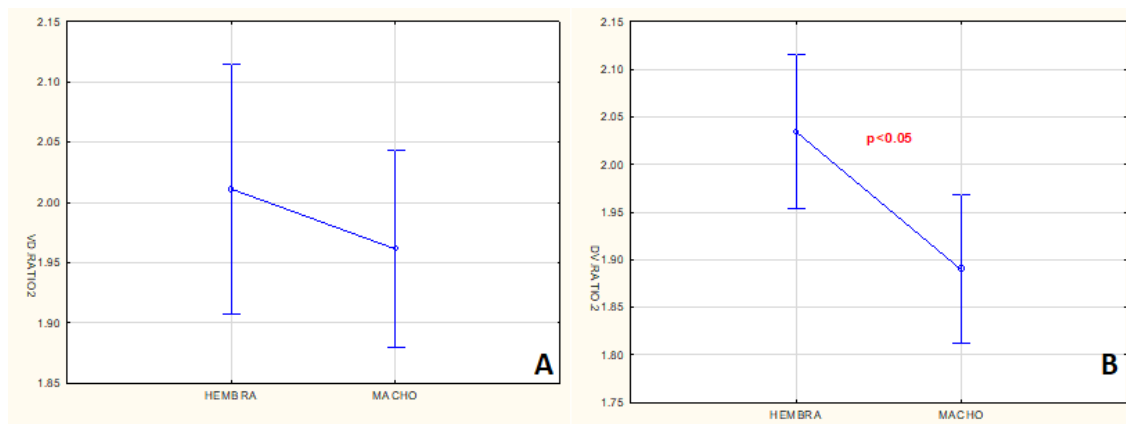


Figura 40. (A) Comparación de medidas VD.RATIO2 basada en el sexo. Diferencias estadísticamente no significativas entre sexos ($p > 0,05$). (B) Comparación de medidas DV.RATIO2 basada en el sexo. Diferencias estadísticamente significativas entre sexos ($p < 0,05$).

A.4.8.- Índice vertebral cardíaco de Onuma (VHS.O) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL-VHS.O, LL-VHS.O, VD-VHS.O y DV-VHS.O).

Los valores medios para esta variable fueron (RL-VHS.O: $5,30 \pm 0,28$ v, $n=40$; LL-VHS.O: $5,32 \pm 0,32$ v, $n=40$; VD-VHS.O: $6,01 \pm 0,34$ v, $n=40$; DV-VHS.O: $5,95 \pm 0,32$ v, $n=40$). Siendo los valores de las proyecciones laterolaterales menores que los de

las ventrodorsales y dorsoventrales. En la proyecciones laterolaterales los valores de los machos (RL-VHS.O: $5,46 \pm 0,27$ v; LL-VHS.O: $5,49 \pm 0,31$ v; $p < 0,001$) difieren significativamente de las hembras (RL-VHS.O: $5,13 \pm 0,17$ v; LL-VHS.O: $5,13 \pm 0,21$ v; $p < 0,001$). En la proyección dorsoventral encontramos diferencias significativas con respecto al genero pero menor que en las proyecciones laterolaterales $p < 0,05$. EL valor de los machos para la proyección dorsoventral fue (DV-VHS.O: $6,05 \pm 0,31$ v) y el de las hembras (DV-VHS.O: $5,84 \pm 0,31$ v). En cuanto a la proyección ventrodorsal no encontramos diferencias significativas en el valor de la medida en función del género (Figura 41). El coeficiente de variación es similar al del otro índice cardiaco (Tabla 25).

Tabla 25. Índice vertebral cardiaco de Onuma en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-VHS.O (v)	40	5.30	0.28	5.22	4.70	5.80
Hembras (v)	19	5.13 *	0.17	3.25	4.70	5.40
Machos (v)	21	5.46 *	0.27	4.90	5.00	5.80
LL-VHS.O (v)	40	5.32	0.32	5.99	4.70	5.90
Hembras (v)	19	5.13 *	0.21	4.16	4.70	5.50
Machos (v)	21	5.49 *	0.31	5.60	5.00	5.90
VD-VHS.O (v)	40	6.01	0.34	5.63	5.30	6.70
Hembra (v)	19	5.94	0.30	5.00	5.40	6.30
Macho (v)	21	6.06	0.37	6.09	5.30	6.70
DV-VHS.O (v)	40	5.95	0.32	5.44	5.30	6.60
Hembra (v)	19	5.84 **	0.31	5.30	5.30	6.30
Macho (v)	21	6.05 **	0.31	5.14	5.50	6.60

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; VHS.O: índice vertebral cardiaco de Onuma
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)
 ** Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,05$)

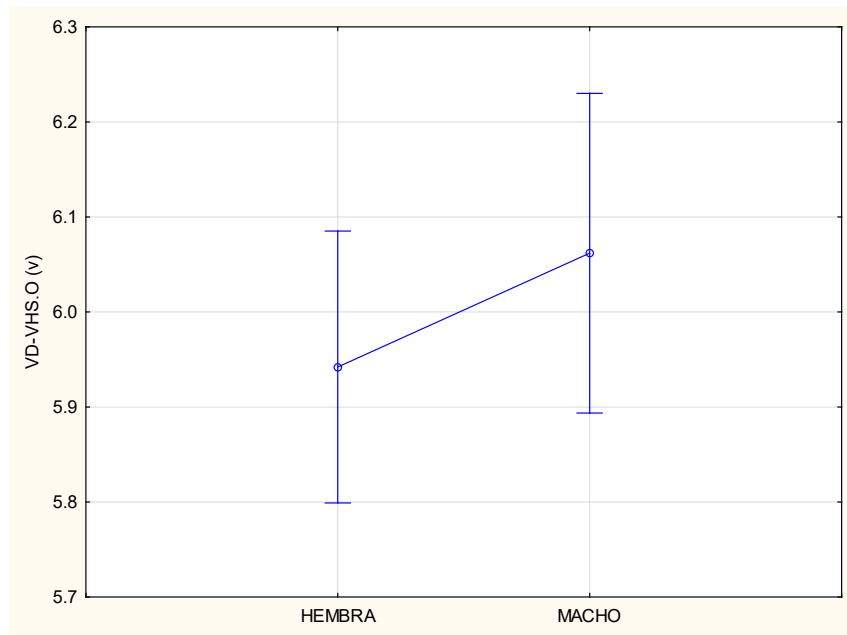


Figura 41. Comparación medida VD-VHS.O (v) basada en el sexo. Diferencias estadísticamente no significativas entre sexo ($p > 0,05$).

A.5.- DESARROLLO DE NUEVAS MEDIDAS CARDIACAS EN HURONES.

Estas medidas fueron realizadas con los ROIs longitud, eje y polígono abierto del software médico de diagnóstico por imagen OsiriX MD.

A.5.1.- Longitud de T4-7 en la vista latero-lateral derecha e izquierda (RL-T4-7, LL-T4-7).

La longitud media de las 4 vértebras torácicas fueron (RL-T4-7: $3,75 \pm 0,37$ cm, $n=40$; LL-T4-7: $3,75 \pm 0,37$ cm, $n=40$). Los valores obtenidos en los machos (RL-T4-7: $4,06 \pm 0,20$ cm; LL-T4-7: $4,05 \pm 0,19$ cm; $p < 0,001$) son significativamente más altos que los de las hembras (RL-T4-7: $3,41 \pm 0,15$ cm; LL-T4-7: $3,42 \pm 0,17$ cm; $p < 0,001$) (Tabla 26).

Tabla 26. Medida longitud de T4- 7 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-T4-7 (cm)	40	3.75	0.37	9.81	3.08	4.53
Hembras (cm)	19	3.41 *	0.15	4.41	3.08	3.67
Machos (cm)	21	4.06 *	0.20	4.81	3.67	4.53
LL-T4-7 (cm)	40	3.75	0.37	9.76	3.06	4.56
Hembras (cm)	19	3.42 *	0.17	4.84	3.06	3.68
Machos (cm)	21	4.05 *	0.19	4.78	3.67	4.56

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; T4-7: longitud cuerpo vertebral T4 a T7
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.2.- Longitud de T4-7 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-T4-7, DV-T4-7).

Los valores obtenidos para esta medida en la proyecciones ventrodorsal y dorsoventral, fueron muy similares a los de las proyecciones laterolaterales. Valores mencionados en la tabla 27.

Tabla 27. Medida longitud de T4-7 en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-T4-7 (cm)	40	3.70	0.37	10.00	2.95	4.48
Hembras (cm)	19	3.36 *	0.16	4.84	2.95	3.63
Machos (cm)	21	4.01 *	0.19	4.74	3.63	4.48
DV-T4-7 (cm)	40	3.73	0.37	10.03	2.99	4.33
Hembras (cm)	19	3.38 *	0.16	4.77	2.99	3.68
Machos (cm)	21	4.05 *	0.17	4.21	3.66	4.33

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; T4-7: longitud cuerpo vertebral T4 a T7
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.3.- Índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral (RL-VHS.B, LL-VHS.B, VD-VHS.B y DV-VHS.B).

Los valores medios en los 40 individuos para cada proyección fueron (RL-VHS.B: $5,39 \pm 0,28$ v; LL-VHS.B: $5,41 \pm 0,29$ v; VD-VHS.B: $6,08 \pm 0,35$ v; DV-VHS.B: $6,10 \pm 0,36$ v). Como en otros índices anteriores, encontramos que los valores de las proyecciones laterolaterales son menores que los de las ventrodorsales y dorsoventrales. Cuando diferenciamos entre géneros, el valor de los machos en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda y dorsoventral (RL-VHS.B: $5,52 \pm 0,28$ v, $p < 0,001$; LL-VHS.B: $5,55 \pm 0,28$ v, $p < 0,001$; DV-VHS.B: $6,22 \pm 0,34$ v, $p < 0,05$) difiere significativamente al valor de las hembras en las mismas proyecciones (RL-VHS.B: $5,24 \pm 0,2$ v, $p < 0,001$; LL-VHS.B: $5,25 \pm 0,20$ v, $p < 0,001$; DV-VHS.B: $5,97 \pm 0,35$ v, $p < 0,05$). No encontramos diferencias significativas con respecto al género en los valores de la medida para la proyección ventrodorsal (Figura 42). Al igual que en índices cardiacos anteriores, el coeficiente de variación es ligeramente inferior a otras variables del estudio (Tabla 28).

Tabla 28. Índice vertebral cardiaco de Buchanan en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-VHS.B (v)	40	5.39	0.28	5.29	4.80	5.90
Hembras (v)	19	5.24 *	0.21	4.04	5.10	5.90
Machos (v)	21	5.52 *	0.28	5.11	4.80	5.60
LL-VHS.B (v)	40	5.41	0.29	5.27	4.80	6.00
Hembras (v)	19	5.25 *	0.20	3.88	4.80	5.50
Machos (v)	21	5.55 *	0.28	4.99	5.00	6.00
VD-VHS.B (v)	40	6.08	0.35	5.69	5.30	6.70
Hembra (v)	19	6.01	0.32	5.28	5.50	6.70
Macho (v)	21	6.15	0.36	5.92	5.30	6.70
DV-VHS.B (v)	40	6.10	0.36	5.96	5.30	6.80
Hembra (v)	19	5.97 **	0.35	5.86	5.30	6.60
Macho (v)	21	6.22 **	0.34	5.49	5.60	6.80

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo

RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; VHS.B: índice vertebral cardiaco de Buchanan

* Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)

** Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,05$)

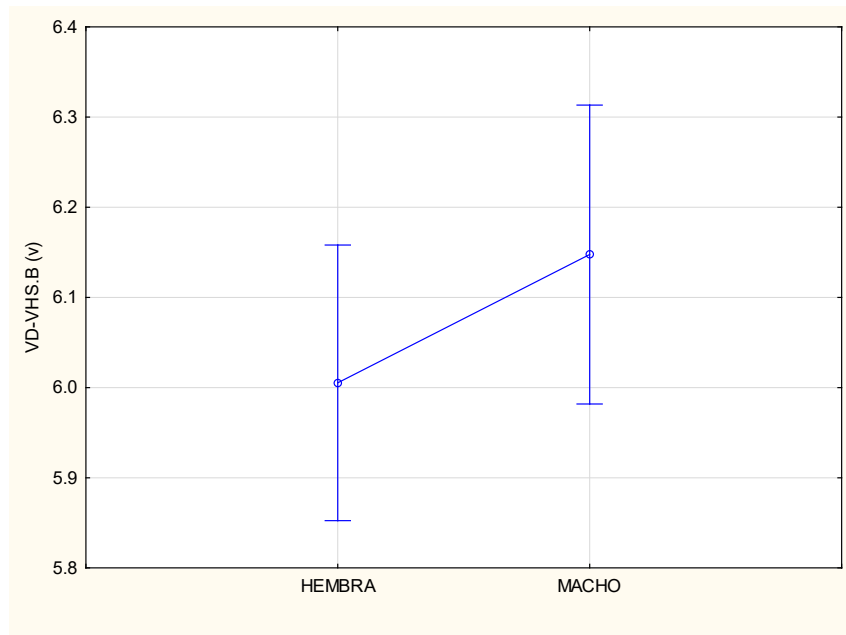


Figura 42. Comparación medida VD-VHS.B (v) basado en el sexo. Diferencias estadísticamente no significativas entre sexos ($p > 0.05$).

A.5.4.- Longitud esternibras 4-7 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ESTERNEBRAS 4-7, LL-ESTERNEBRAS 4-7).

La tabla 29 muestra los valores medios obtenidos de la longitud de las esternibras 4 a 7 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ESTERNEBRAS 4-7: $4,07 \pm 0,40$ cm, $n=40$; LL-ESTERNEBRAS 4-7: $4,07 \pm 0,38$ cm, $n=40$). Al comparar los géneros los valores de la medida fueron significativamente más grandes en machos (RL-ESTERNEBRAS 4-7: $4,37 \pm 0,21$ cm; LL-ESTERNEBRAS 4-7: $4,36 \pm 0,21$ cm; $p < 0,001$) que en las hembras (RL-ESTERNEBRAS 4-7: $3,73 \pm 0,25$ cm; LL-ESTERNEBRAS 4-7: $3,75 \pm 0,25$ cm; $p < 0,001$) (Tabla 29).

Tabla 29. Medida longitud esternebbras 4- 7 en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-ESTERNEBRAS 4-7 (cm)	40	4.07	0.40	9.74	3.30	4.87
Hembras (cm)	19	3.73 *	0.25	6.57	3.30	4.45
Machos (cm)	21	4.37 *	0.21	4.88	3.96	4.87
LL-ESTERNEBRAS 4-7(cm)	40	4.07	0.38	9.40	3.31	4.74
Hembras (cm)	19	3.75 *	0.25	6.62	3.31	4.40
Machos (cm)	21	4.36 *	0.21	4.77	3.88	4.74

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; ESTERNEBRAS 4-7: longitud cuerpo esternebra S4 a S7
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.5.- Número de esternebbras del eje largo en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-LA-ESTERNEBRAS, LL-LA-ESTERNEBRAS).

La media de los valores para esta variable fueron (RL-LA-ESTERNEBRAS: $2,82 \pm 0,20$ s, n=40; LL-LA-ESTERNEBRAS: $2,80 \pm 0,18$ s, n=40). Además el valor medio de los machos (RL-LA-ESTERNEBRAS: $2,92 \pm 0,14$ s, p<0,001; LL-LA-ESTERNEBRAS: $2,88 \pm 0,12$ s, p<0,001) difiere significativamente al de las hembras (RL-LA-ESTERNEBRAS: $2,69 \pm 0,18$ s, p<0,001; LL-LA-ESTERNEBRAS: $2,71 \pm 0,20$ s, p<0,001) (Tabla 30).

Tabla 30. Medida número de esternebbras del eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-LA-ESTERNEBRAS (s)	40	2.82	0.20	6.95	2.20	3.10
Hembras (s)	19	2.69 *	0.18	6.60	2.20	3.00
Machos (s)	21	2.92 *	0.14	4.83	2.60	3.10
LL-LA-ESTERNEBRAS (s)	40	2.80	0.18	6.45	2.30	3.10
Hembras (s)	19	2.71 *	0.20	7.23	2.30	3.00
Machos (s)	21	2.88 *	0.12	4.05	2.60	3.10

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; LA-ESTERNEBRAS : número de esternebbras eje largo cardiaco; s:esternebbras
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.6.- Número de esternebras del eje corto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-SA-ESTERNEBRAS, LL-SA-ESTERNEBRAS).

El número de esternebras del eje corto en n=40 hurones fueron (RL-SA-ESTERNEBRAS: $2,08 \pm 0,16$ s; LL-SA-ESTERNEBRAS: $2,11 \pm 0,18$ s). Al igual que la variable anterior encontramos diferencias significativas con respecto al género, siendo el valor medio de los machos para las dos proyecciones (RL-SA-ESTERNEBRAS: $2,18 \pm 0,12$ s; LL-SA-ESTERNEBRAS: $2,23 \pm 0,12$ s; $p < 0,001$) y el mismo valor para las hembras ($1,97 \pm 0,14$ s, $p < 0,001$) (Tabla 31).

Tabla 31. Medida número de esternebras del eje corto cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-SA-ESTERNEBRAS (s)	40	2.08	0.16	7.91	1.70	2.40
Hembras (s)	19	1.97 *	0.14	6.93	1.70	2.20
Machos (s)	21	2.18 *	0.12	5.54	2.00	2.40
LL-SA-ESTERNEBRAS (s)	40	2.11	0.18	8.76	1.70	2.50
Hembras (s)	19	1.97 *	0.14	7.33	1.70	2.20
Machos (s)	21	2.23 *	0.12	5.52	2.00	2.50

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; SA-ESTERNEBRAS : número de esternebras eje corto cardiaco; s:esternebras
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)

A.5.7.- Índice esternebral cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-SHS, LL-SHS).

Esta variable se realiza mediante la suma del eje corto (SA) y el eje largo (LA) expresado en unidades esternebrales, los resultados de la medida fueron (RL-SHS: $4,90 \pm 0,31$ s, n=40; LL-SHS: $4,90 \pm 0,31$ s, n=40). Al diferenciar entre géneros, resultó que el valor de los machos (RL-SHS: $5,10 \pm 0,20$ s; LL-SHS: $5,11 \pm 0,20$ s; $p < 0,001$) fue significativamente más alto que el de las hembras (RL-SHS: $4,67 \pm 0,24$ s; LL-SHS: $4,67 \pm 0,28$ s; $p < 0,001$). También al igual que otros índices, presento un coeficiente de variación ligeramente más bajo que otras medidas (Tabla 32).

Tabla 32. Índice esternebral cardiaco en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-SHS (s)	40	4.90	0.31	6.29	4.00	5.50
Hembras (s)	19	4.67 *	0.24	5.09	4.00	5.00
Machos (s)	21	5.10 *	0.20	3.99	4.60	5.50
LL-SHS(s)	40	4.90	0.33	6.65	4.00	5.50
Hembras (s)	19	4.67 *	0.28	6.00	4.00	5.10
Machos (s)	21	5.11 *	0.20	4.01	4.70	5.50

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; SHS : índice esternebral cardiaco;
 s:sternebras
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.8.- Diámetro vena cava caudal (CVC).

Esta medida sólo se realizó en la vista latero-lateral izquierda, presentando un valor medio de $0,39 \pm 0,06$ cm, n=40. Encontrando diferencias estadísticamente significativas entre géneros. Con un coeficiente de variación en las hembras el doble que en los machos, como muestra la siguiente tabla (Tabla 33).

Tabla 33. Medida diámetro vena cava caudal en la proyección latero-lateral izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
LL-CVC (cm)	40	0.39	0.06	15.10	0.28	0.49
Hembras (cm)	19	0.34 *	0.04	13.07	0.28	0.44
Machos (cm)	21	0.43 *	0.03	7.62	0.36	0.49

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 LL: proyección latero-lateral izquierda; CVC: longitud diámetro vena cava caudal
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.9.- Longitud del cuerpo vertebral séptima torácica (T7).

Al igual que la variable anterior, sólo se realizó en la proyección latero-lateral izquierda. El valor medio fue $0,89 \pm 0,09$ cm, n=40. Obteniendo un valor en los machos ($0,96 \pm 0,05$ cm) con diferencias significativas con respecto a las hembras ($0,81 \pm 0,05$ cm) (Tabla 34).

Tabla 34. Medida longitud cuerpo vertebral séptima torácica en la proyección latero-lateral izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
LL-T7 (cm)	40	0.89	0.09	9.73	0.73	1.09
Hembras (cm)	19	0.81 *	0.05	5.66	0.73	0.90
Machos (cm)	21	0.96 *	0.05	5.39	0.90	1.09

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 LL: proyección latero-lateral izquierda; T7: longitud cuerpo vertebral séptima torácica
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.10.- Diámetro de la séptima costilla derecha en la proyección latero-lateral izquierda (R7).

El diámetro de la séptima costilla derecha fue $0,18 \pm 0,03$ cm, n=40. Cuando valoramos la medida con respecto al género, encontramos que el valor de los machos $0,20 \pm 0,02$ cm, p<0,001 difiere significativamente con el de las hembras $0,16 \pm 0,02$ cm, p<0,001. Presentando el doble de coeficiente de variación con respecto a la medida anterior en las medidas de machos y hembras (Tabla 35).

Tabla 35. Medida diámetro de la séptima costilla derecha en la proyección latero-lateral izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
LL-R7 (cm)	40	0.18	0.03	14.68	0.14	0.24
Hembras (cm)	19	0.16 *	0.02	9.98	0.14	0.22
Machos (cm)	21	0.20 *	0.02	11.58	0.16	0.24

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 LL: proyección latero-lateral izquierda; R7: diámetro de la séptima costilla derecha
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.11.- Ratio CVC /T7.

Esta variable fue establecida como indicador de insuficiencia cardiaca derecha, el valor medio para esta medida fue $0,43 \pm 0,04$, n=40. Encontrando diferencias significativas entre machos y hembras p<0,05. Siendo el valor de los machos de $0,45 \pm 0,04$ y el de las hembras $0,41 \pm 0,04$ (Tabla 36).

Tabla 36. Medida Ratio CVC /T7 en la proyección latero-lateral izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
LL-Ratio CVC/T7	40	0.43	0.04	9.58	0.35	0.52
Hembras	19	0.41 *	0.04	9.45	0.35	0.49
Machos	21	0.45 *	0.04	8.63	0.38	0.52

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 LL: proyección latero-lateral izquierda; Ratio CVC/ T7: CVC/T7
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,05)

A.5.12.- Ratio CVC/R7.

Al igual que la medida anterior, también fue establecida como indicador de insuficiencia cardiaca derecha. Obteniendo una media de $2,15 \pm 0,26$. No encontrando diferencias significativas con respecto al género en esta variable $p=0,30$ (Tabla 37).

Tabla 37. Medida Ratio CVC /R7 en la proyección latero-lateral izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
LL-Ratio CVC/R7	40	2.15	0.26	12.09	1.66	2.81
Hembras	19	2.11	0.25	11.71	1.81	2.75
Machos	21	2.20	0.27	12.37	1.66	2.81

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 LL: proyección latero-lateral izquierda; Ratio CVC/ R7: CVC/R7

A.5.13.- Longitud de T1-14 en la proyección latero-lateral derecha (MEDIDA - VERTEBRAL T1-14).

La longitud del cuerpo vertebral de T1-14 presentó un valor medio de $13,70 \pm 1,33$ cm, $n=40$. También se encontraron diferencias significativas con respecto al género como muestra la tabla 38.

Tabla 38. Medida longitud de T1-14 en la proyección latero-lateral derecha.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-MEDIDA-VERTEBRAL T1-T14 (cm)	40	13.70	1.33	9.74	11.12	16.52
Hembras (cm)	19	12.47 *	0.57	4.59	11.12	13.63
Machos (cm)	21	14.81 *	0.68	4.58	13.44	16.52

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; MEDIDA-VERTEBRAL-T1-14: longitud cuerpo vertebral desde T1 a T14
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.14.- Medida área cardiaca eje en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ÁREA-EJE, LL-ÁREA-EJE).

Este parámetro se realiza mediante la utilización del ROI Eje Software OsiriX MD, los valores medios para estas proyecciones fueron (RL-ÁREA-EJE: $3,14 \pm 0,8 \text{ cm}^2$, n=40; LL-ÁREA-EJE: $3,17 \pm 0,81 \text{ cm}^2$, n=40). Al diferenciar entre géneros, resultó que el valor de los machos (RL-ÁREA-EJE: $3,82 \pm 0,45 \text{ cm}^2$; LL-ÁREA-EJE: $3,87 \pm 0,41 \text{ cm}^2$; p<0,001) es significativamente mayor que el de las hembras (RL-ÁREA-EJE: $2,39 \pm 0,23 \text{ cm}^2$; LL-ÁREA-EJE: $2,41 \pm 0,26 \text{ cm}^2$; p<0,001). Además el coeficiente de variación también disminuye con esta diferenciación, mostrando una medida más homogénea (Tabla 39)

Tabla 39. Medida área cardiaca eje en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-ÁREA-EJE (cm ²)	40	3.14	0.81	25.67	1.79	4.93
Hembras (cm ²)	19	2.39 *	0.23	9.43	1.79	2.79
Machos (cm ²)	21	3.82 *	0.45	11.73	3.29	4.93
LL-ÁREA-EJE (cm ²)	40	3.17	0.81	25.63	1.89	4.73
Hembras (cm ²)	19	2.41 *	0.26	10.99	1.89	2.94
Machos (cm ²)	21	3.87 *	0.41	10.49	3.20	4.73

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; ÁREA-EJE: área cardiaca eje
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.15.- Área cardiaca eje en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-EJE, DV-ÁREA-EJE).

La media de los valores para esta variable fueron (VD-ÁREA-EJE: $3,87 \pm 0,94$ cm², n=40; DV-ÁREA-EJE: $4,80 \pm 0,50$ cm², n=40). Como en las proyecciones laterolaterales, las medidas de los machos (VD-ÁREA-EJE: $4,59 \pm 0,64$ cm²; DV-ÁREA-EJE: $4,80 \pm 0,50$ cm²; p<0,001) difieren significativamente con las hembras (VD-ÁREA-EJE: $3,08 \pm 0,45$ cm²; DV-ÁREA-EJE: $3,06 \pm 0,47$ cm²; p<0,001) disminuyendo el coeficiente de variación con respecto a la total (Tabla 40).

Tabla 40. Medida área cardiaca eje en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-ÁREA-EJE (cm ²)	40	3.87	0.94	24.22	2.01	5.56
Hembras (cm ²)	19	3.08 *	0.45	14.48	2.01	3.85
Machos (cm ²)	21	4.59 *	0.64	13.86	3.37	5.56
DV-ÁREA-EJE (cm ²)	40	3.97	1.01	25.30	2.08	5.53
Hembras (cm ²)	19	3.06 *	0.47	15.28	2.08	4.02
Machos (cm ²)	21	4.80 *	0.50	10.48	3.76	5.53

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; ÁREA-EJE: área cardiaca eje
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p <0,001)

A.5.16.- Área cardiaca polígono abierto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ÁREA-POL, LL-ÁREA-POL).

Los valores medios para el área cardiaca polígono abierto en las proyecciones laterolaterales fueron (RL-ÁREA-POL: $5,59 \pm 1,36$ cm², n=40; LL-ÁREA-POL: $5,68 \pm 1,39$ cm², n=40). Cuando diferenciamos entre géneros como en muchas otras variables, los valores de los machos (RL-ÁREA-POL: $6,78 \pm 0,65$ cm²; LL-ÁREA-POL: $6,88 \pm 0,68$ cm²; p<0,001) difieren significativamente de las hembras (RL-ÁREA-POL: $4,28 \pm 0,30$ cm²; LL-ÁREA-POL: $4,35 \pm 0,35$ cm²; p<0,001). Además el coeficiente de variación de la medida disminuye al separar en géneros (Tabla 41).

Tabla 41. Medida área cardiaca polígono abierto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-ÁREA-POL(cm ²)	40	5.59	1.36	24.35	3.27	8.28
Hembras (cm ²)	19	4.28 *	0.30	7.06	3,27	4,82
Machos	21	6.78 *	0.65	9.63	5,95	8,28
LL-ÁREA-POL (cm ²)	40	5.68	1.39	24.44	3.30	8.40
Hembras (cm ²)	19	4.35 *	0.35	8.07	3,30	5,08
Machos (cm ²)	21	6.88 *	0.68	9.88	6,05	8,40

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; ÁREA-POL: área cardiaca polígono abierto
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p < 0,001)

A.5.17.- Área cardiaca polígono abierto con grasa en la proyección latero-lateral derecha e izquierda (RL-ÁREA-POLG, LL-ÁREA-POLG).

Esta variable es igual que la anterior pero englobando la zona de distorsión o grasa del lado derecho cardiaco. Los valores obtenidos son más altos y están representados en la tabla 42.

Tabla 42. Medida área cardiaca polígono abierto con grasa en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
RL-ÁREA-POLG (cm ²)	40	6.06	1.36	22.38	3.37	8.30
Hembras (cm ²)	19	4.80 *	0.44	9.27	3.37	5.44
Machos (cm ²)	21	7.21 *	0.72	9.97	6.29	8.30
LL-ÁREA-POLG (cm ²)	40	6.28	1.45	23.02	3.79	8.98
Hembras (cm ²)	19	4.93 *	0.55	11.24	3.79	6.40
Machos (cm ²)	21	7.50 *	0.72	9.56	6.33	8.98

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; ÁREA-POLG: área cardiaca polígono abierto con grasa
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p < 0,001)

A.5.18.- Área cardiaca polígono abierto 9 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-POL9, DV-ÁREA-POL9).

La tabla 43 muestra los valores medios obtenidos del área cardiaca polígono abierto 9 puntos (VD-ÁREA-POL9: $6,02 \pm 1,48 \text{ cm}^2$, $n=40$; DV-ÁREA-POL9: $6,25 \pm 1,60 \text{ cm}^2$, $n=40$). El valor de los machos (VD-ÁREA-POL9: $7,20 \pm 0,91 \text{ cm}^2$; DV-ÁREA-POL9: $7,57 \pm 0,66 \text{ cm}^2$; $p < 0,001$) difiere significativamente con el valor de las hembras (VD-ÁREA-POL9: $4,72 \pm 0,65 \text{ cm}^2$, DV-ÁREA-POL9: $4,79 \pm 0,66 \text{ cm}^2$; $p < 0,001$). Al igual que medidas anteriores, el coeficiente de variación disminuye cuando diferenciamos entre géneros.

Tabla 43. Medida área cardiaca polígono abierto 9 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-ÁREA-POL9 (cm ²)	40	6.02	1.48	24.58	3.26	8.89
Hembras (cm ²)	19	4.72 *	0.65	13.77	3.26	5.86
Machos (cm ²)	21	7.20 *	0.91	12.64	5.93	8.89
DV-ÁREA-POL9 (cm ²)	40	6.25	1.60	25.62	3.32	9.57
Hembras (cm ²)	19	4.79 *	0.66	13.81	3.32	5.90
Machos (cm ²)	21	7.57 *	0.88	11.63	6.09	9.57

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
 VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; ÁREA-POL9: área cardiaca polígono abierto 9 puntos
 * Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,001$)

A.5.19.- Área cardiaca polígono abierto 7 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-POL7, DV-ÁREA-POL7).

Los resultados obtenidos para esta variable fueron (VD-ÁREA-POL7: $5,93 \pm 1,48 \text{ cm}^2$, $n=40$; DV-ÁREA-POL7: $6,23 \pm 1,67 \text{ cm}^2$, $n=40$). También encontramos diferencias significativas entre machos y hembras. Siendo el valor de los machos (VD-ÁREA-POL7: $7,12 \pm 0,88 \text{ cm}^2$; DV-ÁREA-POL7: $7,58 \pm 0,95 \text{ cm}^2$; $p < 0,001$) y el de las hembras (VD-ÁREA-POL7: $4,60 \pm 0,60 \text{ cm}^2$; DV-ÁREA-POL7: $4,73 \pm 0,72 \text{ cm}^2$; $p < 0,001$). El coeficiente de variación disminuyó considerablemente al diferenciar entre géneros (Tabla 44).

Tabla 44. Medida área cardiaca polígono abierto 7 puntos en la proyección vetrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
VD-ÁREA-POL7 (cm ²)	40	5.93	1.48	24.97	3.21	8.69
Hembras (cm ²)	19	4.60 *	0.60	13.14	3.21	5.90
Machos (cm ²)	21	7.12 *	0.88	12.35	5.94	8.69
DV-ÁREA-POL7 (cm ²)	40	6.23	1.67	26.77	3.14	9.68
Hembras (cm ²)	19	4.73 *	0.72	15.29	3.14	6.00
Machos (cm ²)	21	7.58 *	0.95	12.50	6.13	9.68

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
VD: proyección vetrodorsal; DV: proyección dorsoventral; ÁREA-POL7: área cardiaca polígono abierto 7 puntos
* Diferencias estadísticamente significativas entre géneros (p<0,001)

A.5.20.- Índice mediastínico en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (IND-MEDIASTÍNICO-VD, IND-MEDIASTÍNICO-DV).

Este parámetro surge para intentar evaluar el nivel de engrasamiento del animal en la zona del arco aórtico y mediastino, obteniéndose las siguientes medidas (IND-MEDIASTÍNICO-VD: $1,27 \pm 0,47$, n=40; IND-MEDIASTINICO-DV: $1,23 \pm 0,49$, n=40). No encontramos diferencias significativas con respecto al género y el coeficiente de variación fue mayor a 30, indicando que los datos son muy heterogéneos (Tabla 45).

Tabla 45. Medida índice mediastínico en la proyección vetrodorsal y dorsoventral.

Variable	n	Media	D.T	C.V	Min.	Max.
IND-MEDIASTÍNICO-VD (cm)	40	1.27	0.47	36.62	1.00	2.59
Hembras (cm)	19	1.19	0.40	33.63	1.00	2.59
Machos (cm)	21	1.35	0.52	38.30	1.00	2.58
IND-MEDIASTÍNICO-DV (cm)	40	1.23	0.49	39.31	1.00	3.60
Hembras (cm)	19	1.14	0.30	26.00	1.00	2.15
Machos (cm)	21	1.32	0.60	45.88	1.00	3.60

D.T: desviación estándar; C.V: coeficiente de variación; Min: mínimo; Max: máximo
VD: proyección vetrodorsal; DV: proyección dorsoventral; IND-MEDIASTÍNICO: índice mediastínico

A.5.21.- Facilidad visualización en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral.

Este parámetro refleja la facilidad por parte del operador al realizar el área cardiaca polígono abierto en la proyecciones laterolaterales, ventrodorsales y dorsoventrales. Encontrando que 70% de las imágenes en las que se realizó la medida fueron consideradas fáciles, el 20% dudosas y el 5% mala, para la proyecciones laterolaterales. Con respecto a la proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales, el 77,5% de las imágenes fueron evaluadas como fáciles y el 22,5% como difíciles. Según la clasificación previamente establecida para evaluar cada proyección.

A.5.22.- Puntuación de la radiografía en la proyección latero-lateral derecha, lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral.

Esta variable refleja la calidad de la proyección radiográfica con respecto al posicionamiento del paciente, en nuestro estudio encontramos que el 85% de las imágenes en las que se tomaron las medidas para la proyección latero-lateral derecha fueron consideradas como buenas y un 15% como malas. Para la proyección latero-lateral izquierda el 77,5% se evaluaron como buenas y el 22,5% como malas. En la proyección ventrodorsal el 82,5% buenas frente al 17,5% malas. Resultados muy similares fueron encontrados en la proyección dorsoventral con un 90% de las imágenes consideradas como buenas y tan sólo un 10% como malas.

B.- DIMENSIONALIDAD DE LAS VARIABLES.

Una vez llevado a cabo el análisis descriptivo e inferencial de las variables, estudiamos el comportamiento conjunto de todas las variables expuestas, con el fin de transformar un conjunto de variables correlacionadas en un conjunto reducido de nuevas variables sintéticas (componentes principales) que expliquen la mayor parte de la variación existente en los datos. Para ello hemos utilizado el análisis de componentes principales (PCA). Los resultados obtenidos se exponen a continuación.

En primer lugar, el resultado puede considerarse como satisfactorio, requiriéndose 5 PC's para explicar un 85% de la variación inicial, si bien los 3 primeros componentes principales explican cerca del 80% de la variación total, en tanto que los dos primeros componentes superan claramente el 70% de varianza explicada (Tabla 46). Ello es indicativo de una fuerte interrelación entre las variables utilizadas para describir los individuos.

Tabla 46. Variabilidad explicada por cada componente principal.

P.C	%V.E.	%V.Ac.
1	60.47	60.47
2	12.18	72.65
3	6.48	79.13
4	3.48	82.61
5	2.94	85.55

P.C: componente principal; % V.E.: porcentaje de la varianza explicada; %V.Ac.: porcentaje de varianza acumulada

En cuanto a la homogeneidad de los individuos, se trata de una muestra de población muy compacta. Tal y como podemos observar en el gráfico de influencia (Figura 43), la totalidad de los individuos está por debajo de la línea roja horizontal, que viene a marcar el límite de individuos coherentes con el modelo común elaborado a partir de las variables, lo que indica que todos siguen un mismo patrón morfológico. Por otra parte, la escala T2 de Hotelling (línea roja vertical) recoge la totalidad de individuos por debajo del límite máximo, indicando la ausencia de individuos extremos. Por todo ello, cabe asumir que la muestra utilizada es compacta y representativa (Figura 43).

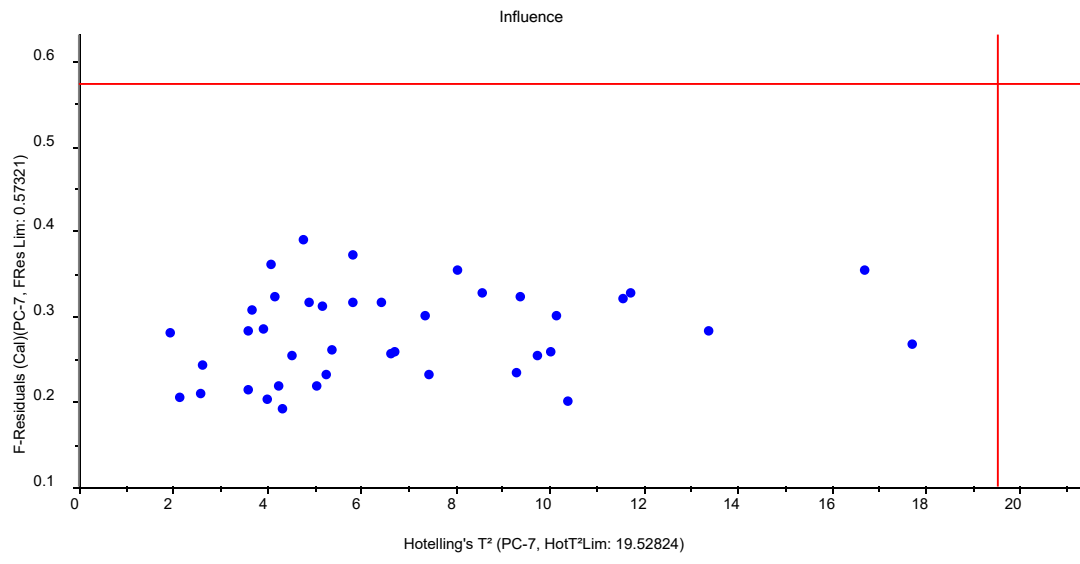


Figura 43 . Gráfico de influencia: escala T2 de Hotelling frente a los residuales F de los individuos del estudio.

En el mapa de puntuación las hembras se separan perfectamente de los machos, sólo con PC1 (Figura 44), por lo tanto, aquellas variables con elevada carga factorial en el primer PC son las implicadas en la diferenciación sexual mostrada.

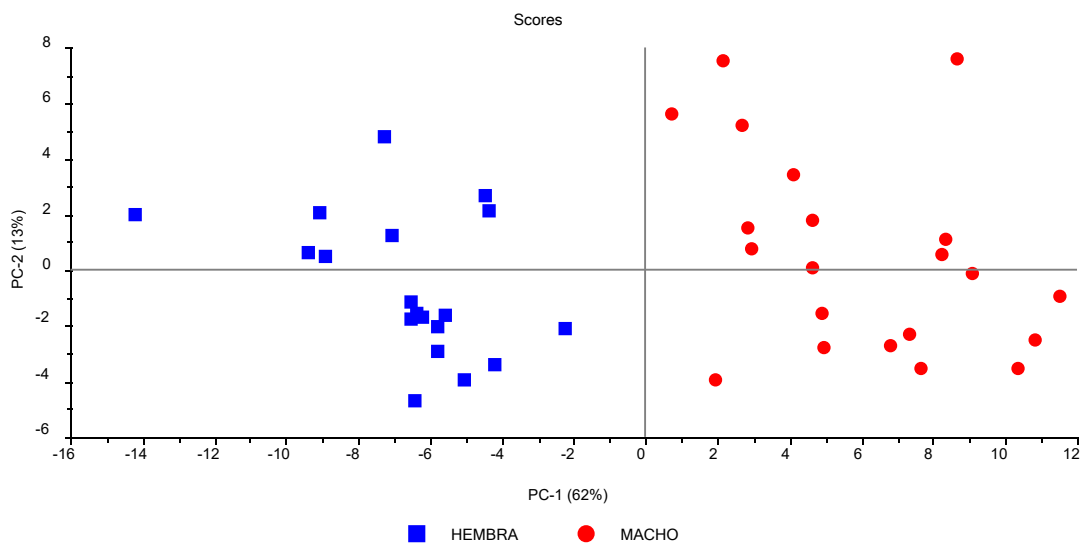


Figura 44. Mapa de puntuación (Scores) de PC1 frente a PC2 de los hurones del estudio.

De esta manera la figura 45 (gráfico de cargas factoriales) muestra que el primer componente separa un grupo de 4 ratios (arriba-izquierda) con carga negativa (DV.RATIO2, DV.RATIO1, VD.RATIO2 y VD.RATIO1) del resto de variables que aparecen con cargas positivas en todos los casos. Combinando la interpretación del gráfico de puntuación y gráfico de cargas, resulta claro que valores elevados de estos ratios se asocian al sexo hembra, en tanto que valores bajos estarían vinculados al sexo macho. Serían las variables con mayor poder discriminante a la hora de diferenciar sexos, siempre en función del total de variables utilizadas en el análisis.

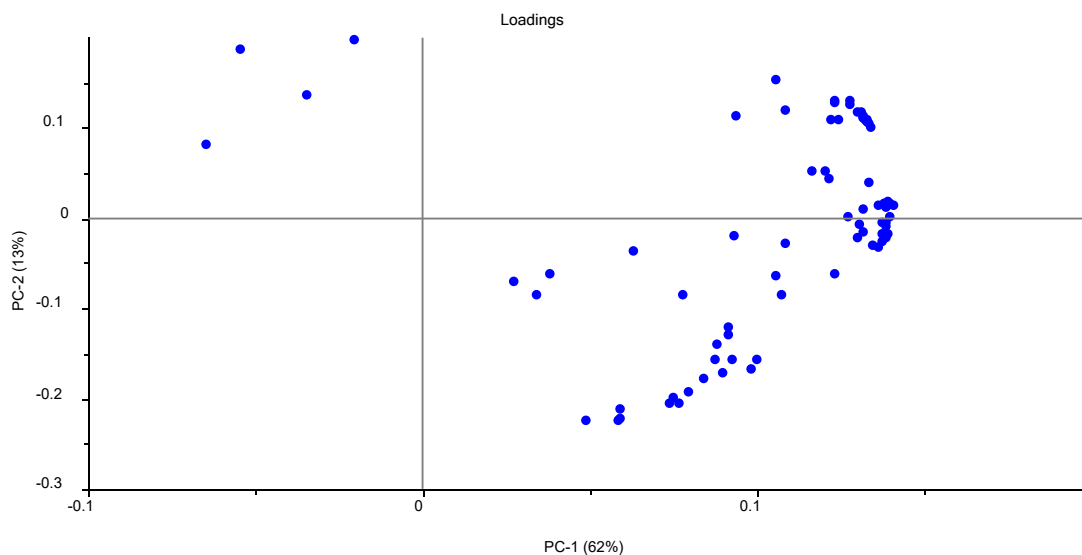


Figura 45. Gráfico de cargas factoriales (Loadings) de PC1 frente a PC2 de las variables del estudio.

La representación gráfica de la combinación de cargas factoriales de los componentes 2 y 3 permite observar ciertas agrupaciones de variables, tal y como muestra la figura 46.

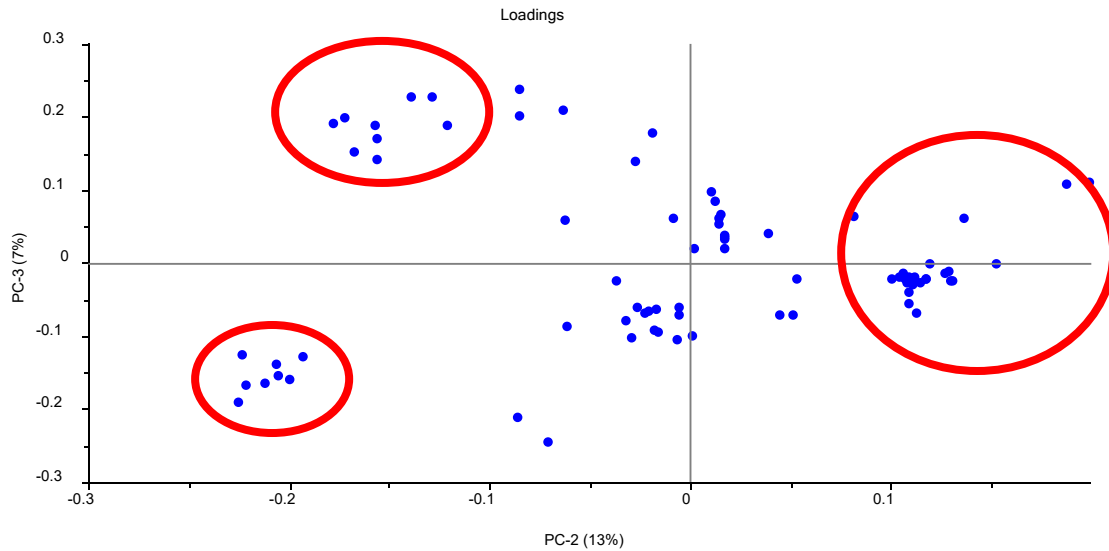


Figura 46. Gráfico de cargas (Loadings) de PC2 frente a PC3 de las variables del estudio. Círculos rojos representan agrupaciones de variables representativas.

En el cuadrante doble negativo (inferior izquierdo) encontramos índices vertebrales cardiacos sugeridos por distintos autores. En el cuadrante superior izquierdo (PC2-, PC3+) volvemos a encontrar distintos índices vertebrales cardiacos, por lo que el tercer componente viene a separar ambos conjuntos de índices que, en principio, miden lo mismo. Finalmente, con alta carga positiva en el segundo componente, aparecen mayoritariamente las medidas de las longitudes vertebrales con los cuales se realizan los distintos índices vertebrales cardiacos.

C.- COMPARACIÓN ENTRE VARIABLES.

Estudiamos la relación entre las variables del estudio, con la intención de analizar las proyecciones dentro de los diferentes índices cardíacos, correlacionar distintas estructuras anatómicas con medidas cardíacas e intentar establecer cuales son los mejores índices de tamaño cardíaco en hurones.

C.1.- ANÁLISIS DE LAS PROYECCIONES DENTRO DE LOS DIFERENTES ÍNDICES CARDÍACOS.

C1.1.- Índice vertebral cardíaco de Buchanan (VHS.B).

Al analizar la proyección dentro de la variable (VHS.B) se aprecia que no hay diferencias significativas entre la proyecciones laterolaterales, ni entre la proyección ventrodorsal y dorsoventral. Sin embargo, encontramos en las proyecciones laterolaterales diferencias significativas con proyecciones ventrodorsal y dorsoventral ($p < 0,05$) (Tabla 47). Observando que el valor de la media de las proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales es significativamente más alto que en las proyecciones laterolaterales (Figura 47).

Tabla 47. Análisis de la proyección en el índice vertebral cardíaco de Buchanan (VHS.B).

Variable	n	Media (v)	D.T	C.V
P1 (RL-VHS.B)	40	5.39a	0.28	5.29
P2 (LL-VHS.B)	40	5.41a	0.29	5.27
P3 (VD-VHS.B)	40	6.08b	0.35	5.69
P4 (DV-VHS.B)	40	6.10b	0.36	5.96
TODOS	160	5.74	0.47	8.20

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; v: medida índice en vertebras
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral; VHS.B: índice vertebral cardíaco de Buchanan

Letras diferentes en la misma columna implican medias estadísticamente distintas ($p < 0,05$)

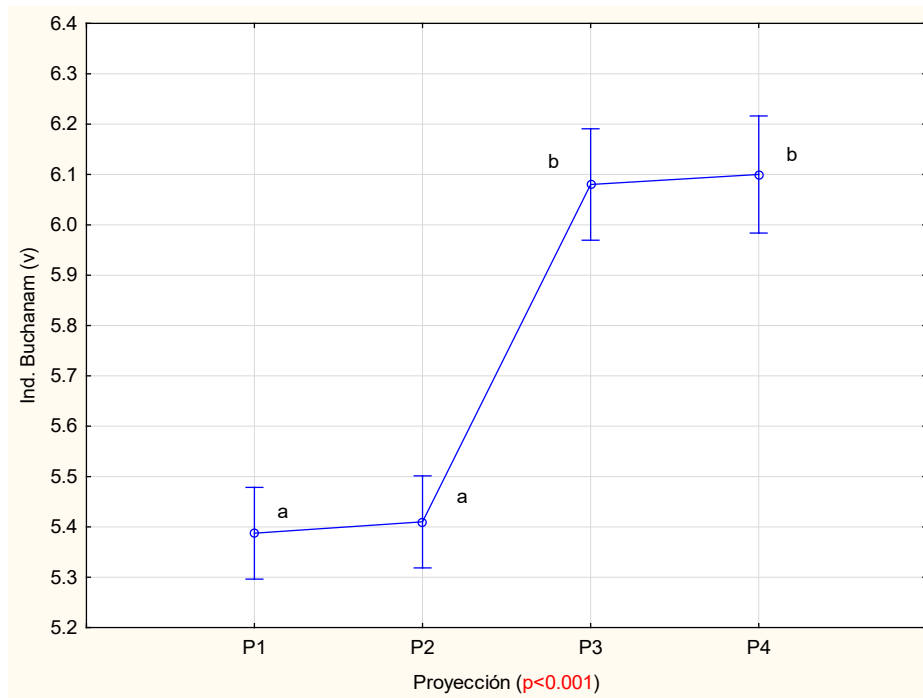


Figura 47. Análisis de la proyección en el índice vertebral cardíaco de Buchanan (VHS.B). P1: índice vertebral cardíaco de Buchanan en la proyección latero-lateral derecha (RL-VHS.B); P2: índice vertebral cardíaco de Buchanan en la proyección latero-lateral izquierda (LL-VHS.B); P3: índice vertebral cardíaco de Buchanan en la proyección ventrodorsal (VD-VHS.B); P4: índice vertebral cardíaco de Buchanan en la proyección dorsoventral (DV-VHS.B). Diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre proyecciones que muestren letras diferentes.

Además se realizaron las correlaciones entre las distintas proyecciones del índice (VHS.B) obteniéndose los siguientes resultados:

La correlación observada entre la proyección latero-lateral derecha (RL-VHS.B) y la proyección latero-lateral izquierda (LL-VHS.B) fue positiva, con un coeficiente de determinación bueno, $R^2 = 0,77$. Cuando correlacionamos las proyecciones laterolaterales con las proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales, obtenemos coeficiente de determinación malo comprendido entre $R^2 = 0,21$ y $R^2 = 0,32$. Mientras que la correlación observada entre las proyecciones ventrodorsal (VD-VHS.B) y la proyección dorsoventral (DV-VHS.B) fue positiva pero con un coeficiente de determinación regular, $R^2 = 0,40$ (Figura 48).

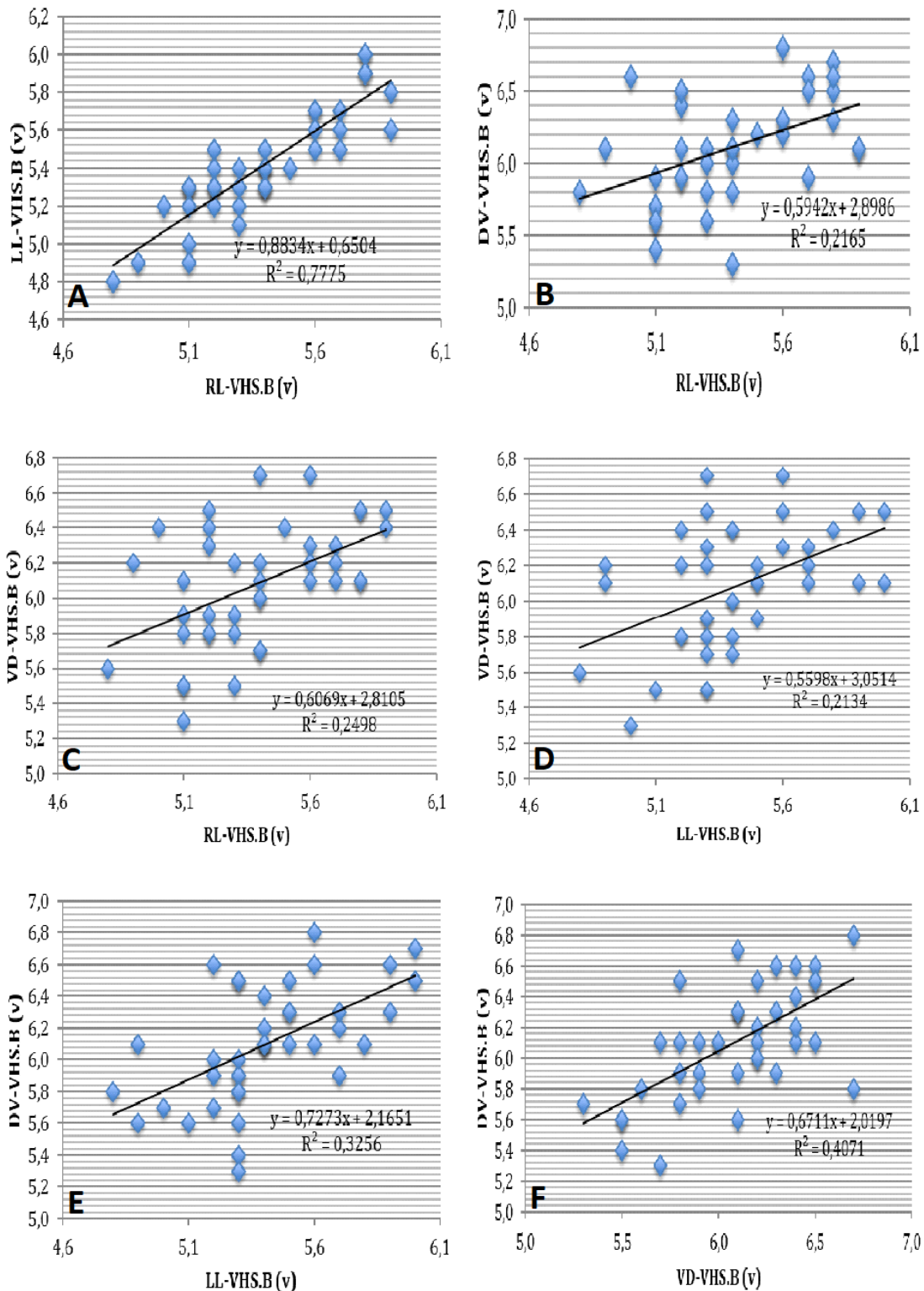


Figura 48. Diagrama de dispersión entre RL-VHS.B (v) frente a LL-VHS.B (v), DV-VHS.B (v) y VD-VHS.B (v) (A, B ,C); LL-VHS.B (v) frente a VD-VHS.B y DV-VHS.B (v) (D,E); VD-VHS (v) frente a DV-VHS.B (v). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos .La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

C.1.2.- Índice esternbral cardiaco (SHS).

En este caso se observa que no encontramos diferencias significativas entre la proyección latero-lateral derecha (RL-SHS) y la proyección latero-lateral izquierda (LL-SHS) $p=0,97$ (Tabla 48). La correlación obtenida entre ambas proyecciones fue positiva y con un coeficiente de determinación bueno $R^2= 0,84$.

Tabla 48. Análisis de la proyección en el índice esternbral cardiaco (SHS).

Variable	n	Media (s)	D.T	C.V
P1 (RL-SHS)	40	4.90	0.31	6.29
P2 (LL-SHS)	40	4.90	0.33	6.65
TODOS	80	4.90	0.32	6.43

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; s: medida del índice en esternbras
RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; SHS : índice esternbral cardiaco

C.1.3.- Medida área cardiaca eje (ÁREA-EJE).

Examinando las proyecciones dentro de la variable se concluye que no hay diferencias significativas entre la proyecciones laterolaterales derecha e izquierda. Tampoco encontramos diferencias significativas entre la proyección ventrodorsal y dorsoventral. No obstante, encontramos que el valor de las proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales, fue significativamente más grande que en las proyecciones laterolaterales ($p<0,05$) (Tabla 49; Figura 49). La correlación observada ente la proyección latero-lateral derecha (RL-ÁREA-EJE) y la proyección latero-lateral izquierda (LL-ÁREA-EJE) fue positiva, con un coeficiente de determinación muy bueno, $R^2= 0,94$. AL correlacionar las proyecciones laterolaterales con las proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales, obtenemos un coeficiente de determinación bueno, comprendido entre $R^2= 0,80$ y $R^2= 0,86$. En cambio la correlación observada entre las proyecciones ventrodorsal (VD-ÁREA-EJE) y la proyección dorsoventral (DV-ÁREA-EJE) fue positiva pero con un coeficiente de determinación muy bueno, $R^2= 0,89$ (Figura 50).

Tabla 49. Análisis de la proyección en la medida área cardiaca eje (ÁREA-EJE).

Variable	n	Media (cm ²)	D.T	C.V
P1 (RL-ÁREA-EJE)	40	3.14a	0.81	25.67
P2 (LL- ÁREA-EJE)	40	3.17a	0.81	25.63
P3 (VD- ÁREA-EJE)	40	3.87b	0.94	24.22
P4 (DV-) ÁREA-EJE	40	3.97b	1.01	25.30
TODOS	160	3.54	0.97	27.30

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; cm²: medida área cardiaca eje
 RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; VD: proyección ventrodorsal;
 DV: proyección dorsoventral; ÁREA-EJE: medida área cardiaca eje
 Letras diferentes en la misma columna implican medias estadísticamente distintas (p<0,05)

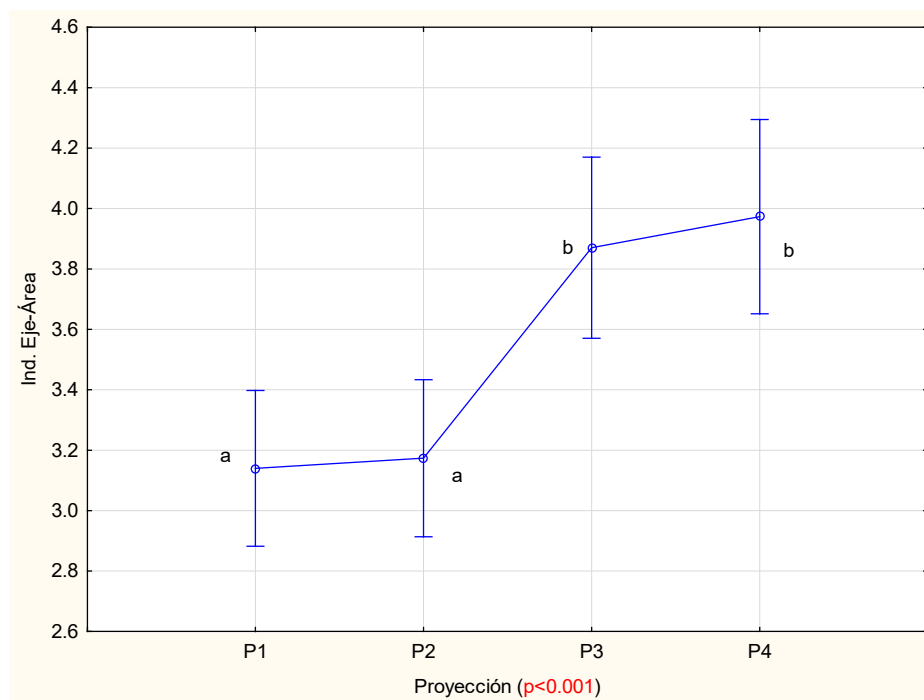


Figura 49. Análisis de la proyección en la medida área cardiaca eje (ÁREA-EJE). P1: medida área cardiaca eje en la proyección latero-lateral derecha (RL-ÁREA-EJE); P2: medida área cardiaca eje en la proyección latero-lateral izquierda (LL-ÁREA-EJE); P3: medida área cardiaca eje en la proyección ventrodorsal (VD-ÁREA-EJE); P4: medida área cardiaca eje en la proyección dorsoventral (DV-VHS.B). Diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) entre proyecciones que muestren letras diferentes.

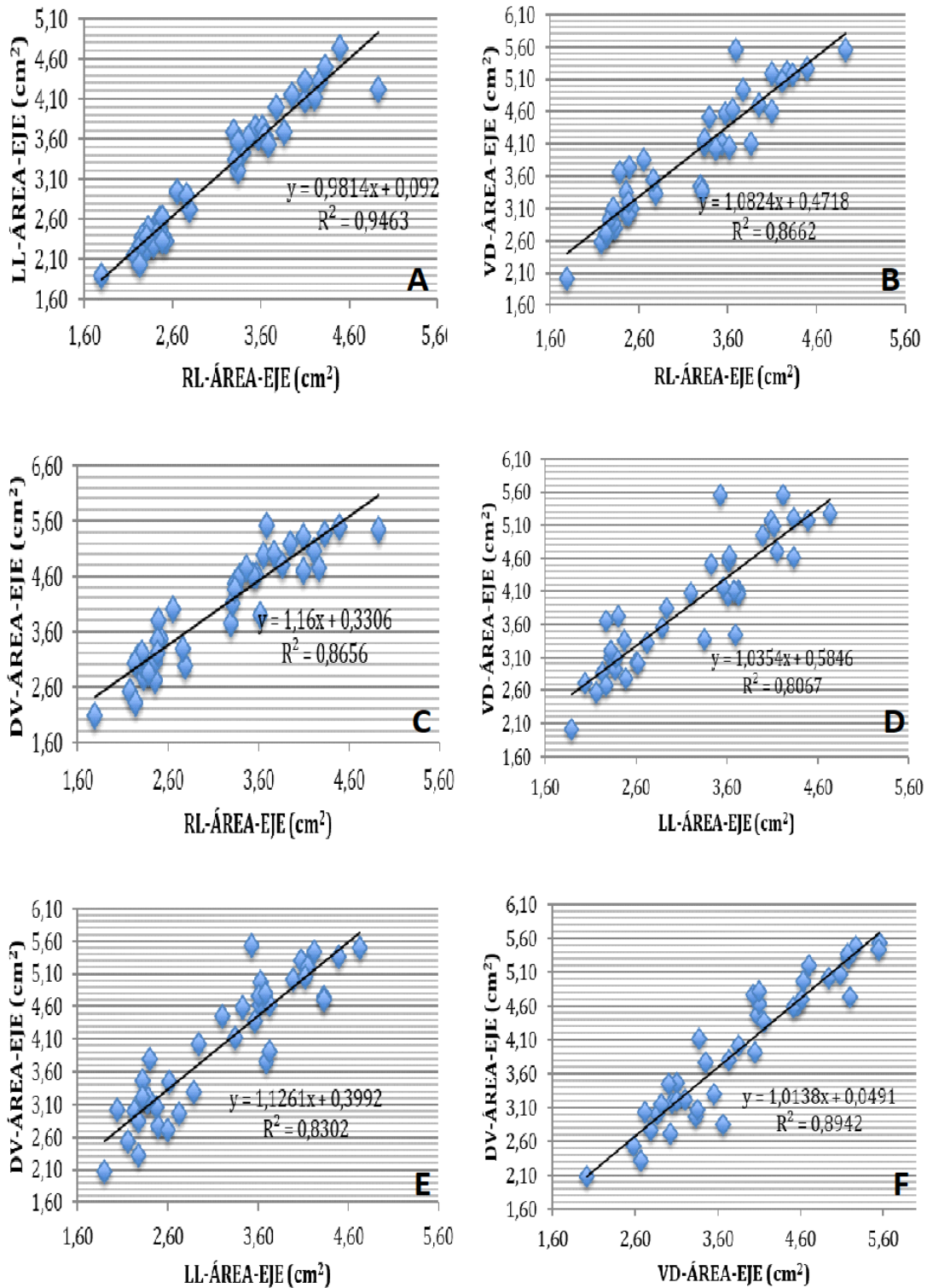


Figura 50. Diagrama de dispersión entre RL- ÁREA-EJE (cm²) frente a LL-ÁREA-EJE (cm²), VD-ÁREA-EJE (cm²) y DV-ÁREA-EJE (cm²) (A, B ,C); LL-ÁREA-EJE (cm²) frente a VD-ÁREA-EJE (cm²) y DV-ÁREA-EJE (cm²) (D,E); VD-ÁREA-EJE (cm²) frente a DV-ÁREA-EJE (cm²). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

C.1.4.- Área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL).

Al estudiar esta variable se observa que no encontramos diferencias significativas entre la proyección latero-lateral derecha (RL-ÁREA-POL) y la proyección latero-lateral izquierda (LL-ÁREA-POL) $p=0,77$ (Tabla 50). La correlación obtenida entre ambas proyecciones fue positiva y con un coeficiente de determinación muy bueno $R^2=0,97$ (Figura 51).

Tabla 50. Análisis de la proyección en la medida área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL).

Variable	n	Media (cm ²)	D.T	C.V
P1 (RL-ÁREA-POL)	40	5.59	1.36	24.35
P2 (LL-ÁREA-POL)	40	5.68	1.39	24.44
TODOS	80	5.63	1.37	24.25

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; (cm²): medida área cardiaca polígono abierto; RL: proyección latero-lateral derecha; LL: proyección latero-lateral izquierda; ÁREA-POL: medida área cardiaca polígono abierto

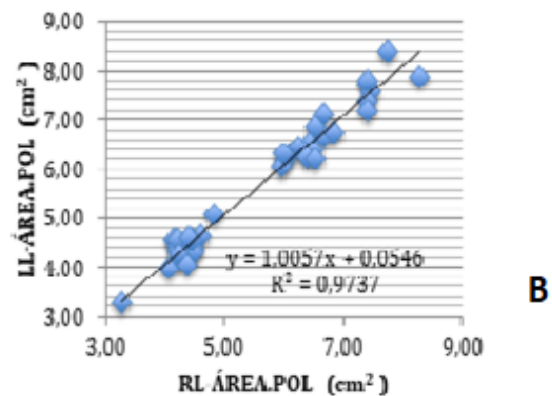
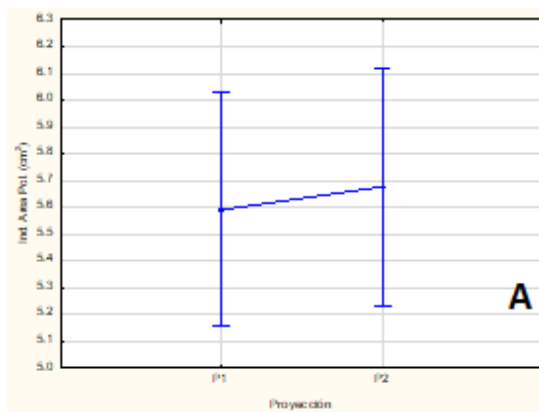


Figura 51. (A) Análisis de la proyección en la medida área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL). P1: área cardiaca polígono abierto en la proyección latero-lateral derecha (RL-ÁREA-POL); P2: área cardiaca polígono abierto en la proyección latero-lateral izquierda (LL-ÁREA-POL). Diferencias estadísticamente no significativas entre proyecciones ($p>0,05$) (B) Diagrama de dispersión entre RL-ÁREA-POL (cm²) frente a LL-ÁREA-POL (cm²). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

C.1.5.- Área cardiaca polígono abierto 7-9 puntos (ÁREA-POL7, ÁREA-POL9).

Al analizar las proyecciones dentro de la variable se aprecia que no hay diferencias significativas entre la proyecciones ventrodorsal y dorsoventral con independencia del número de puntos para realizar la medida. También apreciamos que no existen diferencias significativas en la realización de la medida teniendo en cuenta sólo el número de puntos con independencia de las proyección. Además no obtuvimos diferencias significativas al evaluar las proyecciones teniendo en cuenta el número de puntos para su realización (Tabla 51; Figura 52).

Tabla 51. Análisis de la proyección con independencia del número de puntos, nº de puntos con independencia de la proyección y proyección dependiendo número de puntos en la medida área cardiaca polígono abierto 7-9 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Proyección	Nº de Puntos	n	Media (cm ²)	D.T	C.V
VD		80	5.97	1.47	24.63
DV		80	6.24	1.62	26.03
	7	80	6.08	1.57	25.89
	9	80	6.14	1.54	25.04
Proyección x Nº de Puntos					
VD	7	40	5.93	1.48	24.97
VD	9	40	6.02	1.48	24.58
DV	7	40	6.23	1.67	26.77
DV	9	40	6.25	1.60	25.62

D.T: desviación típica; C.V: coeficiente de variación; cm²: medida área cardiaca Polígono abierto
VD: proyección ventrodorsal; DV: proyección dorsoventral

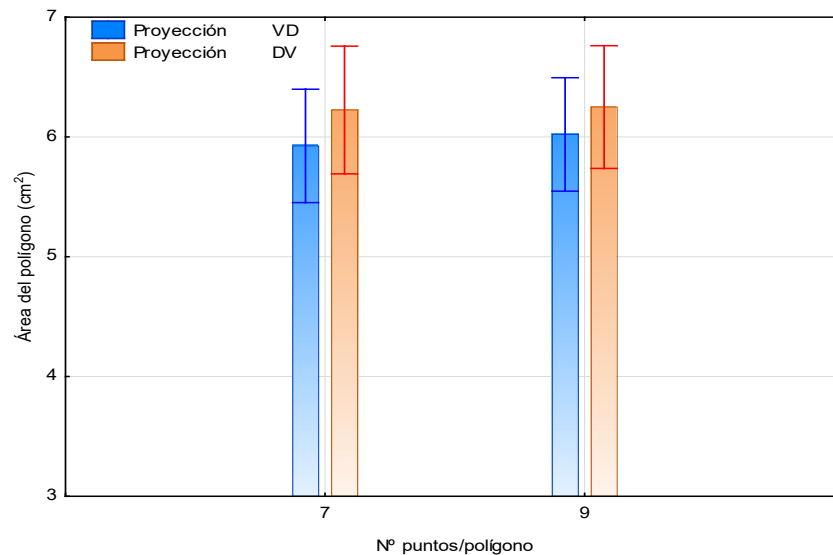


Figura 52. Análisis de la proyección con independencia del número de puntos, nº de puntos con independencia de la proyección y proyección dependiendo número de puntos en la medida área cardíaca polígono abierto 7-9 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral. 7: medida área cardíaca polígono abierto 7 puntos (ÁREA-POL7) en la proyección ventrodorsal y dorsoventral; 9: medida área cardíaca polígono abierto 9 puntos (ÁREA-POL9) en la proyección ventrodorsal y dorsoventral. Diferencias estadísticamente no significativas.

Asimismo se realizaron las correlaciones entre las distintas proyecciones según el número de puntos, obteniéndose los siguientes resultados:

La correlación observada entre la proyección ventrodorsal con 7 puntos (VD-ÁREA-POL7) y la proyección ventrodorsal con 9 puntos (VD-ÁREA-POL9) fue positiva, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,99$. Cuando correlacionamos las proyecciones ventrodorsales de 7 y 9 puntos (VD-ÁREA-POL7, VD-ÁREA-POL9) con las proyecciones dorsoventrales de 7 y 9 puntos (DV-ÁREA-POL7, DV-ÁREA-POL9), obtenemos coeficientes de determinación comprendidos entre $R^2 = 0,89$ y $R^2 = 0,92$. Mientras que la correlación observada entre las proyecciones dorsoventral con 7 puntos (DV-ÁREA-POL7) y la proyección dorsoventral con 9 puntos (DV-ÁREA-POL9) fue positiva pero con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,98$ (Figura 53).

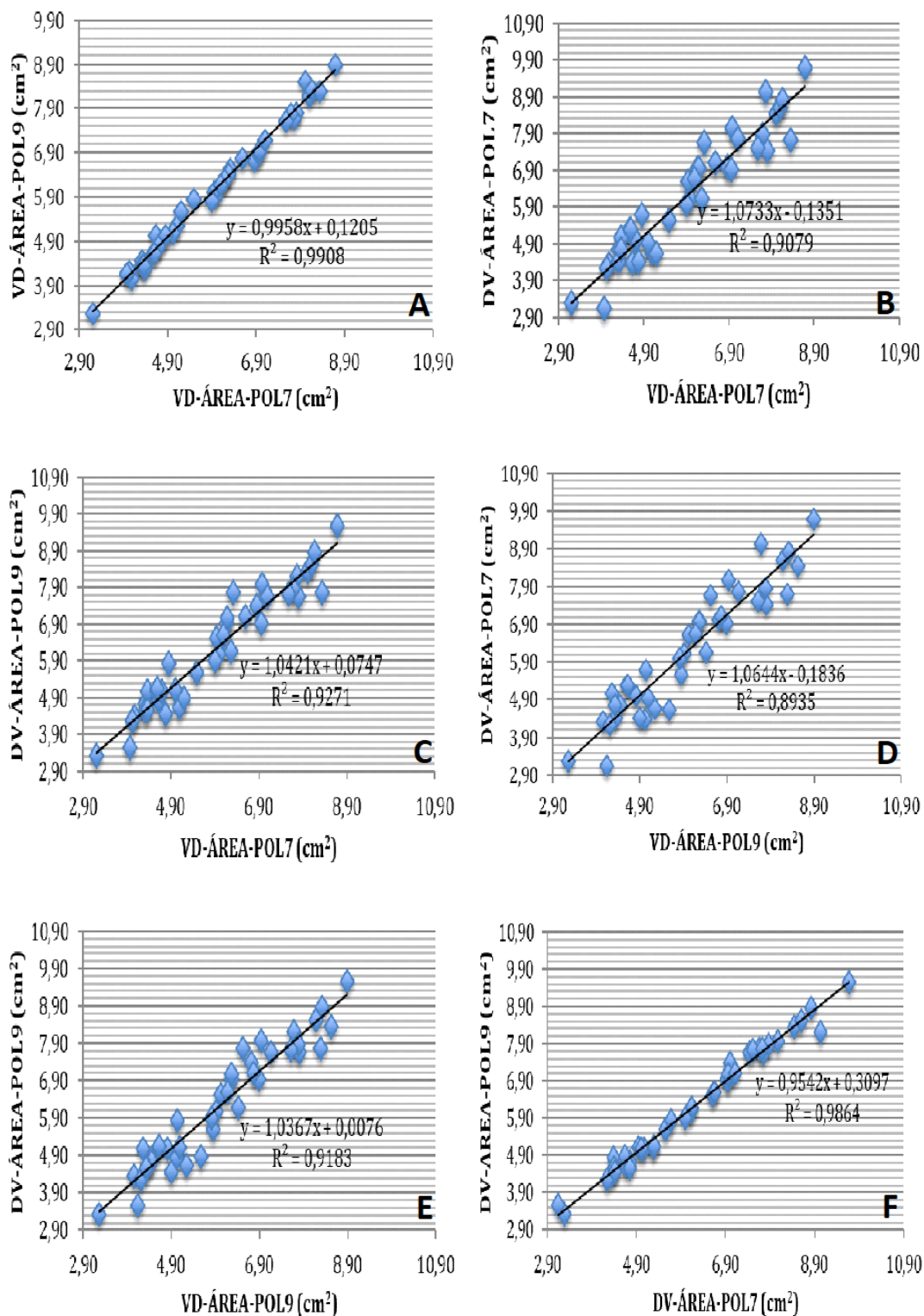


Figura 53. Diagrama de dispersión entre VD-ÁREA-POL7 (cm²) frente a VD-ÁREA-POL9 (cm²), DV-ÁREA-POL7 (cm²) y DV-ÁREA-POL9 (cm²) (A, B, C); VD-ÁREA-POL9 (cm²) frente a DV-ÁREA-POL7 (cm²) y DV-ÁREA-POL9 (cm²) (D,E); DV-ÁREA-POL7 (cm²) frente a DV-ÁREA-POL9 (cm²). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

C.2.- CORRELACIÓN ENTRE DIFERENTES MEDIDAS CARDIACAS Y ESTRUCTURAS ANATÓMICAS UTILIZADAS EN LOS ÍNDICES.

La correlación entre la suma del eje corto y eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha (RL-L+W) y las diferentes longitudes vertebrales en la misma proyección (RL-T-5-8, RL-T6-12, RL-T4-7) fue muy similar, positiva y con un coeficiente de determinación sobre $R^2= 0,83$. En cambio la correlación observada entre eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha (RL-LA) y las mismas longitudes vertebrales en la proyección latero-lateral derecha (RL-T5-8, RL-T6-12, RL-T4-7) fue positiva pero con un coeficiente de determinación menor comprendido entre $R^2= 0,73$ y $R^2= 0,76$. Sin embargo, el coeficiente de determinación encontrado cuando correlacionamos (RL-L+W, RL-LA) y la longitud de las esternebras 4-7 (RL-ESTERNEBRAS4-7) fue ligeramente menor, con un valor de $R^2= 0,75$ y $R^2= 0,70$ respectivamente (Tabla 52).

Tabla 52. Correlación entre diferentes medidas cardiacas y estructuras anatómicas utilizadas en los índices.

Variable	RL-T5-8	RL-T6-12	RL-T4-7	RL-ESTERNEBRA4-7
RL-L+W	0,83	0,84	0,83	0,75
RL-LA	0,73	0,76	0,75	0,70

RL: proyección latero-lateral derecha; L+W suma del eje largo y eje corto cardiaco; LA: eje largo cardiaco; T5-8: longitud cuerpo vertebral T5 a T8; T6-12: longitud cuerpo vertebral T6 a T12; T4-7: longitud del cuerpo vertebral T4 a T7; ESTERNEBRA 4-7: longitud cuerpo esternebra S4 a S7

La correlación observada entre el eje corto cardiaco en la proyección ventrodorsal (VD-SA) y la medida del ancho del tórax a la altura de la octava vértebra torácica (VD-8thTV) fue positiva, con un coeficiente de determinación regular, $R^2= 0,47$. Mientras que la correlación encontrada entre el eje corto cardiaco en la proyección dorsoventral (DV-SA) y la medida del ancho del tórax a la altura de la octava vértebra torácica (DV-8thTV) también fue positiva pero con un coeficiente de determinación ligeramente superior $R^2= 0,60$ (Figura 54).

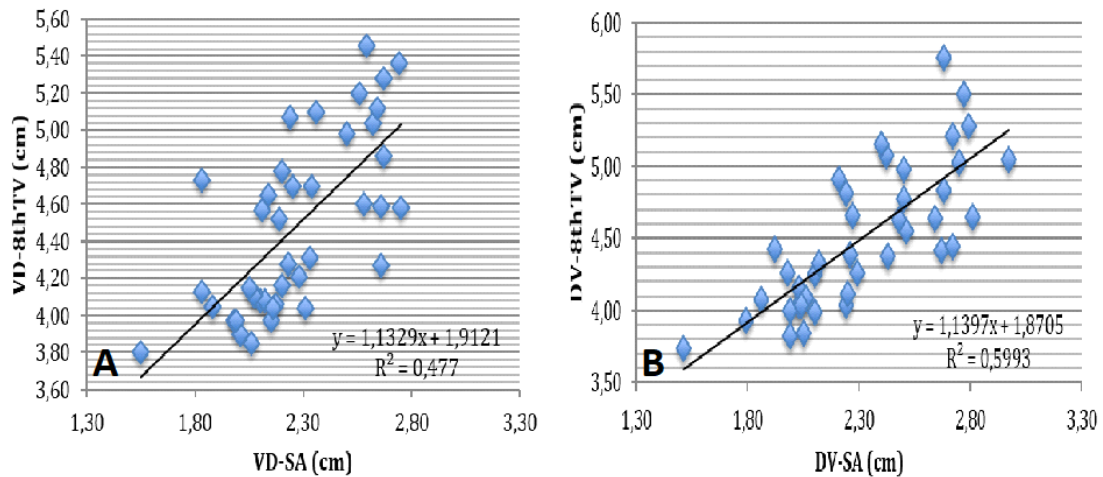


Figura 54. Diagrama de dispersión entre VD-SA (cm) frente a VD-8thTV (cm) (A); DV-SA (cm) frente a DV-8thTV (cm) (B). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

Al analizar la correlación de la variable diámetro de la vena cava caudal (CVC), se observó que la correlación con el diámetro de la séptima costilla derecha en la proyección latero-lateral izquierda (R7) fue positiva, con un coeficiente de determinación regular, $R^2 = 0,44$. En cambio la correlación encontrada entre el diámetro de la vena cava caudal (CVC) y la longitud del cuerpo vertebral séptima torácica en la proyección latero-lateral izquierda (T7) fue positiva, pero con un coeficiente de determinación ligeramente mayor $R^2 = 0,61$ (Figura 55).

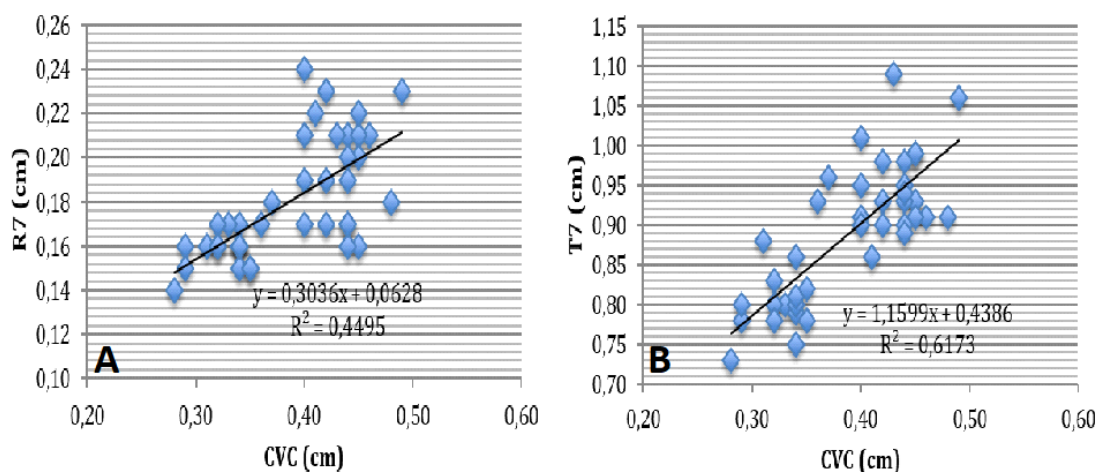


Figura 55. Diagrama de dispersión entre CVC (cm) frente a R7 (cm) y T7 (cm) (A,B). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

C.3.- COMPARACIÓN DE MEDIDAS CARDIACAS.

En este apartado, pretendemos ver cuál de las medidas cardiacas principales es la más efectiva. Para ello comparamos las diferentes medidas cardiacas con el índice vertebral de Buchanan (VHS.B) en la proyección latero-lateral derecha y ventrodorsal. Además correlacionamos estas medidas cardiacas con la suma de medidas del eje largo y corto cardiaco.

C.3.1.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con el índice vertebral cardiaco de Stepien.

Al analizar la correlación obtenida entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan en la proyección latero-lateral derecha (RL-VHS.B) y el índice vertebral cardiaco de Stepien (RL-VHS.S) ésta fue positiva, con un coeficiente de determinación $R^2= 0,86$. Además, Buchanan es “continuo “ en sus valores entre 4,8 y 5,9 y Stepien converge en cuatro valores únicos: 5,0, 5,25, 5,5, y 5,75. Cuando correlacionamos el índice vertebral cardiaco de Buchanan en la proyección ventrodorsal (VD-VHS.B) y el índice vertebral cardiaco de Stepien en la misma proyección (VD-VHS.S) también fue positiva, con un coeficiente de determinación $R^2= 0,90$. Buchanan en esta proyección sigue siendo “continuo “ en sus valores entre 5,3 y 6,7, mientras que Stepien converge en siete valores únicos: 5,25, 5,50 , 5,75 , 6, 0, 6,25, 6,50 y 6,75 (Figura 56).

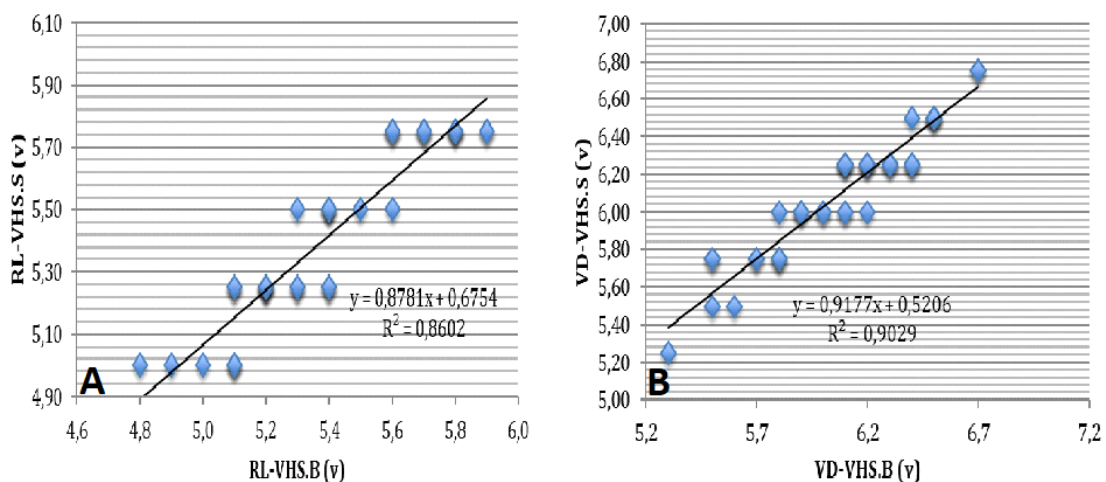


Figura 56. Diagrama de dispersión entre VHS.B (v) frente a VHS.S (v) en la proyección latero-lateral derecha y ventrodorsal (A,B). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

C.3.2.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con el índice vertebral cardiaco de Onuma.

La correlación encontrada entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan en la proyección latero-lateral derecha (RL-VHS.B) y el índice vertebral cardiaco de Onuma en la misma proyección (RL-VHS.O) fue positiva, con un coeficiente de determinación $R^2= 0,82$. Al correlacionar el índice de Buchanan en la proyección ventrodorsal (VD-VHS.B) con el índice de Onuma en la proyección ventrodorsal (VD.VHS.O), la correlación obtenida también fue positiva, con un coeficiente de determinación $R^2= 0,77$ (Figura 57).

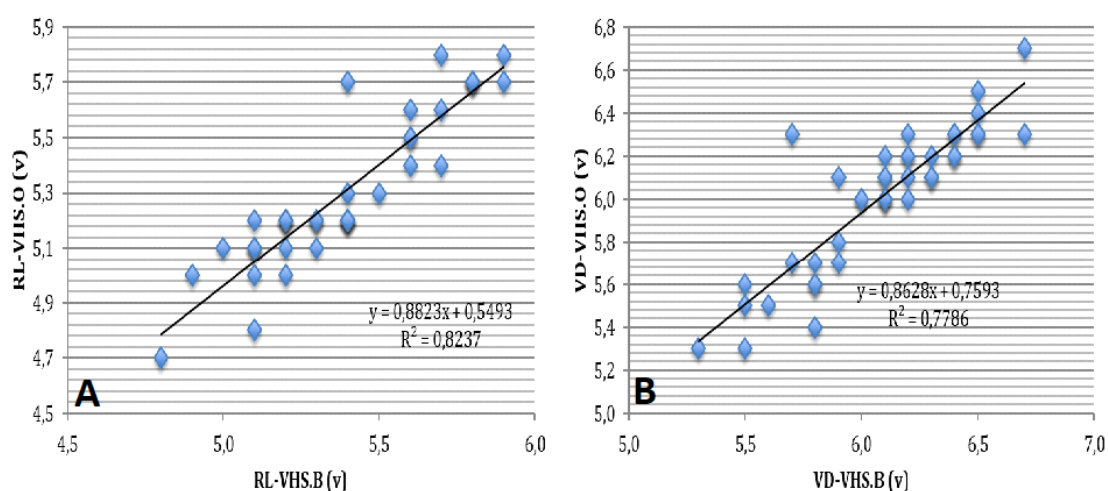


Figura 57. Diagrama de dispersión entre VHS.B (v) frente a VHS.O (v) en la proyección latero-lateral derecha y ventrodorsal (A,B). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

C.3.3.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con el índice esternbral cardiaco.

La correlación obtenida entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan en la proyección latero-lateral derecha (RL-VHS.B) y el índice esternbral cardiaco en la misma proyección (RL-SHS) fue positiva buena, con un coeficiente de determinación $R^2= 0,56$ (Figura 58). Además, encontramos una tendencia similar entre ambas medidas cuando diferenciamos entre géneros (Figura 59).

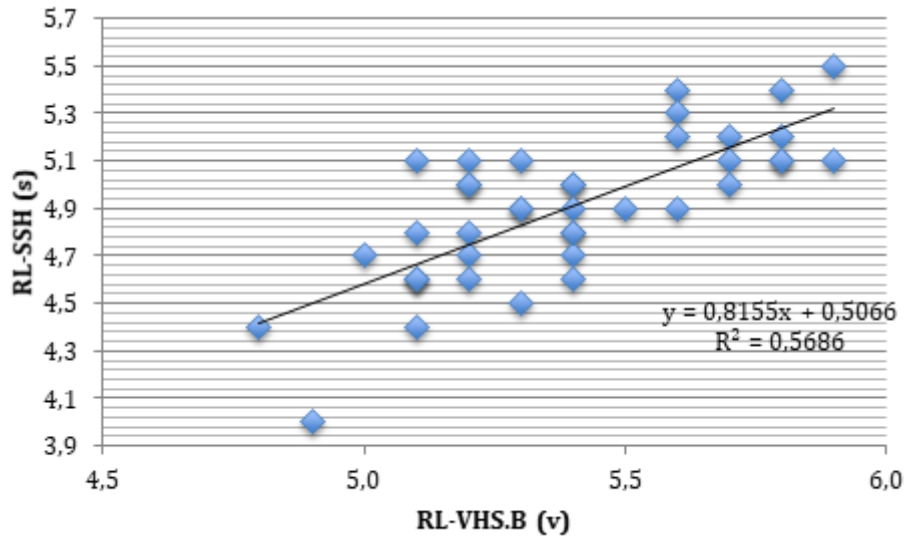


Figura 58. Diagrama de dispersión entre VHS.B (v) frente a SHS (s) en la proyección latero-lateral derecha (RL). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

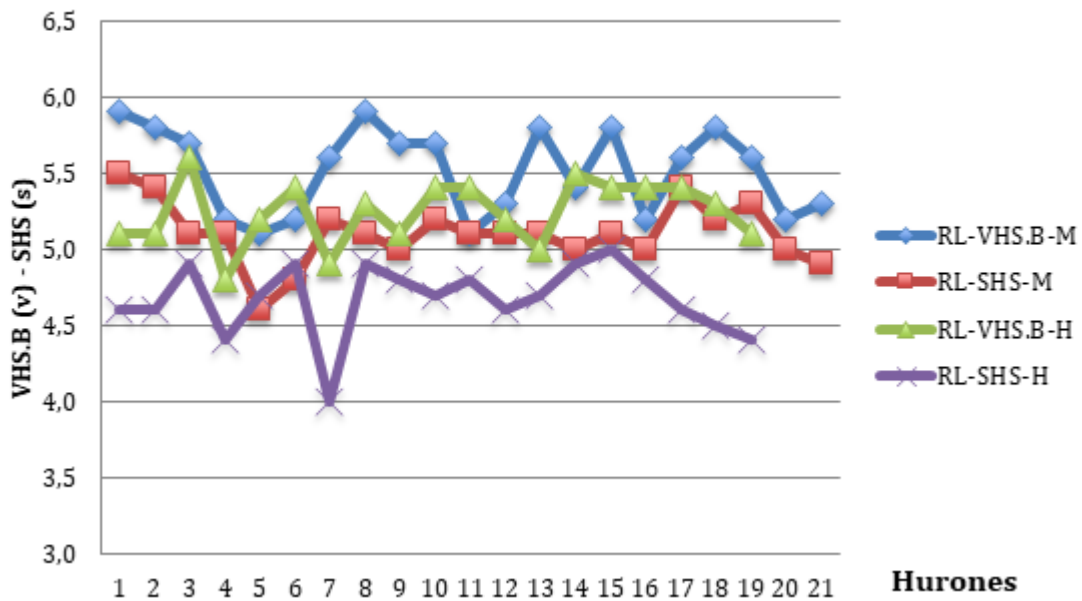


Figura 59. Diagrama de tendencia por géneros entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B) y el índice esternbral cardiaco (SHS) en la proyección latero-lateral derecha (RL). M: machos; H:hembras.

C.3.4.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con la medida área cardiaca eje.

En cuanto a la correlación encontrada entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan en la proyección latero-lateral derecha (RL-VHS.B) y la medida área cardiaca eje en la misma proyección (RL-ÁREA-EJE) fue positiva mala, siendo el coeficiente de determinación $R^2 = 0,36$ (Figura 60). Sin embargo, la tendencia encontrada entre las dos medidas cuando diferenciamos entre géneros es similar (Figura 61).

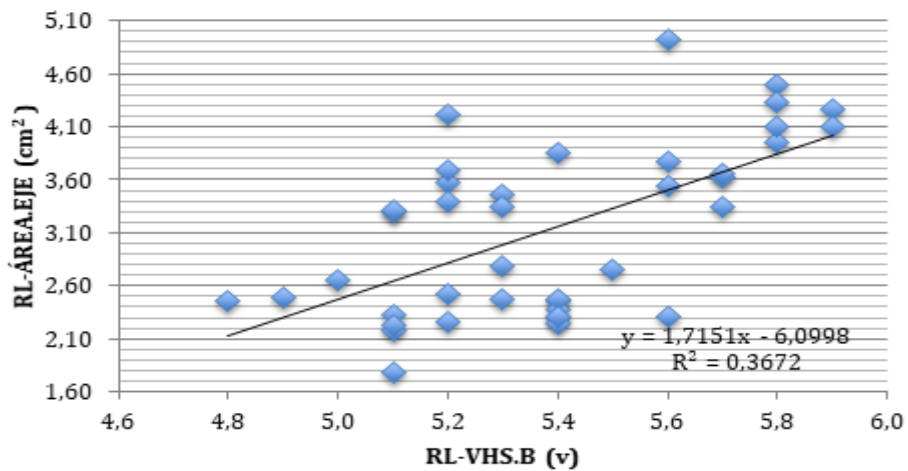


Figura 60. Diagrama de dispersión entre VHS.B (v) frente a ÁREA-EJE (cm²) en la proyección latero-lateral derecha (RL). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

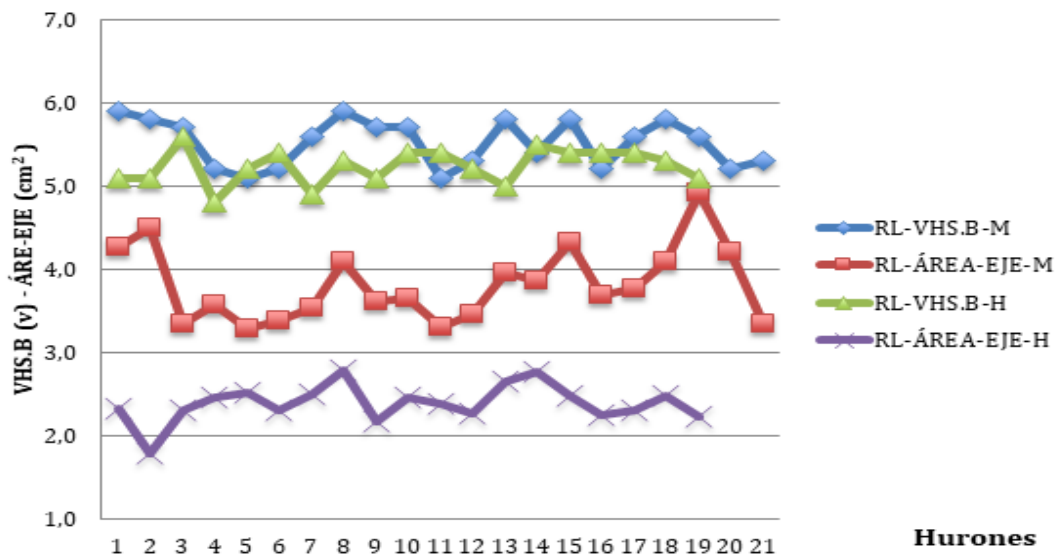


Figura 61. Diagrama de tendencia por géneros entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B) y la medida área cardiaca eje (ÁREA-EJE) en la proyección latero-lateral derecha (RL). M: machos; H: hembras

C.3.5.- Comparación índice vertebral cardiaco Buchanan con la medida área cardiaca polígono abierto.

Al analizar la correlación entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan en la proyección latero-lateral derecha (RL-VHS.B) y la medida área cardiaca polígono abierto en la misma proyección (RL-ÁREA-POL) fue positiva mala, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,34$ (Figura 62). No obstante, mostró una tendencia similar entre medidas cuando diferenciamos entre géneros (Figura 63).

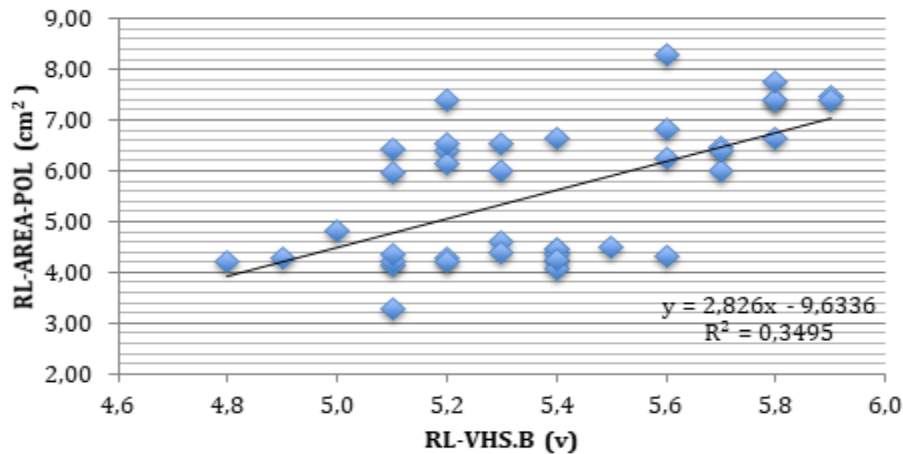


Figura 62. Diagrama de dispersión entre VHS.B (v) frente a ÁREA-POL (cm²) en la proyección latero-lateral derecha (RL). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

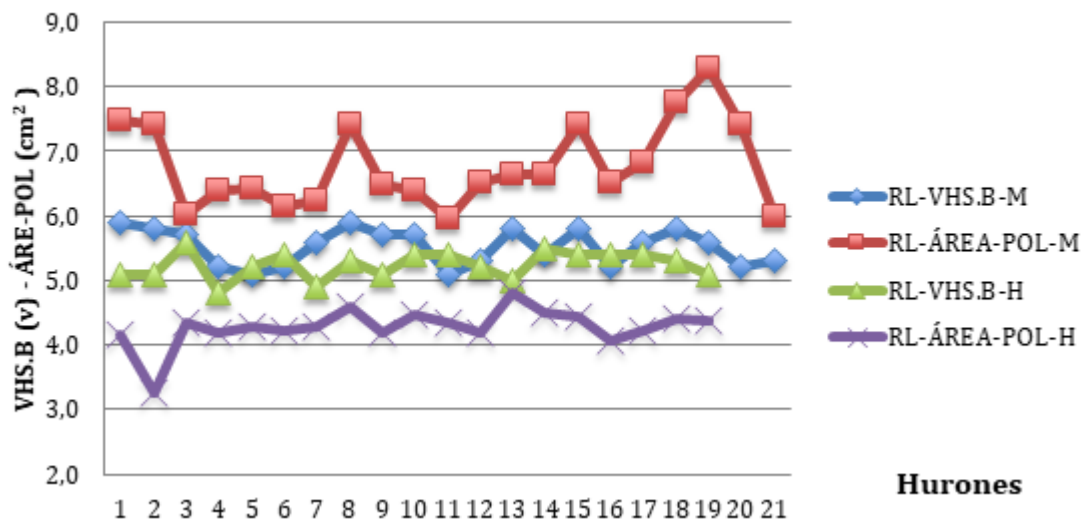


Figura 63. Diagrama de tendencia por géneros entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B) y el área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL) en la proyección latero-lateral derecha (RL). M: machos; H: hembras.

C.3.6.- Correlación entre medidas cardiacas con la suma de medidas del eje largo y corto cardiaco.

En este apartado, se realizaron las correlaciones entre las diferentes medidas anteriores con la suma del eje corto y largo cardiaco. De tal manera, que la correlación en la proyección latero-lateral derecha obtenida entre la medida área cardiaca eje (ÁREA-EJE) y la medida área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL) sobre la suma del eje largo y eje corto cardiaco (L+W) fue positiva muy buena, con el mismo coeficiente de determinación $R^2=0,94$. Sin embargo, la correlación encontrada entre el índice esternebral cardiaco en la proyección latero-lateral derecha (RL-SHS) y la medida suma del eje largo y corto en la misma proyección (L+W) fue positiva buena, con un coeficiente de determinación $R^2=0,60$. Mientras que la correlación observada entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan en la proyección latero-lateral derecha (RL-VHS.B) y la medida suma del eje largo y corto en la misma proyección (L+W) fue positiva regular, con un coeficiente de determinación $R^2=0,40$ (Figura 64).

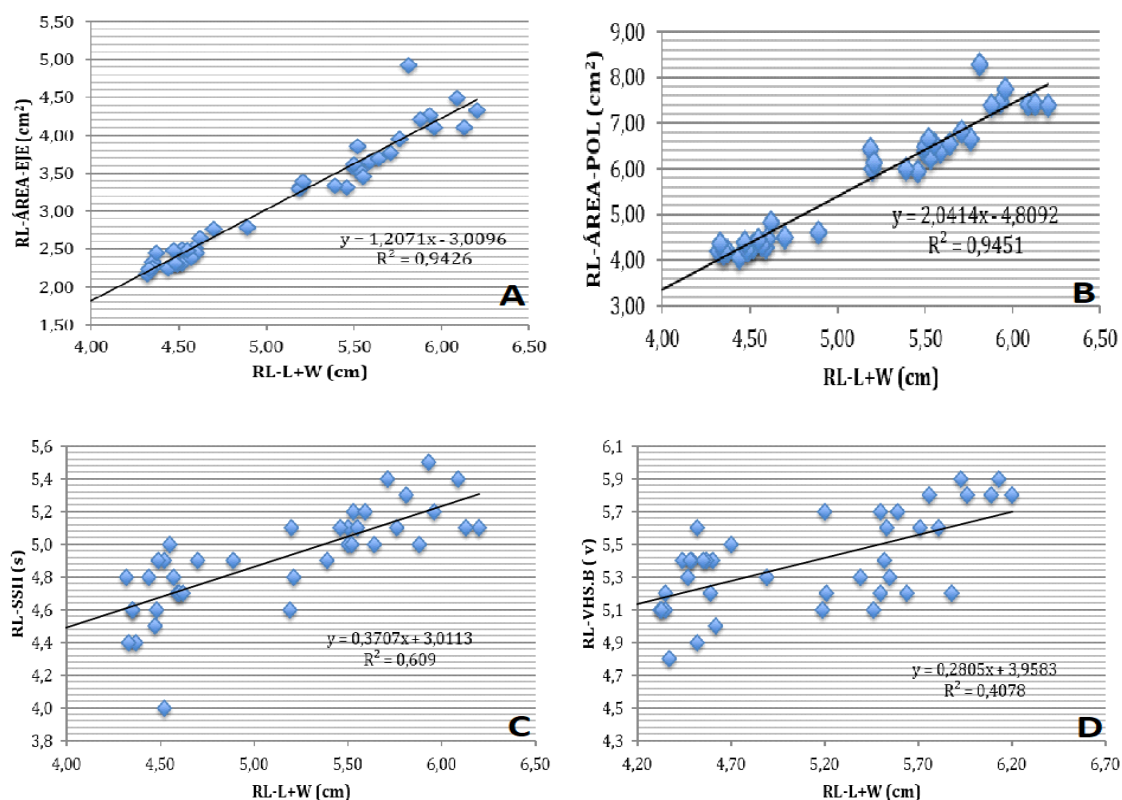


Figura 64. Diagrama de dispersión entre L+ W (cm) frente a ÁREA-EJE (cm²), ÁREA-POL (cm²), SSH (s) y VHS.B (v) en la proyección latero-lateral derecha (A,B,C,D). La línea recta representa la ecuación lineal ajustada a los puntos de datos. La ecuación correspondiente se proporciona en cada panel.

D.- EVALUACIÓN DE FACTORES DE LA IMAGEN QUE PUEDAN CONTRIBUIR EN LA MEDIDA.

En esta parte del estudio se examinan distintos factores relacionados con la imagen radiográfica, con el fin de analizar la influencia en el valor de la medida.

D.1.- POSICIONAMIENTO FRENTE A VARIACIONES DE LA MEDIDA.

En lo relativo a la influencia del posicionamiento del paciente en la proyección radiográfica sobre las variaciones en el valor de la medida. Se realizó un PCA de forma independiente para cada proyección, en el cual se analizaron todas las variables de medida cardiaca en función de la variable puntuación de la radiografía en una misma proyección.

Tras la realización de un PCA sobre las variables del estudio en la proyección latero-lateral derecha (RL), no se aprecia una tendencia a segregar en función de la calidad de la proyección radiográfica con respecto al posicionamiento del paciente (buena/ mala) con las variables en la proyección latero-lateral derecha (Figura 65).

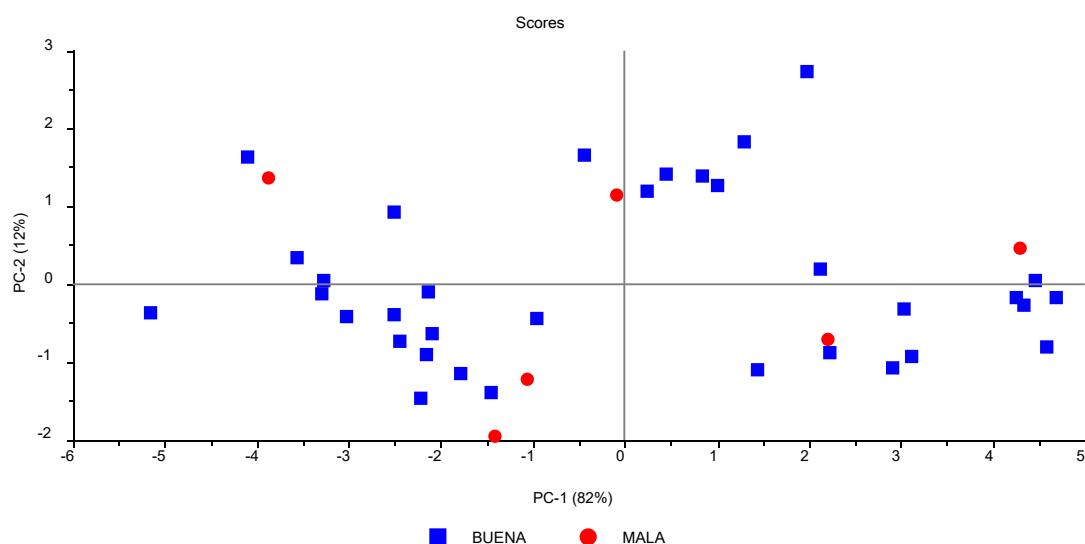


Figura 65. Mapa de puntuación (Scores) de PC1 frente a PC2 de las variables del estudio en la proyección latero-lateral derecha.

La figura 66 muestra el resultado un PCA sobre las variables en la proyección latero-lateral izquierda (LL), en la cual no se observa una tendencia a segregar en función de la calidad de la proyección radiográfica con respecto al posicionamiento del paciente (buena/mala) con las variables en la proyección latero-lateral izquierda.

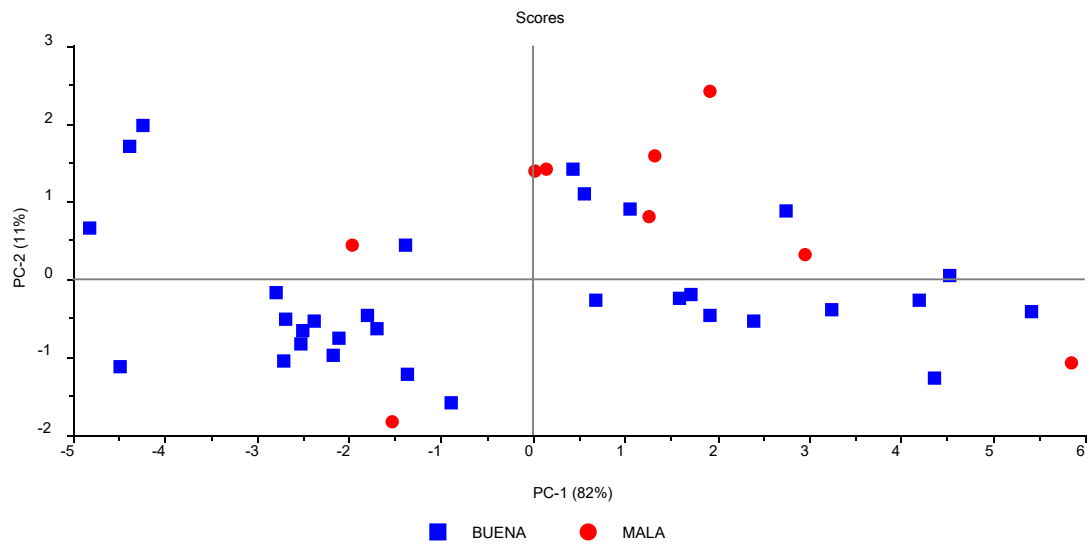


Figura 66. Mapa de puntuación (Scores) de PC1 frente a PC2 de los casos del estudio en la proyección latero-lateral izquierda.

También se realizó un PCA sobre las variables en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD, DV), no encontrando una tendencia a segregar en función de la calidad de la proyección radiográfica respecto al posicionamiento del paciente (buena/mala) con las variables de sus respectivas proyecciones (Figura 67; Figura 68).

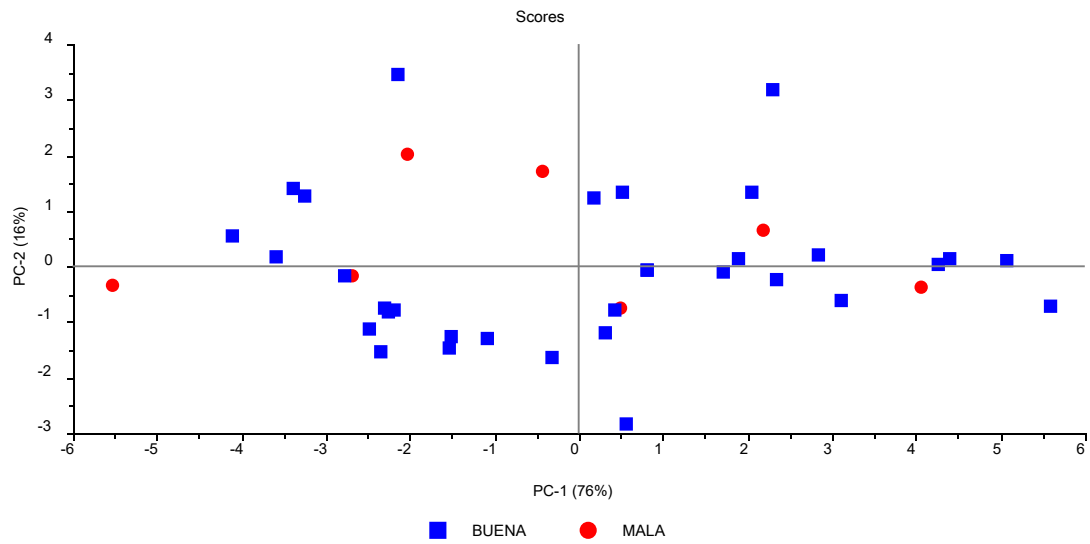


Figura 67. Mapa de puntuación (Scores) de PC1 frente a PC2 de los casos del estudio en la proyección ventrodorsal.

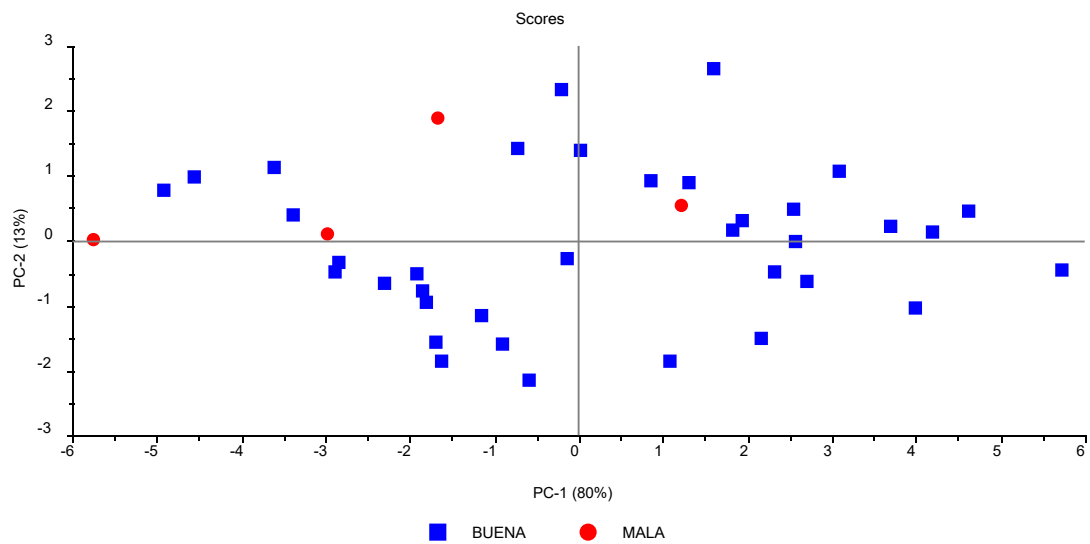


Figura 68. Mapa de puntuación (Scores) de PC1 frente a PC2 de los casos del estudio en la proyección dorsoventral.

D.2.- FACILIDAD DE VISUALIZACIÓN FRENTE A VARIACIONES DE LA MEDIDA.

D.2.1.- Facilidad visualización en la proyección latero-lateral derecha e izquierda.

Para estudiar la influencia en el valor de la medida de la visualización de la silueta cardiaca por parte del operador de imagen al realizar el área cardiaca polígono abierto en las proyecciones laterolaterales, se realizó un PCA con 2 variables (RL-ÁREA-POL, LL-ÁREA-POL) en función de la facilidad de visualización en las proyecciones laterolaterales. El mapa de puntuación (Scores), muestra claramente una ausencia de segregación entre los dos grupos mayoritarios fácil (rojo) y dudoso (azul), por lo tanto, no puede establecerse que el valor de alguna de estas variables permita agrupar la radiografías como mejores o peores (Figura 69).

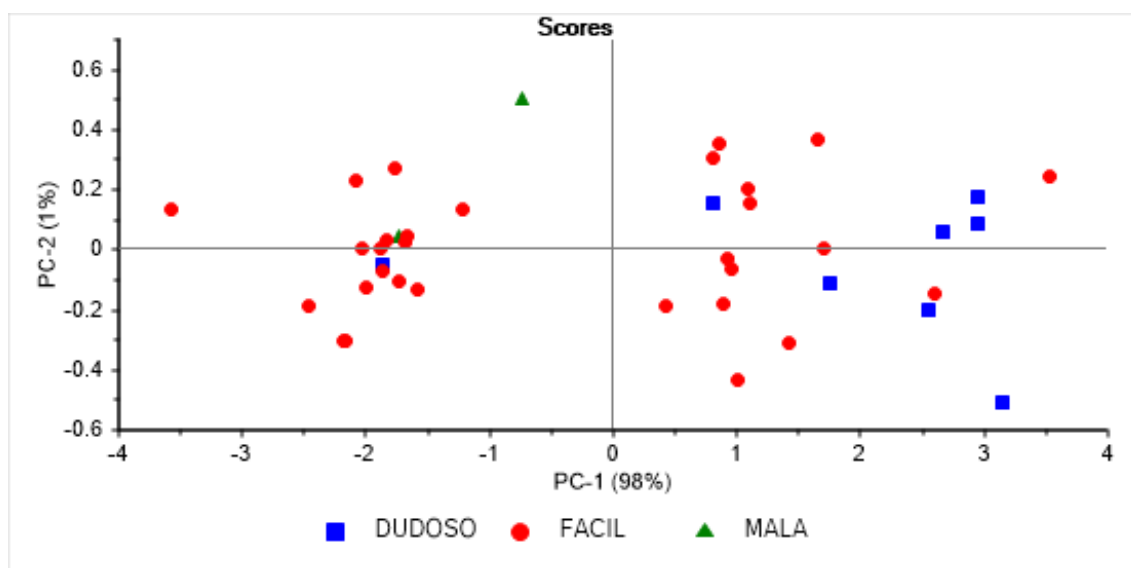


Figura 69. Mapa de puntuación (Scores) de PC1 frente a PC2 de las variables RL-ÁREA-POL y LL-ÁREA-POL.

D.2.2.- Facilidad de visualización en la proyección ventrodorsal y dorsoventral.

Como en el apartado anterior, se realizó un PCA con 4 variables (VD-ÁREA-POL9, DV-ÁREA-POL9, VD-ÁREA-POL7 y DV-ÁREA-POL7) en función de la facilidad de visualización en la proyección ventrodorsal y dorsoventral. El mapa de

puntuación (Scores), muestra claramente una ausencia de segregación entre los dos grupos mayoritarios difícil (azul) y fácil (rojo), por lo tanto, no puede establecerse que el valor de alguna de estas variables permita agrupar las radiografías como mejores o peores. Además el PCA de las variables previas tiende a agrupar los casos difíciles hacia la derecha, donde están las variables DV-ÁREA-POL 9 Y VD-ÁREA-POL7, luego estos casos tendrían mayor valor de estas variables (Figura 70).

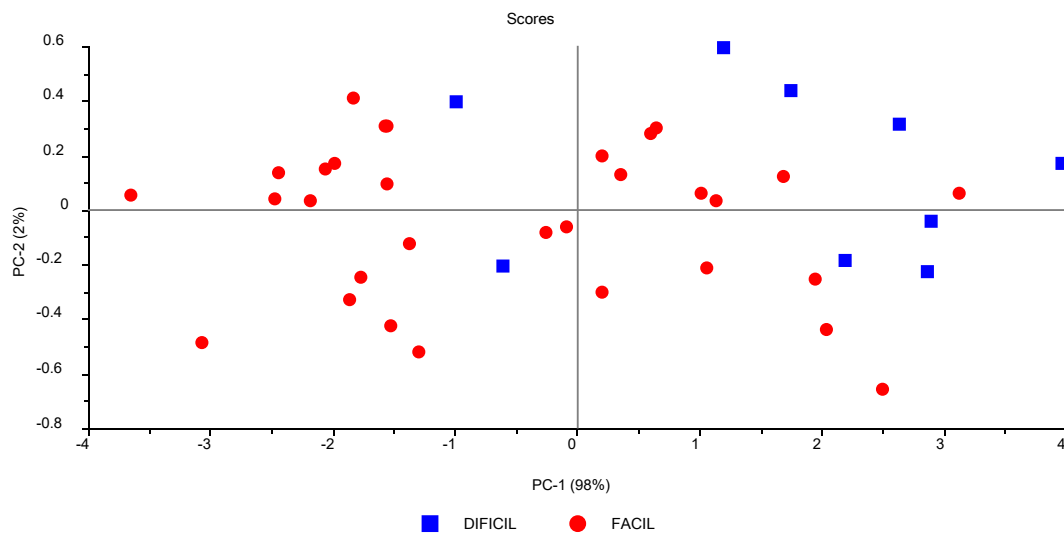


Figura 70. Mapa de puntuación (Scores) de PC1 frente a PC2 de las variables VD-ÁREA-POL9, DV-ÁREA-POL9, VD-ÁREA-POL7 y DV-ÁREA-POL7.

V. Discusión

Este estudio describe y evalúa la realización de diferentes medidas cardíacas radiográficas desarrolladas en una población de hurones europeos, mediante la utilización del software para el tratamiento de imágenes médicas “ OsiriX MD”. Dicho programa ha demostrado ser válido utilizándose actualmente en muchas investigaciones y hospitales de todo el mundo (25, 26, 32, 33, 36, 99, 101). Asimismo, a partir de un estudio realizado por Valeri, G. y col. (2015), se observó que, al evaluar diferentes software de código abierto para el procesamiento de imágenes DICOM, OsiriX es una de las mejores estaciones de trabajo DICOM PACS para imágenes médica y de investigación (98).

Las estaciones de trabajo de imágenes médicas para el procesamiento de imágenes DICOM están desplazando a la radiología convencional debido a los mayores beneficios que ofrecen en el procesamiento de imágenes. Sin embargo, estas estaciones de trabajo normalmente requieren cierta inversión económica, pero con la utilización del software empleado en este estudio esa inversión puede ser disminuida, ya que en la actualidad encontramos dos versiones del procesador de imágenes médicas OsiriX (OsiriX MD y OsiriX Lite). Los dos software difieren fundamentalmente en que el OsiriX MD es un 80% más rápido y puede utilizar todos los plugins, mientras que OsiriX Lite es gratuito y utiliza unas demo de muchas funciones del programa (95, 99). Concretamente, las medidas cardíacas realizadas en nuestro estudio pueden ser desarrolladas por las dos versiones del procesador de imágenes, con el fin de poder ser utilizado con mayor facilidad en la clínica veterinaria.

En la literatura científica existen numerosos estudios en diversas especies, que sugieren valores específicos de la raza en el tamaño vertebral del corazón (VHS) para que el método VHS tenga una alta especificidad del tamaño normal del corazón (11-14, 18, 19, 102). Esta misma filosofía es en que hemos basado nuestro trabajo, con el fin de establecer medidas cardíacas específicas para la población europea de hurones.

La edad media de los individuos en nuestro estudio fue de $1,87 \pm 0,98$ años, con un rango de edad comprendido entre 0,6 a 5 años. Este rango muestra un valor inferior menor a los estudios publicados sobre las medidas cardíacas normalizadas en hurones.

La edad mínima de participación de los animales se tuvo en cuenta en este trabajo, siendo la edad en la cual adquieren su tamaño de adultos y alcanzan la madurez sexual (50). Sleeper, M.M. y Buchanan, J.W. (2001) observaron ligeras variaciones en la medida del VHS en cachorros de perro, pero los estándares para determinar el agrandamiento cardíaco son similares en cachorros y perros adultos (78). Sin embargo, Gülanber, E.G. y col. (2005) no encontraron diferencias relativas a la edad en el VHS, pero su estudio es muy limitado, ya que solamente lo realizó en cuatro perros pastores turcos (kandal) de 20 días de edad (103). Por lo tanto, al igual que los autores citados, pensamos que las ligeras variaciones que pudieran ser debidas a la edad fueron minimizadas en nuestro estudio.

Debido a la naturaleza inquieta de los hurones para la realización de las radiografías fueron sedados con butorfanol, butorfanol–acepromacina y en menor número con acepromacina-buprenorfina, debido a que estos fármacos presentan pocos efectos sobre la función cardiorrespiratoria (1, 91, 92). En esta misma especie Onuma, M. y col. (2009) resaltan la importancia de la realización de las medidas cardíacas mediante sedación con butorfanol, para la obtención de buenos resultados, frente a su predecesor que las realizó con una combinación de ketamina–midazolam con mayor efecto a nivel cardiorrespiratorio (20). No encontrando en la bibliografía muchos estudios que demuestren si la utilización de fármacos que producen depresión a nivel cardiorrespiratorio interfiere significativamente en las medidas radiográficas cardíacas. Esto puede ser debido a que la mayoría de los estudios, al ser de especies más manejables y que no necesitaron sedación para un correcto posicionamiento de los individuos (3, 4, 10, 12, 14, 16, 17, 78, 80, 104, 105). Por otro lado, de los pocos estudios encontrados en otras especies que necesitaron sedación para el posicionamiento radiográfico, suelen mencionar solamente los bajos efectos cardiorrespiratorios del fármaco utilizado (5, 6, 9) o no tienen en cuenta sus posibles efectos (12). No obstante, se ha demostrado que la sedación con dexmedetomidina en perros y gatos, produce un aumento del índice cardíaco VHS en la proyección latero-lateral derecha (106, 107). Además, resultó que produce un aumento de las medidas de la silueta cardíaca en las proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales en gatos (107), y de las imágenes ventrodorsales en perros (106). Wang, H.C. y col. (2015). Sugirieron que el aumento del tamaño cardíaco causado por la sedación con dexmedetomidina, puede estar asociado con la producción de bradicardia y un aumento en el periodo diastólico de

llenado (106). En base a esto, pensamos que la sedación tiene el potencial de causar efectos cardiovasculares no deseados, que podrían alterar la medición del VHS. De ahí que los protocolos utilizados en este estudio han sido utilizados previamente incluso en casos clínicos donde se sospecha de enfermedad cardíaca subyacente (1), presumiendo que minimizara las alteraciones en las medidas cardíacas.

Al analizar el género encontramos que la mayoría de las variables presentan una clara implicación en la diferenciación sexual, encontrando diferencias significativas en el valor de las medidas cardíacas entre machos y hembras al igual que los estudios previos (20, 21). Sin embargo, Vatenburg M. y col. (2004) no encontraron diferencias significativas entre hurones machos y hembras para los valores de las medidas ecocardiográficas en modo M (86). Resultados similares fueron encontrados por otros autores (3, 10, 14, 16, 103, 104), los cuales no encontraron diferencias significativas en el valor de la medida VHS con respecto al género en la especie canina y felina. Por el contrario, Lamb, C.R. y col. (2001) informaron de un efecto significativo del género en el VHS de la especie canina, en el que los machos tenían un VHS medio más alto que las hembras (102). Posteriormente, Kraetschmer, S. y col. (2008) aunque no encontraron diferencias significativas en el valor medio del VHS en la raza Beagle, dieron una explicación para esto, la cual podría deberse a que no hay diferencias claras en el peso corporal general y el tamaño de los sexos, mientras que en otras razas caninas las diferencias pueden estar presentes (13). Birk, R. y col. (2017) detectaron un efecto significativo con respecto al género en el valor medio del VHS en las dos proyecciones laterolaterales de la raza Teckel, por el cual las hembras mostraron medidas más grandes que los machos, pero no encontraron la razón del aumento de las medidas en el VHS de las hembras en comparación con los machos (17). En base a estos antecedentes, creemos que el dimorfismo sexual presente en los valores de las medidas radiográficas cardíacas en hurones, puede deberse a que hay diferencias claras en el peso corporal general y el tamaño de los sexos (13), considerándolo de gran importancia en nuestro estudio, ya que nos permitirá obtener medidas más específicas para esta especie.

El peso medio de los machos fue de $1,18 \pm 0,23$ kg y el de las hembras $0,64 \pm 0,13$ kg, menor que en otros autores (20, 21). Eso pensamos que es debido a las características físicas de nuestra población europea más pequeños que la población americana. Además, Stepien, R. y col. (1999) observaron una correlación entre el peso del cuerpo y las medidas cardíacas en hurones (20). Eso fue considerado por Onuma, M.

y col.(2009) realizando una comparación de las medidas entre dos grupos los <1kg y > 1kg, siendo estadísticamente significativo (21). Nosotros en nuestro trabajo no hemos considerado la posibilidad de diferenciar las medidas con respecto al peso, puesto que es conocida la fluctuación estacional en el peso corporal con una pérdida de un 40% en verano y el aumento en el invierno en esta especie (44, 47). Por otro lado, observamos que la realización de esa comparación de medidas cardíacas con respecto al peso, con el fin de establecer valores más específicos, es muy similar a establecer diferencias por géneros, debido a que las hembras normalmente son menores a un 1kg y los machos superiores a éste.

Respecto a las proyecciones radiográficas, en nuestro estudio se realizaron todas las proyecciones para cada una de las medidas cardíacas. Stepien, R. y col. (1999) en su estudio de medidas cardíacas normalizadas en hurones utilizaron la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda y ventrodorsal (20). Mientras que Onuma, M. y col. (2009) solamente la proyección latero-lateral derecha y ventrodorsal (21). Nosotros estamos de acuerdo con Buchanan, J.W. y Bücheler, J. (1995) resaltando la importancia de la realización de todas las proyecciones radiográficas cuando pretendes validar un nuevo índice (3).

Al analizar la medida cardíaca RATIO (L+W/T5-8) en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda, ventrodorsal y dorsoventral. Encontramos que los valores medios obtenidos son muy similares a los de Stepien, R. y col. (1999), los cuales no encontraron diferencias significativas con respecto al género en ninguna de las proyecciones realizadas (20). En contraposición, nosotros encontramos diferencias significativas con respecto al género en la proyecciones laterolaterales y dorsoventral, siendo los valores de los machos mas altos que los de las hembras.

En cuanto al índice vertebral cardíaco de Stepien (VHS.S), los valores medios obtenidos en nuestro estudio para las distintas proyecciones fueron los siguientes (RL-VHS.S: $5,41 \pm 0,27$ v, n=40; LL-VHS.S: $5,42 \pm 0,31$ v, n=40; VD-VHS.S: $6,10 \pm 0,33$ v, n=40; DV-VHS.S: $6,09 \pm 0,36$ v, n=40). También encontramos que en las proyecciones laterolaterales y dorsoventral, los valores de los machos (RL-VHS.S: $5,55 \pm 0,25$ v; LL-VHS.S: $5,57 \pm 0,30$ v; DV-VHS.S: $6,20 \pm 0,36$ v) difieren significativamente de los que presentan las hembras (RL-VHS.S: $5,25 \pm 0,20$ v; LL-VHS.S: $5,25 \pm 0,22$ v; DV-VHS.S: $5,96 \pm 0,31$ v) y no apreciamos diferencias

significativas con respecto al género en la proyección ventrodorsal. Nuestros resultados obtenidos en los valores medios del VHS.S son más altos que los obtenidos por Stepien, R. y col. (1999) en todas sus proyecciones, siendo estos sus valores (RL-VHS: 5,33 v; LL-VHS: 5,25 v ; VD-VHS: 6,00 v) (20). Además no se encontraron diferencias significativas con respecto al género en ninguna de sus proyecciones. No obstante, coincidimos con estos autores al comparar la medida VHS.S y el RATIO, en cuyo estudio mencionaron su preferencia en la práctica clínica del VHS.S frente al RATIO, debido al cálculo más complicado y por lo tanto al mayor consumo de tiempo empleado (20).

Los resultados encontrados por Onuma, M. y col. (2009) con respecto a la variable RATIO1 (LEC/SA), fue de 1,08 en la proyección ventrodorsal (21). Resultado muy similar al de nuestro estudio con un valor medio de 1,03 en la proyección ventrodorsal. Además nosotros obtuvimos otro valor de la variable RATIO1 en la proyección dorsoventral de 1,01, no presentando diferencias significativas con respecto al género en ninguna de sus proyecciones. Con respecto a la variable RATIO2 (8thTV/SA) el valor medio en nuestro trabajo fue de (VD.RATIO2: $1,99 \pm 0,20$; DV.RATIO2: $1,96 \pm 0,18$). No encontrando diferencias significativas en esta medida con respecto al género en la proyección ventrodorsal y si en la proyección dorsoventral. Siendo la única variable de nuestro estudio que el valor de las hembras en la proyección dorsoventral ($2,03 \pm 0,17$) fue significativamente más grande que en los machos ($1,89 \pm 0,17$). El valor medio para esta variable en la proyección ventrodorsal dado por Onuma, M. y col. fue muy similar con un valor de (1,96) (21), pero no mencionaron diferencias significativas con respecto al género. Además, encontramos que el coeficiente de variación del RATIO1 y RATIO2 es el doble que el de la variable RATIO. Estos hallazgos mencionados pensamos que se deben a que estas medidas están influenciadas por la fase del ciclo respiratorio en el tiempo de exposición, ya que Buchanan, J.W (1972) realizó un estudio en el que valoraba diferentes aspectos radiográficos en perros con ductus arterioso antes y después de la cirugía, observando que cambios en los esfuerzos respiratorios pueden alterar ratios cardiorácicos incluso en el mismo animal (108). De igual manera, Litster, A.L y Buchanan, J.W (2000) encontraron limitaciones en la medida cardíaca referida por Van den Broek and Darke, en la cual medidas del eje corto cardíaco excediendo la distancia entre el borde craneal de la costilla 5 al borde caudal de la costilla 7 en la proyección latero-lateral fueron consideradas como

indicador de cardiomegalia (109). La limitación mencionada en este estudio fue que esta medida está afectada por la fase del ciclo respiratorio en el tiempo de exposición y por la magnificación del espacio intercostal superior versus al inferior en la proyección latero-lateral (4).

En nuestro estudio, los valores medios del índice vertebral cardiaco de Onuma (VHS.O) fueron RL-VHS.O: $5,30 \pm 0,28$ v; LL-VHS.O: $5,32 \pm 0,32$ v; VD-VHS.O: $6,01 \pm 0,34$ v; DV-VHS.O: $5,95 \pm 0,32$ v. En las proyecciones laterolaterales y dorsoventral los valores de los machos (RL-VHS.O: $5,46 \pm 0,27$ v; LL-VHS.O: $5,49 \pm 0,31$ v; DV-VHS.O: $6,05 \pm 0,31$ v) difieren significativamente de las hembras (RL-VHS.O: $5,13 \pm 0,17$ v; LL-VHS.O: $5,13 \pm 0,21$ v; DV-VHS.O: $5,84 \pm 0,31$ v). En cuanto a la proyección ventrodorsal no encontramos diferencias significativas con respecto al género.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Onuma, M. y col. (2009), los cuales encontraron diferencias significativas con respecto al género no solo en la proyección latero-lateral derecha sino también en la ventrodorsal, siendo el valor de los machos (RL-VHS.O: $5,39 \pm 0,34$ v; VD-VHS.O: $6,22 \pm 0,58$ v) y el de las hembras (RL-VHS.O: $5,05 \pm 0,26$ v; VD-VHS.O: $5,89 \pm 0,35$ v) (21). Además, sus valores en la proyección latero-lateral derecha son menores a los encontrados en nuestro estudio.

Los índices vertebrales cardiacos (VHS) realizados en hurones en los estudios previos (20, 21), son modificaciones del estudio original realizado en perros por Buchanan, J.W. y Bücheler, J. (1995). En nuestro trabajo, realizamos un nuevo índice vertebral cardiaco en hurones pero siguiendo las directrices del estudio original de Buchanan en perros (3). Los resultados que hemos obtenido para el índice vertebral cardiaco de Buchanan fueron (RL-VHS.B: $5,39 \pm 0,28$ v, LL-VHS.B: $5,41 \pm 0,29$ v, VD-VHS.B: $6,08 \pm 0,35$ v, DV-VHS.B: $6,10 \pm 0,36$ v). Cuando diferenciamos entre géneros, el valor de los machos en la proyección latero-lateral derecha, latero-lateral izquierda y dorsoventral (RL-VHS.B: $5,52 \pm 0,28$ v; LL-VHS.B: $5,55 \pm 0,28$ v; DV-VHS.B: $6,22 \pm 0,34$ v) difiere significativamente al valor de las hembras en las mismas proyecciones (RL-VHS.B: $5,24 \pm 0,21$ v; LL-VHS.B: $5,25 \pm 0,20$ v; DV-VHS.B: $5,97 \pm 0,35$ v). No encontramos diferencias significativas con respecto al género en los valores de la medida para la proyección ventrodorsal.

Al analizar los diferentes índices vertebrales cardíacos realizados en nuestro estudio, observamos que en todos los índices vertebrales encontramos diferencias significativas con respecto al género en las proyecciones laterolaterales y dorsoventral, mientras que en la proyección ventrodorsal no encontramos dichas diferencias. Estos resultados pueden deberse a factores intrínsecos dependientes de nuestra población de hurones europeos, ya que se comporta de la misma manera al realizar los tres índices cardíacos diferentes. Además, al compararlos de forma individual con otros autores (20, 21), también encontramos diferencias en la significación con respecto al género y en los resultados absolutos de los índices cardíacos. Debido a estos resultados, sugerimos la importancia de hacer valores específicos para cada población de hurones, ya que al igual que otros autores (11-14, 102) consideramos de gran importancia la realización de índices específicos por razas, con el fin de obtener una interpretación radiológica más precisa de la silueta cardíaca. Por otro lado, Bavegems, V. y col.(2005) informaron que hay diferencias significativas en el VHS en perros de raza whippet entre las líneas de pedigrí de carreras y espectáculos, remarcando una vez más la importancia de esa especificación en las medidas cardíacas (10).

En cuanto al índice esternbral cardíaco (SHS), el propósito de nuestro trabajo fue determinar otro método simple, diferente al índice vertebral cardíaco (3), que compare el tamaño del corazón con una estructura del esqueleto, de manera que se tenga en cuenta el tamaño general del cuerpo. Esta medida se desarrolló en el la proyección latero-lateral derecha e izquierda, no se realizó en la proyección ventrodorsal y dorsoventral, debido a la superposición del esternón con los cuerpos vertebrales, no pudiendo ser identificado con claridad. Como ocurre en los demás índices vertebrales en este estudio, también se encontraron diferencias significativas entre géneros, siendo los valores de los machos más grandes que los de las hembras en las dos proyecciones en las que se realizaron las medidas. De tal manera que el valor obtenido para los machos fue (RL-SHS: $5,10 \pm 0,20$ s; LL-SHS: $5,11 \pm 0,20$ s) y el de las hembras (RL-SHS: $4,67 \pm 0,24$ s; LL-SHS: $4,67 \pm 0,28$ s). Al igual que los otros índices vertebrales cardíacos de nuestro estudio el coeficiente de variación es bajo, en torno a 5-6%. Resultados muy similares a los obtenidos por Litster, L.A. y Buchanan, W.J. (2000) al realizar un índice vertebral cardíaco en gato (4).

Con respecto a la elección de las esternbras en las cuales se realizó la medida, se excluyeron la primera, segunda y tercera esternbra. La primera esternbra debido a

variaciones de tamaño y forma de los individuos, al igual que otros autores en otras especies (3, 4). La segunda y tercera esternebra, por distinto tamaño y grados de inclinación, observados por la conformación del tórax de los hurones. Además, realizamos la medida por la mitad del cuerpo esternbral, porque así se disminuye la separación entre estrenebras y debido a que ventralmente se encuentra la unión costal, no permitiendo distinguir el borde craneal de la esternebra. Estas apreciaciones en la elección del segmento esternbral en las cuales se desarrolló a medida, consideramos que fueron importantes para reducir la variabilidad de esta longitud.

En el estudio encontramos una buena correlación entre el tamaño del corazón (RL-L+W, RL-LA) y la longitud esternbral (ESTERNEBRAS 4-7) en la proyección latero-lateral derecha, con unos valores ($R^2 = 0,75$, $R = 0,84$; $R^2 = 0,70$, $R = 0,83$) respectivamente; por lo tanto, un índice de longitud esternbral fue seleccionado como indicador de tamaño del cuerpo. Estos resultados son inferiores a los encontrados por otros autores en el perro, observando una correlación entre el tamaño del corazón (RL-L+W) y la longitud de 3 o 4 esternbras de ($R = 0,94$) (3). Sin embargo, nuestro resultado es más alto que el expuesto por Litster, L.A. y Buchanan, W.J. (2000) en la especie felina, que encuentran una correlación entre el tamaño del corazón (RL-LA) y la longitud esternbral (esternebra 2-4) de ($R = 0,67$) (4). Esto reafirma que la correlación obtenida en nuestro estudio, entre el tamaño del corazón y la longitud esternbral es bastante buena.

En la literatura científica existen pocos estudios en los que se utilicen las esternbras con el fin de obtener diferentes índices de valoración del tamaño cardiaco, eso pensamos que es debido a que Buchanan, J.W. y Bücheler, J. (1995) encontraron una correlación ligeramente menor en perros, entre el tamaño cardiaco y la longitud esternbral, con respecto a la correlación a nivel vertebral (3). No obstante, Litster, L.A. y Buchanan, W.J. (2000) establecieron una medida en gatos, de tal forma que el eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral es aproximadamente la longitud de tres esternbras medido desde S2 a S4 (4). En esta medida observamos que presenta una limitación al utilizar solamente el eje largo cardiaco. Por otro lado, Mostafa, A.A. y Berry, C.R. (2017) realizaron un estudio en perros, en el cual establecieron una medida cardiaca tomando como referencia el manubrio esternal (manubrium heart scores o MHS_s). Se realiza mediante la suma de dos ratio: el del eje largo cardiaco con respecto al manubrio y del eje corto cardiaco con respecto al manubrio en la proyección latero-

lateral derecha o ventrodorsal. La correlación entre el tamaño del corazón y el manubrio fue buena (105). El problema que vemos en esta medida es principalmente el cálculo complicado y por lo tanto mayor consumo de tiempo. Además, no pudiéndose realizar a todos los individuos, ya que excluyeron manubrios que tenían una forma anormal o no se podía identificar su margen craneal. Nosotros consideramos que nuestra medida SHS que proponemos en nuestro trabajo no presenta las limitaciones mencionadas, pudiendo ser utilizada en la valoración del tamaño cardíaco en ésta y probablemente en otras especies.

La dilatación de la vena cava caudal (CVC) a menudo aparece como hallazgo radiográfico sugestivo de insuficiencia cardíaca congestiva del lado derecho y se ha informado en perros con enfermedades cardíacas asociadas a causar congestión del lado derecho como: la enfermedad cardíaca pericárdica, enfermedad valvular derecha, enfermedad del gusano del corazón y cardiomiopatía dilatada (22). Estas patologías cardíacas también fueron descritas en hurones por otros autores (1, 2, 74, 89).

Lehmkuhl, L.B. y col. (1997) cuantificó la utilidad clínica de la evaluación del tamaño del CVC como un indicador de cardiomiopatía del lado derecho en perros (22). Posteriormente, Vosugh, D. y Nazem, M.N. (2017) realizó un estudio de evaluación radiológica de la vena cava caudal (CVC) en gatos domésticos de pelo corto respecto a gatos diagnosticados de enfermedad cardíaca derecha (23). Utilizando los mismos parámetros que su predecesor, el último estudio publicado fue realizado por Bhargavi, S. y col. (2018), este trabajo estableció los valores sobre el diámetro de la vena cava caudal y aorta descendente en razas de perro indígenas del Tamil Nadu “ India” (Rajapalayam y Chippiparai) (24). Por lo tanto, en nuestro trabajo pretendemos establecer unos valores cardíacos de referencia para el diagnóstico de la insuficiencia cardíaca derecha. En relación a la realización de las medidas en nuestro estudio, el diámetro de la vena cava cauda se realizó entre el séptimo y octavo espacio intercostal. Esta localización de la medida difiere de otros estudios, utilizando estos el mayor diámetro de CVC que no se superpone al corazón (22-24). Con respecto al diámetro de la costilla derecha, también se realizó en un lugar diferente a otros autores (22-24), utilizando la 7 costilla. Debido a una mayor rapidez en su localización normalmente a la altura de la bifurcación de la tráquea. Con respecto al cuerpo vertebral, al igual que otros autores, fue la vértebra torácica a nivel de la bifurcación de la tráquea en nuestro caso (T7). El diámetro de la aorta descendente no fue utilizada en nuestro estudio por la

dificultad de visualización en algunos individuos. Además, Lehmkuhl, L.B. y col. (1997) mencionaron que en algunas radiografías la aorta era subjetivamente pequeña y el ratio (aorta descendente frente al cuerpo vertebral) fue menor en perros con insuficiencia cardíaca derecha. Esa disminución en la aorta descendente podría ocurrir debido a la disminución del gasto cardíaco asociado con la enfermedad cardíaca subyacente (22).

En cuanto al diámetro de la vena cava caudal (CVC), presentó un valor medio de $(0,39 \pm 0,06 \text{ cm})$. Cuando valoramos la medida respecto al género, encontramos que el valor de los machos $(0,43 \pm 0,03 \text{ cm})$ difiere significativamente con respecto a las hembras $(0,34 \pm 0,04 \text{ cm})$. El coeficiente de variación en las hembras fue casi el doble que en los machos siendo este último de 7,62 %. Esto puede ser debido una serie de limitaciones de la medida que mencionaremos más adelante. En un estudio previo desarrollado por Lehmkuhl, L.B. y col. (1997) observaron que la variabilidad de tamaños entre perros no permite la comparación del tamaño absoluto de CVC, pero proporciones del tamaño CVC a otras estructuras anatómicas pueden ser útiles para proporcionar una evaluación cuantitativa de CVC (22). En contraposición, nosotros creemos que debido al dimorfismo entre géneros presentes en esta especie, el diámetro de la vena cava caudal podría ser utilizada para valorar la insuficiencia cardíaca derecha, ya que la variabilidad de tamaño que prohíbe la comparación de valores absoluto de CVC en otras especies queda reducida.

Encontramos diferencias significativas entre géneros, en el valor del séptimo cuerpo vertebral (T7) y diámetro de la séptima costilla derecha (R7). Siendo el coeficiente de variación del diámetro de la séptima costilla derecha el doble que el de la longitud del cuerpo vertebral séptima torácica, teniendo este último un valor sobre el 5,5%. Eso consideramos que es debido a que la medida de R7 está afectada por la fase del ciclo respiratorio en el tiempo de exposición (4).

El valor medio del Ratio CVC/T7 fue $(0,43 \pm 0,04)$. Encontrando que el valor de los machos $(0,45 \pm 0,04)$ fue significativamente más grande que el de las hembras $(0,41 \pm 0,04)$. Mientras que no se encontraron diferencias significativas en el Ratio CVC/R7, obteniendo un valor medio de $(2,15 \pm 0,26)$. Consideramos que el Ratio CVC/T7 puede ser mejor a la hora de valorar la insuficiencia cardíaca en hurones, ya que la correlación encontrada entre el diámetro de la vena cava caudal (CVC) y la longitud cuerpo

vertebral séptima torácica (T7) ($R^2=0,61$, $R=0,78$) es ligeramente superior a la obtenida con el diámetro de la séptima costilla derecha ($R^2=0,44$, $R=0,66$). Además la longitud cuerpo vertebral séptima torácica (T7) no muestra la limitación antes mencionada.

Al igual que otros autores, creemos que la utilidad clínica de la dilatación de la vena cava caudal (CVC) como un indicador de enfermedad cardíaca del lado derecho puede estar limitado por la variabilidad individual y factores fisiológicos, incluida la fase de la respiración, presión pleural, fase del ciclo cardíaco y volumen (22-24).

Debido a estudios previos que cuantifican la utilidad clínica de estas medidas (22, 23), sugerimos que nuestras medidas CVC, Ratio CVC/T7 y Ratio CVC/R7 pueden ser utilizadas como indicativo de insuficiencia cardíaca congestiva derecha en hurones.

Este estudio describe nuevos índices cardíacos no descritos anteriormente en la bibliografía, mediante la utilización del software para el tratamiento de imágenes médicas "OsiriX MD". Se basan en determinar un área cardíaca usando los diferentes ROIs del software. Con respecto a la medida área cardíaca eje, encontramos diferencias significativas entre géneros para todas las proyecciones, siendo el valor de los machos (RL-ÁREA-EJE: $3,82 \pm 0,45 \text{ cm}^2$; LL-ÁREA-EJE: $3,87 \pm 0,41 \text{ cm}^2$; VD-ÁREA-EJE: $4,59 \pm 0,64 \text{ cm}^2$; DV-ÁREA-EJE: $4,80 \pm 0,50 \text{ cm}^2$) y el de las hembras (RL-ÁREA-EJE: $2,39 \pm 0,23 \text{ cm}^2$; LL-ÁREA-EJE: $2,41 \pm 0,26 \text{ cm}^2$; VD-ÁREA-EJE: $3,08 \pm 0,45 \text{ cm}^2$; DV-ÁREA-EJE: $3,06 \pm 0,47 \text{ cm}^2$). En cuanto al área cardíaca polígono abierto en la proyección latero-lateral derecha e izquierda, diferenciamos entre géneros como en muchas otras variables, así los valores de los machos (RL-ÁREA-POL: $6,78 \pm 0,65 \text{ cm}^2$; LL-ÁREA-POL: $6,88 \pm 0,68 \text{ cm}^2$) difieren significativamente de las hembras (RL-ÁREA-POL: $4,28 \pm 0,30 \text{ cm}^2$; LL-ÁREA-POL: $4,35 \pm 0,35 \text{ cm}^2$). Para la medida área cardíaca polígono abierto 9 puntos - 7 puntos en la proyección ventrodorsal y dorsoventral, también tomaremos como referencia los valores diferenciando entre géneros, siendo el valor para los machos (VD-ÁREA-POL9: $7,20 \pm 0,91 \text{ cm}^2$; DV-ÁREA-POL9: $7,57 \pm 0,66 \text{ cm}^2$; VD-ÁREA-POL7: $5,93 \pm 1,48 \text{ cm}^2$, $n=40$; DV-ÁREA-POL7: $6,23 \pm 1,67 \text{ cm}^2$) y el de las hembras (VD-ÁREA-POL9: $4,72 \pm 0,65 \text{ cm}^2$, DV-ÁREA-POL9: $4,79 \pm 0,66 \text{ cm}^2$; VD-ÁREA-POL7: $4,60 \pm 0,60 \text{ cm}^2$; DV-ÁREA-POL7: $4,73 \pm 0,72 \text{ cm}^2$).

Los índices cardíacos clásicos mencionados con anterioridad para las distintas especies animales, surgieron de lo descrito por Buchanan, J.W. y Bücheler, J. (1995), el

cual debido a la variabilidad de tamaño en la especie canina, compararon el tamaño de corazón y una longitud vertebral. Puesto que existía una buena correlación entre el tamaño del corazón y la longitud vertebral (3). Sin embargo, en otro estudio se menciona que la variabilidad de tamaños entre perros, prohíbe la comparación de medidas absolutas, pero proporciones del tamaño a otras estructuras anatómicas pueden ser útiles para proporcionar un valor cuantitativo (22). Nosotros en nuestro trabajo, a la hora de desarrollar estos nuevos índices cardíacos, nos basamos en lo descrito por este último autor, ya que existe un dimorfismo sexual muy marcado en los hurones. Por lo tanto, pensamos que las medidas absolutas del tamaño cardíaco obtenidos mediante los distintos ROIs, pueden ser útiles como indicador de tamaño cardíaco en esta especie. Además, cuando diferenciamos entre géneros en estas medidas, por un lado, el coeficiente de variación pasa de ser de un 24-25 % para los valores medios en todas las proyecciones independientemente de la medida, a un 7-15% de coeficiente de variación dependiendo de la proyección y la medida cardíaca realizada, cuando diferenciamos entre géneros. Al comparar los coeficientes de variación obtenidos en este estudio, con respecto a las diferentes medidas VHS descritas con anterioridad, muestran que su coeficiente de variación al diferenciar entre géneros es ligeramente inferior, en torno al 4-6% dependiendo de la proyección. Por otro lado, en estos nuevos índices cardíacos encontramos diferencias significativas con respecto al género en todas las medidas realizadas independientemente de la proyección. Sin embargo, en nuestro trabajo encontramos que todos los índices vertebrales cardíacos descritos, presentan diferencias significativas con respecto al género en todas sus proyecciones menos en la ventrodorsal. Por consiguiente, pensamos que estos nuevos índices cardíacos son homogéneos y debemos tomar como referencia los valores obtenidos mediante su diferenciación sexual.

La medida área cardíaca eje (ÁREA-EJE) en todas las proyecciones, se desarrolló a partir de la hipótesis de las medidas del eje largo y eje corto cardíaco (3). En las radiografías laterolaterales, el eje largo del corazón refleja el tamaño combinado de la aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo; el eje corto incluye parte de aurículas izquierda y derecha, muy probablemente a nivel del surco coronario y las válvulas auriculoventriculares. En la proyección ventrodorsal y dorsoventral, el eje largo del corazón refleja el tamaño combinado de la aurícula derecha y ventrículo izquierdo; el eje corto incluye ventrículo derecho y aurícula izquierda (3, 15). Nosotros pensamos

que esta medida cardiaca puede ser algo imprecisa porque no mide el área de todas las estructuras cardiacas. Además, en varios estudios se ha observado que el VHS se puede utilizar para el diagnóstico de diferentes problemas cardiacos con una precisión variable (101, 102, 110, 111). Sin embargo, con la otra medida desarrollada en nuestro estudio, el área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL), creemos que esa limitación encontrada en la anterior medida fue solventada, ya que ésta sí engloba todas las estructuras anatómicas cardiacas. El problema encontrado en algunos individuos en la realización de la medida fue: en primer lugar, la dificultad para diferenciar el lado derecho del corazón en las proyecciones laterolaterales; en segundo lugar, el efecto de distorsión de la silueta cardiaca en la zona del arco aórtico y mediastino, al realizar las proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales. Consideramos, que estas dificultades fueron minimizadas, puesto que tras realizar las variaciones de las medidas propuestas en nuestro estudio, el ROI realiza la curva de la silueta cardiaca automáticamente y puede disminuir el efecto de distorsión de la silueta cardiaca en esas zonas.

Se ha demostrado que para validar un índice cardiaco en el que se tenga en cuenta el tamaño corporal general, tiene que haber una buena correlación entre el tamaño del corazón y la estructura anatómica con la cual se quiera establecer la proporción (3, 12, 105). En base a esto, un índice de longitud vertebral fue seleccionado como un indicador de tamaño cardiaco en otras especies (3, 4). Uno de los propósitos del presente estudio fue la de correlacionar diferentes medidas cardiacas y estructuras anatómicas utilizadas en los índices. Con respecto a las medidas VHS, la correlación entre la suma del eje corto y eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha (RL-L+W) y las diferentes longitudes vertebrales en la misma proyección (RL-T-5-8, RL-T6-12, RL-T4-7) fue muy similar, indicando el coeficiente de determinación una correlación positiva buena ($R^2=0,83$, $R=0,91$) y con el eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha (RL-LA), buena pero ligeramente menor (R^2 comprendido entre 0,73 y 0,76; R comprendido entre 0,85 y 0,87). Resultados muy similares a los obtenidos por Stepien, R. y col. (1999) en hurones, ya que la correlación obtenida entre la suma del eje corto y el eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha (RL-L+W) y la longitud vertebral T5-8 en la misma proyección (RL-T5-8) fue también positiva buena ($R=0,85$) y con el eje largo cardiaco en la proyección latero-lateral derecha (RL-LA), muy similar ($R=0,82$) (20). Sin embargo, Onuma, M. y col. (2009) realizaron en su estudio una medida VHS en hurones, a través de un nuevo

segmento de longitud vertebral, pero no establecieron la correlación entre tamaño del corazón y el nuevo segmento de longitud vertebral (21). Por lo tanto, nosotros consideramos que esta fue una limitación en su estudio, debido a que anteriormente Buchanan, J.W. y Bücheler, J. (1995) establecieron a la hora de validar su índice VHS en perros, una correlación muy buena entre la suma del eje corto y el eje largo, con respecto al segmento de longitud vertebral T4-8, de modo que su coeficiente de correlación fue $R=0,98$ (3). En cuanto a la especie felina, a la hora de realizar su medida VHS, también se estableció una correlación entre la suma del eje corto y el eje largo cardiaca, con el segmento vertebral T4-6, de tal manera que su coeficiente de correlación fue buena ($R=0,78$) pero menor a la especie canina (4). Por consiguiente, pensamos que establecer una correlación entre el tamaño cardiaco y los diferentes segmentos vertebrales de los VHS de nuestro estudio fue fundamental, a la hora de validar los diferentes índices y debido a los resultados obtenidos, creemos que todos los segmentos vertebrales de las medidas VHS pueden ser considerados como buenos indicadores de tamaño cardiaco, pero ninguno de ellos interfiere en que un VHS sea mejor indicador del tamaño cardiaco.

En cuanto a la medida RATIO2 (8thTV/SA), también obtuvimos una correlación entre el eje corto cardiaco (SA) y la medida del ancho del tórax a la altura de la octava vértebra torácica (VD-8thTV). Indicando una correlación positiva moderada en la proyección ventrodorsal ($R^2=0,47$, $R=0,68$) y una correlación positiva alta en la proyección dorsoventral ($R^2 =0,60$, $R=0,77$). Estos resultados se asemejan a los de Onuma, M. y col. (2009), puesto que la correlación en esa misma medida para la proyección ventrodorsal fue positiva moderada, pero ligeramente menor ($R=0,46$) (21). La correlaciones mas bajas observadas en estas medidas en relación a las medidas VHS, creemos que son producidas por la influencia de la fase del ciclo respiratorio en el tiempo de exposición.

En la práctica clínica el posicionamiento lateral y dorsoventral, puede preferirse al posicionamiento ventrodorsal, ya que se consideran menos estresantes en los pacientes cardiacos (112). Por consiguiente, pensamos que es importante analizar las proyecciones dentro de los diferentes índices cardiacos, con el fin de ver las diferencias que pudieran existir entre ellas. Anteriormente, Fox, P.R. (2003) estudió por primera vez el efecto del posicionamiento de los VHS en perros, describiendo que la posible causa de las ligeras variaciones en las proyecciones laterolaterales son debidas a la

orientación del corazón, que es de aproximadamente unos 45°. Mientras que en las proyecciones ventrodorsales o dorsoventrales, se producen porque el corazón tiene una forma elíptica con un borde ventricular derecho curvado y un borde ventricular izquierdo relativamente recto (112). En nuestro estudio para analizar las diferencias entre proyecciones dentro de los índices cardíacos VHS, seleccionemos el índice vertebral cardíaco de Buchanan (VHS.B), ya que todos los VHS del estudio se comportaron de forma similar y es el que más se asemeja a los VHS descritos en otras especies (3, 4). Al analizar la proyecciones dentro de la variable, se aprecia que no hay diferencias significativas entre las proyecciones laterolaterales derecha e izquierda, ni entre la proyección ventrodorsal y dorsoventral. Sin embargo, encontramos que las proyecciones laterolaterales difieren significativamente con las proyecciones ventrodorsal y dorsoventral. Observando que el valor de la media en las proyecciones ventrodorsal y dorsoventral es significativamente más alto que en las proyecciones laterolaterales. Estos resultados son similares a los descritos anteriormente por Stepien, R.L y col. (1999), quienes no hallaron diferencias significativas entre las proyecciones laterolaterales, pero observó que las medidas eran significativamente más grandes en la proyección ventrodorsal sobre las proyecciones laterolaterales para su VHS (VHS.S) en hurones (20).

En la bibliografía, con respecto a las proyecciones laterolaterales, encontramos resultados muy similares en otras especies, no encontrando diferencias significativas en el VHS entre la proyección latero-lateral derecha e izquierda (3, 9, 12). En contraposición, también encontramos informes contradictorios con respecto a las diferencias en el VHS entre la proyección latero-lateral derecha e izquierda en perros. Mientras que unos estudios descartaron el efecto del posicionamiento en las proyecciones laterolaterales sobre el valor del VHS (3, 11, 14). Otros estudios informaron de las diferencias significativas entre las proyecciones laterolaterales, siendo mayor el VHS en la proyección latero-lateral derecha (RL) con respecto a la izquierda (LL) (10, 13, 14, 16, 17). En otro estudio sobre el Labrador Retriever, Gugjoo y col (2013) se encontraron que no había diferencias estadísticamente significativas entre el VHS tomado en la proyección latero-lateral derecha e izquierda. Sin embargo, se observaron valores más altos en la proyección latero-lateral derecha. Ese mayor VHS en la proyección latero-lateral derecha podría explicarse por el hecho de la divergencia del haz de rayos X y una mayor distancia del corazón respecto al chasis (113). Kraetchmer,

S. y col. (2008) también mencionaron que la posible causa de las diferencias entre las proyecciones laterolaterales, son debidas a que la posición del corazón dentro del tórax cambia levemente como resultado de la gravedad, cuando el animal esta sometido a diferentes formas de inclinación (13).

En cuanto a la proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales, igualmente encontramos estudios con resultados muy similares al nuestro en perros y gatos, no encontrando diferencias significativas en el VHS entre la proyección ventrodorsal y dorsoventral (3, 4, 12). Por el contrario, se describen perceptibles diferencias en la medida VHS entre las proyecciones ventrodorsal y dorsoventral de un mismo perro. Estos resultados han revelado que el tamaño del corazón en la proyección ventrodorsal son un 7 % más anchos y un 5 % más largos que el tamaño del corazón en la proyección dorsoventral. Concluyendo que la posible causa es debida a que en la proyección ventrodorsal se produce una magnificación producida por la distancia entre el corazón y la película radiográfica (3). Además, Bavegem, V. y col (2005) observaron en perros de raza Whippets, que el VHS en la proyección ventrodorsal es significativamente más grande que en la proyección dorsoventral (10).

Con respecto, a las diferencias entre las proyecciones laterolaterales y ventrodorsales o dorsoventrales, también encontramos unos resultados muy similares a los descritos en nuestro estudio en perros, ya que se ha informado de perceptibles diferencias en el VHS de las vistas ventrodorsales o dorsoventrales con respecto a las proyecciones laterolaterales. Presentando como posibles causas, la distancia corazón con respecto a la película radiográfica y que el eje largo en la proyección VD/DV incluye la aurícula derecha y el ventrículo izquierdo, mientras que en las proyecciones laterolaterales solo se incluye la aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo (3). No obstante, a diferencia de estos resultados, los perros de raza whippet no tenían el tamaño del corazón notablemente mayor en radiografías dorsoventrales o ventrodorsales en comparación con las radiografías laterolaterales (10). En concordancia con este último estudio, en la especie felina tampoco encontraron un aumento considerable en la medida VHS ventrodorsal o dorsoventral con respecto a las radiografías laterolaterales (4, 12).

Además, en nuestro estudio se realizaron las correlaciones entre las distintas proyecciones del índice (VHS.B), observándose una correlación positiva buena ($R^2 = 0,77$, $R = 0,87$) entre la proyección latero-lateral derecha (RL-VHS.B) y la proyección

latero-lateral izquierda (LL-VHS.B). Mientras que la correlación observada entre las proyecciones ventrodorsales y dorsoventrales, fue positiva pero regular ($R^2=0,40$, $R=0,63$). Debido a estos resultados, pensamos que la medida VHS en la proyección latero-lateral derecha no presenta ninguna ventaja sobre la proyección latero-lateral izquierda. Sin embargo, aunque no encontramos diferencias significativas en las medidas VHS.B en las proyecciones ventrodorsal y dorsoventral, son variables que se comportan de manera diferente, mostrando diferencias perceptibles entre ellas en mayor medida que en las proyecciones laterolaterales, pudiéndonos dar distinto grado de información.

Con respecto al índice esternebral cardiaco (SHS), no encontramos diferencias significativas en la medida en las proyecciones laterolaterales, pero las correlaciones obtenidas entre ambas proyecciones son ligeramente mejores a las de la medida VHS, siendo ésta positiva buena ($R^2= 0,84$, $R=0,91$). Por lo tanto, consideramos que al igual que la variable anterior, la realización de la medida en la proyección latero-lateral derecha no presenta ventaja sobre la proyección latero-lateral izquierda.

Al analizar la medida área cardiaca eje (ÁREA-EJE), encontramos los mismos resultados con respecto a las diferencias entre proyecciones que para la medida VHS.B. Sin embargo, la correlación entre la proyección latero-lateral derecha (RL-ÁREA-EJE) y la proyección latero-lateral izquierda (LL-ÁREA-EJE) fue positiva, pero superior a la obtenida en las mismas proyecciones para la medida VHS.B siendo ésta de $R^2= 0,94$ y $R=0,96$. Además, la correlación observada entre la proyección ventrodorsal (VD-ÁREA-EJE) y la proyección dorsoventral (DV-ÁREA-EJE) fue positiva, con un coeficiente muy superior a la medida VHS.B en la misma proyección ($R^2=0,89$, $R=0,94$). En base a esto, pensamos que a diferencia de la medida cardiaca VHS.B, esta medida no presenta ventajas en la realización ni en la proyección latero-lateral derecha sobre la izquierda, ni en la proyección ventrodorsal sobre la dorsoventral.

En cuanto a la medida área cardiaca polígono abierto, tampoco presenta ventajas la realización de la medida en la proyección latero-lateral derecha (RL-ÁREA-POL) con respecto a la proyección latero-lateral izquierda (LL-ÁREA-POL), ya que no presentó diferencias significativas entre las proyecciones y la correlación obtenida entre ambas fue positiva, muy buena ($R^2= 0,97$, $R=0,98$).

Referente a la medida Área cardiaca polígono abierto en la proyección ventrodorsal y dorsoventral (VD-ÁREA-POL , DV-ÁREA-POL), en nuestro estudio no sólo quisimos saber si había diferencias en la realización con respecto a las proyecciones, sino que añadimos la realización con siete puntos y con nueve puntos en cada proyección. Con el fin de buscar rapidez en la realización de la medida para nuestra clínica diaria. Por lo tanto, en nuestro estudio se evaluaron las proyecciones ventrodorsal y dorsoventral con independencia del número de puntos para realizar la medida, la realización de la medida teniendo en cuenta sólo el número de puntos con independencia de la proyección y las proyecciones teniendo en cuenta el número de puntos para su realización. Los resultados obtenidos fueron que no presentaron diferencias significativas en ninguno de los supuestos anteriores y la correlación observada para la mayoría de los casos fue positiva y buena (R^2 comprendido entre 0,89 y 0,92) y cuando correlacionamos la misma proyección pero con distinto número de puntos para su realización, muy buena (R^2 en torno a 0,99).

Por consiguiente, creemos que esta medida no presenta ventaja en su realización mediante la proyección ventrodorsal sobre la dorsoventral. Con respecto al número de puntos para su realización, desde el punto de vista estadístico, no presentan diferencias si la realizamos con siete puntos o con nueve puntos, pero pensamos que cuando el corazón sufra una alteración en su conformación debido a una patología cardiaca, puede que sea más exacta y fácil de realizar la medida con nueve puntos, ya que la medida realizada con 7 puntos va depender más del factor de corrección de la silueta cardiaca del software OsiriX.

Las preferencias en la proyección radiográfica para la realización de las medidas cardiacas según diferentes autores, las vamos a encontrar descritas en la medida más común que es el VHS. En base a esto, Buchanan, J.W. y Bücheler, J. (1995) no mostraron preferencia entre las proyecciones laterolaterales, pero si en la proyección dorsoventral sobre la proyección ventrodorsal para la evaluación del tamaño cardiaco en perros, ya que el contorno fue más consistente en la proyección dorsoventral; y por la magnificación encontrada en la proyección ventrodorsal causada por el incremento de la distancia entre el corazón y la película radiográfica (3). Por el contrario, en la especie felina encontramos un estudio que prioriza la proyección ventrodorsal sobre la dorsoventral, porque los bordes de la silueta del corazón en la vista ventrodorsal están oscurecidos por la grasa en gatos obesos (80). En hurones también encontramos un

estudio, en el cual prefiere las medidas cardiacas realizadas en las proyecciones laterolaterales sobre las obtenidas en la proyección ventrodorsal, debido a que la presencia de grasa pericárdica oscurece los bordes de la silueta cardiaca (20). Teniendo en cuenta estos antecedentes y debido a los resultados obtenidos en nuestro estudio, pensamos que todas las medidas de nuestro estudio pueden ser realizadas en cualquiera de las proyecciones descritas para su realización y que solamente deberíamos tener en cuenta factores intrínsecos dependientes del animal, con el fin de seleccionar la proyección más adecuada en cada momento.

En nuestro estudio, pretendimos evaluar cuales podrían ser las mejores medidas cardiacas para hurones, intentando evaluar diferentes factores. Encontramos diferentes publicaciones sobre el VHS en otras especies, para el diagnóstico de diferentes problemas cardiacos con precisión variable. En un estudio realizado por Lamb, C.R. y col. (2001) se evaluó la precisión del VHS en el diagnóstico de enfermedad cardiaca en perros, observando que el valor del VHS por encima de 10,7 v es un signo moderadamente preciso de enfermedad cardiaca en la mayoría de los casos (102). También se ha informado que el VHS es bastante preciso para la exclusión de una tos de origen cardíaco en perros con enfermedad de la válvula mitral (110). En otro estudio sobre la insuficiencia cardíaca congestiva (ICC) debido a la insuficiencia de la válvula mitral, se descubrió que el VHS es útil para detectar la aparición de ICC en Cavalier Kings Charles Spaniels con insuficiencia mitral (111). Además, se ha encontrado que el VHS es el índice radiográfico más preciso para identificar perros con derrame pericárdico y que aumenta significativamente con miocardiopatía dilatada (15). Debido a estos antecedentes, nosotros escogimos nuestra nueva medida VHS.B basada en las mismas directrices que Buchanan, para comparar si las otras medidas realizadas en nuestro estudio, pudieran ser buenos indicadores de problemas cardiacos.

Cuando comparamos el índice vertebral cardiaco Buchanan (VHS.B) con el índice vertebral cardiaco de Stepien (VHS.S) (20), observamos que aunque la correlación encontrada entre los dos índices en las proyecciones analizadas fue positiva muy buena ($+/-R=0,9$), los valores en el índice vertebral cardiaco de Buchanan son continuos, mientras que en el índice vertebral cardiaco de Stepien converge en una serie de valores únicos. Por lo tanto, consideramos que el índice vertebral cardiaco de Buchanan es más preciso que el índice vertebral cardiaco de Stepien, debido a que en el índice vertebral cardiaco de Stepien, el tamaño del corazón como número de vértebras

se estima con una precisión de 0,25 vértebras, en cambio en el índice vertebral cardiaco de Buchanan el tamaño de corazón se estima con una precisión de 0,1 vértebras.

Al analizar la comparación entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B) y el índice vertebral cardiaco de Onuma (VHS.O) (21), encontramos que los dos índices son muy similares, debido a que la correlación obtenida en las dos proyecciones analizadas fue positiva buena ($R^2= 0,82$; $R^2= 0,77$). No pudiendo determinar cual es el mejor índice. Sin embargo, pensamos que desde el punto de vista clínico, el índice vertebral cardiaco de Buchanan debería ser más preciso, ya que el segmento vertebral utilizado en la realización del índice vertebral cardiaco de Onuma (VHS.O) es más grande, pudiéndose angular durante la realización de la radiografía y alterar su precisión.

En cuanto a la comparación entre el índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B) con el índice esternbral cardiaco (SHS), la correlación obtenida fue positiva buena ($R^2= 0,56$), pero menor que con los otros índices vertebrales. Esto pensamos que es debido a la estructura anatómica diferente que se utiliza para realizar la proporción en este índice, pudiendo tener un comportamiento ligeramente distinto sobre el tamaño cardiaco. También, se analizó la tendencia entre los dos índices siendo muy similar entre ambas cuando las diferenciamos entre géneros. Sin embargo, encontramos una correlación ligeramente superior ($R^2= 0,60$) entre el índice esternbral cardiaco y la suma de eje largo y corto (L+W) en la misma proyección, con respecto a la correlación entre esa misma medida cardiaca y el índice vertebral cardiaco de Buchanan, siendo la correlación obtenida ($R^2= 0,40$). Por lo tanto, pudiendo ser mejor indicador de tamaño cardiaco el índice esternbral que el índice vertebral cardiaco de Buchanan. En base a todo esto, consideramos que el índice esternbral cardiaco debería tenerse en cuenta como indicador de tamaño cardiaco en esta especie, no pudiendo establecer cual es el más preciso con exactitud. Además, pensamos que esta nueva medida debería ser de gran utilidad en aquellos individuos que presenten malformaciones vertebrales, ya que estas alteraciones han sido descritas en esta especie (114).

Acerca de la comparación entre índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B) con las medidas área cardiaca eje (ÁRE-EJE) y área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL), observamos que la correlación encontrada con respecto a estas medidas en la misma proyección fue la más baja de nuestro estudio, siendo ésta positiva mala con

unos valores de $R^2 = 0,36$ y $R^2 = 0,34$ respectivamente. Estas correlaciones tan bajas encontradas, pensamos que su posible causa debería estar relacionada al propio concepto de las medias, es decir el índice vertebral cardíaco de Buchanan establece una proporción del tamaño cardíaco con una estructura anatómica, mientras que estas nuevas medidas nos da un valor absoluto del tamaño cardíaco. Por lo tanto, la variación de estos nuevos índices con respecto al tamaño cardíaco no tienen porqué tener el mismo comportamiento. Por otro lado, la tendencia de estas dos nuevas medidas cuando las diferenciamos entre géneros fue muy similar a la encontrada en el índice vertebral cardíaco de Buchanan. Además, las correlaciones obtenidas entre la medida área cardíaca eje y la medida área cardíaca polígono abierto sobre la suma del eje largo y corto cardíaco (L+W) fue positiva muy buena ($R^2 = 0,94$), mientras que la correlación observada entre la medida cardíaca suma del eje largo y corto, con respecto al índice vertebral cardíaco de Buchanan fue positiva regular ($R^2 = 0,40$). Estos factores de tendencia y grado de asociación con el tamaño cardíaco, nos hace pensar que estas nuevas medidas deberían ser consideradas como un buen indicador de tamaño cardíaco en esta especie. Aunque como hemos mencionado en un apartado anterior, los índices vertebrales cardíacos presentan valores más homogéneos que las medidas áreas cardíacas, haciéndonos pensar que los índices vertebrales cardíacos pudieran ser algo más precisos.

Sin embargo, desde el punto de vista clínico en el cual buscamos la velocidad de la medida, preferimos las medidas áreas cardíacas, debido a que en los índices vertebrales cardíacos el cálculo es más complicado y por lo tanto el consumo de tiempo empleado es mayor.

El VHS de Buchanan es una medida radiográfica ampliamente aceptada para la detección de cardiomegalia, pero varios factores pueden conducir a la variabilidad en los resultados. Hansson, K. y col. (2005) han demostrado que la medida del eje largo es más variable que la del eje corto cardíaco (115). Esto se debe a la dificultad de determinar con precisión la ubicación exacta del borde apical de la silueta cardíaca debido a pliegues de la piel, costillas superpuestas, grasa frenicopericárdica o la mayoría de las porciones craneales del hígado (101). La presencia de edema pulmonar cardiogénico también puede obstaculizar significativamente la medición del VHS, ya

que está asociada a un aumento en la radiopacidad perihiliar pulmonar. En estudios previos, el edema pulmonar no introdujo variaciones en la medida del eje largo cardiaco. En opinión de estos autores, es la precisión en la medida del eje corto cardiaco la que puede verse comprometida por la presencia de edema pulmonar cuando se obtiene el eje corto utilizando la vena cava caudal como punto de referencia anatómico (104, 115). En hurones como hemos descrito anteriormente, sólo se menciona que la grasa pericárdica puede oscurecer los bordes de la silueta cardiaca y por lo tanto alterar la medición del VHS (20). En contraposición, nosotros creemos que esa distorsión en la silueta cardiaca encontrada tanto en el lado derecho del corazón y ápice cardiaco en las proyecciones laterolaterales como en la zona del arco aórtico mediastínico en las proyecciones dorsoventrales o ventrodorsales, son debidas no sólo a la presencia de la grasa frenicopericárdica sino a la fase del ciclo cardiaco, ya que la frecuencia cardiaca en esta especie es muy alta. En concordancia, encontramos un estudio en el cual se evaluó el efecto de la fase del ciclo cardiaco sobre el VHS en perros mediante fluoroscopia, el cual enfatizó que la fase del ciclo cardiaco tiene efectos moderados pero no insignificantes en la determinación del VHS (116). Además, Doss, G.A. y col. (2017) en un estudio realizado en chinchillas, mencionan la posibilidad de que los latidos del corazón puedan haber influido en el VHS en esta especie (9).

Por lo tanto, debido a esta distorsión encontrada en la silueta cardiaca en hurones, en nuestro estudio pretendimos evaluar la facilidad de visualización por parte del operador de imagen al realizar las nuevas medidas cardiacas área cardiaca polígono abierto tanto en las proyecciones laterolaterales como en las dorsoventrales o ventrodorsales, ya que estas medidas son las que más están influidas por estos factores. Los resultados obtenidos fueron que las dificultades por parte del operador de imágenes cuando realizamos estas medidas no influyeron en la medida Área cardiaca polígono abierto en ninguna de sus proyecciones. Sin embargo, pensamos que estos resultados pueden estar limitados, puesto que en las proyecciones laterolaterales el 70% de las imágenes donde se realizaron las medidas fueron consideradas de fácil visualización por parte del operador, con un 20 % de dudosas y 5% de malas. Resultados muy similares fueron encontrados en la proyección dorsoventral o ventrodorsal con un 22,5 % de imágenes consideradas de difícil visualización por parte del operador. En base a esto, creemos que la fase del ciclo cardiaco y la grasa frénico pericárdica debería producir efectos moderados pero no insignificantes en esta medida cardiaca.

Además, debido a esa zona de distorsión en la medida área cardiaca polígono abierto en la proyección latero-lateral, en nuestro estudio se realizó una medida igual que la anterior pero englobando la zona de distorsión del lado derecho cardiaco, denominada área cardiaca polígono abierto con grasa (ÁREA-POLG). Encontrando unos valores más altos, pero con un coeficiente de variación similar en las dos proyecciones. En consiguiente, pensamos que esta medida cardiaca debería ser evaluada en aquellos individuos que sea imposible de distinguir esta zona de distorsión derecha, si pretendemos realizar esta medida área cardiaca polígono abierto (ÁREA-POL) en la proyección latero-lateral. En cuanto a esta medida en la proyección ventrodorsal o dorsoventral, también intentamos determinar una medida que nos indicara el nivel de engrasamiento de los individuos en la zona del arco aórtico y mediastínico de una forma objetiva. Este parámetro denominado en nuestro estudio como índice mediastínico (IND-MEDIASTÍNICO), consideramos que no presenta ninguna utilidad clínica, debido al gran coeficiente de variación presentado y siendo una de nuestras pocas variables que no presentó dimorfismo sexual.

Con respecto al posicionamiento del paciente durante la realización de la proyección radiográfica para la obtención de índices cardiacos, como hemos mencionado con anterioridad distintos grados de inclinación durante la realización de la proyección radiográfica pueden interferir en el posicionamiento del corazón y por lo tanto en el valor del VHS (3, 13, 112, 113). No encontramos artículos que intenten relacionar cuánto interfiere el posicionamiento radiográfico en las medidas cardiacas en ninguna especie, eso pensamos que es debido a que la mayoría de los autores al establecer sus índices en otras especies mencionan el correcto posicionamiento del animal cuando desarrollaron su índice de normalidad de tamaño cardiaco. Por el contrario, debido a que la cavidad torácica de los hurones es bastante uniforme pero alargada y aplanada dorsoventralmente en comparación con otras especies (1, 20, 74), encontramos dificultades a la hora de establecer un correcto posicionamiento radiográfico en nuestro estudio. Por tanto, tras su evaluación en este estudio, no encontramos que ligeras variaciones en la calidad de la proyección radiográfica puedan interferir en ninguna de las medidas de nuestro estudio. Esta medida de evaluación puede estar ligeramente sesgada, ya que en nuestro estudio se seleccionaron las mejores proyecciones radiográficas realizadas a cada uno de los individuos, encontrándonos que entre el 77 al 90% de las radiografías utilizadas en nuestro estudio fueron consideradas

como buenas y tan sólo entre un 10 al 22,5 % malas con independencia de su proyección.

Uno de los factores que pudo influir en las medidas cardíacas de nuestro estudio fue la fase del ciclo respiratorio. En un estudio realizado en perros de raza Beagle, observaron un efecto no significativo en el VHS con respecto al grado de inspiración pulmonar y su influencia en la medida cardíaca (13). En esta misma línea encontramos un estudio en el cual se evaluó el efecto de la fase del ciclo respiratorio sobre el VHS en perros mediante fluoroscopia, el cual vio que la fase del ciclo respiratorio tiene efectos moderados pero no insignificantes en la determinación del VHS (116). También, en un estudio realizado en chinchillas, mencionan la posibilidad de que tanto el artefacto de movimiento secundario a la respiración como la obtención de radiografías en la fase inspiratoria puedan haber influido en el VHS en esta especie (9). Por el contrario, en un estudio publicado por Webster, N. y col. (2009) encontraron una reducción estadísticamente significativa en el VHS de perros sometidos a un inflado manual de los pulmones, recomendando que debe ser tenido en cuenta cuando evaluamos el tamaño radiográfico del corazón en perros anestesiados (117). En nuestro estudio no se ha tenido en cuenta la fase del ciclo respiratorio, pensamos que aunque pueda influir ligeramente en nuestras medidas cardíacas, debido al tamaño y frecuencia respiratoria de nuestra especie, es muy difícil realizar la proyección radiografía en el momento inspiratorio apropiado para minimizar dicho efecto.

En cuanto a la fase del ciclo cardíaco, consideramos que el efecto producido en los índices cardíacos de nuestro estudio, en los cuales se compararon el tamaño del corazón con diferentes estructuras anatómicas fue moderado, ya que esos resultados deberían ser muy similares a los obtenidos en el índice cardíaco VHS de la especie canina (116). Sin embargo, pensamos que su efecto en nuestra nueva medida área cardíaca polígono abierto (ÁREA-POL) fue ligeramente mayor, debido a la zona de distorsión de la silueta cardíaca que se produce en esta especie y como consecuencia del mayor número de referencias anatómicas que necesitamos para su realización.

Otro de los factores que puede haber influido en las medidas de nuestro estudio es la experiencia del observador, creemos que las diferencias encontradas en las medidas VHS en este estudio con respecto a otros autores (20, 21), pueden no ser debidos a la experiencia del observador, puesto que se ha informado que el método

VHS no se ve afectado por la experiencia del observador, pero depende de la selección de los puntos de referencia del eje largo y eje corto cardíaco, y su conversión en unidades vertebrales (115). Por otro lado, Nakayama, H. y col. (2001) encontraron un bajo coeficiente de variación entre observadores, pero el estudio incluyó sólo observadores experimentados en radiología torácica (101). Además, en un estudio realizado por Lamb, C.R. y col. (2000) en el cual se incluyeron tres observadores con diferente experiencia (radiólogo veterinario, residente de medicina y enfermera veterinaria), concluyeron que los diferentes observadores registraron valores medios similares en el VHS, con una diferencia máxima $> 1,0$ vertebras (118). En base a esto, consideramos que nuestras nuevas medidas cardíacas basadas en áreas pueden presentar una limitación, debido a que para que sean generalmente aplicables es necesario que la variabilidad interobservador sea baja entre un grupo típico de usuarios, que incluya veterinarios sin experiencia y con experiencia en radiología torácica. Por lo tanto, este estudio, junto con la validación interobservador de estas nuevas medidas, podría ser una línea de investigación en futuros trabajos.

Por otro lado, consideramos que el no disponer de un grupo control de hurones con diferentes patologías cardíacas ha podido limitar el estudio en cierta medida, con el fin de demostrar la utilidad para distinguir entre hurones con y sin enfermedad cardíaca, de los diferentes métodos de diagnóstico radiológicos propuestos en este estudio. Además de investigar la precisión y exactitud de las técnicas, en comparación con el método VHS. Por consiguiente, pensamos que otra línea de investigación con animales que presentan distintas patologías cardíacas sería necesaria en futuras investigaciones.

VI. Conclusiones

- 1^a. Los índices vertebrales cardiacos previamente establecidos para esta especie, difieren con la población europea en los valores absolutos y con respecto al género en distintas proyecciones radiográficas. Así que sugerimos la importancia de hacer valores específicos para cada población de hurones, diferenciando por sexo, con el fin de obtener una interpretación radiográfica más precisa de la silueta cardiaca.

- 2^a. El índice esternobral cardiaco (SHS) puede ser utilizado en la valoración del tamaño cardiaco cuando se presentan malformaciones vertebrales.

- 3^a. El índice vertebral cardiaco de Buchanan (VHS.B), debería ser considerado como el índice vertebral cardiaco más preciso cuando diferenciamos entre géneros y en las proyecciones laterolaterales y dorsoventral.

- 4^a. Los factores facilidad de visualización y posicionamiento del paciente durante la realización de la proyección radiográfica no influyen en ninguna de las medidas de nuestro estudio.

- 5^a. Las nuevas medidas “área cardiaca polígono abierto” son medidas simples, rápidas y directas del tamaño cardiaco en hurones, constituyendo una clara alternativa a los índices vertebrales, debido a la necesidad de adaptación de cualquier índice o medida al dimorfismo sexual y a las diferentes poblaciones.

VII. Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar los distintos índices vertebrales cardíacos descritos en el hurón, la adaptación de otros índices cardíacos establecidos en otras especies, así como la búsqueda de nuevos índices y herramientas que nos permitan establecer el tamaño cardíaco normal mediante radiografía de forma más rápida y efectiva.

Participaron en el estudio prospectivo 40 hurones sanos, pertenecientes a la población europea y todos ellos pacientes del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Extremadura. La evaluación de normalidad cardiovascular se realizó mediante el proceso de auscultación y ecocardiografía. Una vez evaluado el estado cardiovascular, los hurones sanos son sometidos a la realización de las radiografías torácicas en todas las proyecciones y posteriormente se efectuaron las medidas, mediante el software para el tratamiento de imágenes médicas OsiriX MD.

La mayoría de las medidas cardíacas estudiadas presentan diferencias significativas entre machos y hembras. Los resultados que hemos obtenido para el índice vertebral de Buchanan (VHS.B) fueron (RL-VHS.B: $5,52 \pm 0,28$ v; LL-VHS.B: $5,55 \pm 0,28$ v; DV-VHS.B: $6,22 \pm 0,34$ v) para los machos y (RL-VHS.B: $5,24 \pm 0,21$ v; LL-VHS.B: $5,25 \pm 0,20$ v; DV-VHS.B: $5,97 \pm 0,35$ v) en las hembras. En cuanto al índice esternbral cardíaco (SHS) fue de (RL-SHS: $5,10 \pm 0,20$ s; LL-SHS: $5,11 \pm 0,20$ s) para los machos y de (RL-SHS: $4,67 \pm 0,24$ s; LL-SHS: $4,67 \pm 0,28$ s) en las hembras. Respecto a las nuevas medidas basadas en determinar un área cardíaca, también están marcadas por el claro dimorfismo sexual, siendo el valor del área cardíaca polígono abierto (RL-ÁREA-POL: $6,78 \pm 0,65$ cm²; LL-ÁREA-POL: $6,88 \pm 0,68$ cm²; VD-ÁREA-POL9: $7,20 \pm 0,91$ cm²; DV-ÁREA-POL9: $7,57 \pm 0,88$ cm²) para los machos y (RL-ÁREA-POL: $4,28 \pm 0,30$ cm²; LL-ÁREA-POL: $4,35 \pm 0,35$ cm²; VD-ÁREA-POL9: $4,72 \pm 0,65$ cm²; DV-ÁREA-POL9: $4,79 \pm 0,66$ cm²) en las hembras, resultando indiferente la realización de las medidas en cualquiera de las proyecciones radiográficas.

De forma general podemos concluir que el dimorfismo sexual y las diferentes poblaciones condicionan los valores de las medidas e índices radiográficos del tamaño cardíaco. Además el índice vertebral de Buchanan (VHS.B) adaptado a hurones, y el índice esternbral cardíaco (SHS) y las medidas área cardíaca polígono abierto (ÁREA-POL) propuestas en nuestro estudio son herramientas idóneas para la valoración del tamaño cardíaco en hurones.

Palabras clave: hurón, radiografía, medida, índice vertebral cardíaco, OsiriX.

VII. Summary

The objective of this project was to evaluate the different methods of vertebral heart score (VHS) described in ferrets, the adaptation of the established indices for other species, search of new ones, as well as tools that will allow us to establish the normal size of the heart in a fast and effective way.

Forty healthy ferrets, belonging to the European population, took part in this prospective study. All of them were patients of the Clinical Veterinary Hospital of the University of Extremadura. The evaluation of the cardiovascular normality was performed by auscultation and echocardiography. Once the cardiovascular state was evaluated, all the healthy ferrets were subject of a radiological study and after that, measurements were taken using a software for treatment of medical images, named OsiriX MD.

The majority of the cardiac measurements presented significant differences among males and females. The results obtained for Buchanan's method (VHS.B) were (RL-VHS.B: $5,52 \pm 0,28$ v; LL-VHS.B: $5,55 \pm 0,28$ v; DV-VHS.B: $6,22 \pm 0,34$ v) for males and (RL-VHS.B: $5,24 \pm 0,21$ v; LL-VHS.B: $5,25 \pm 0,20$ v; DV-VHS.B: $5,97 \pm 0,35$ v) for females. As for sternbral heart score (SHS) were (RL-SHS: $5,10 \pm 0,20$ s; LL-SHS: $5,11 \pm 0,20$ s) for males and (RL-SHS: $4,67 \pm 0,24$ s; LL-SHS: $4,67 \pm 0,28$ s) for females. The new measurements based on the determination of heart area also present a clear sexual dimorphism, being the value of heart area open polygon (RL-AREA-POL: $6,78 \pm 0,65$ cm²; LL-AREA-POL: $6,88 \pm 0,68$ cm²; VD-AREA-POL9: $7,20 \pm 0,91$ cm²; DV-AREA-POL9: $7,57 \pm 0,88$ cm²) for males, and (RL-AREA-POL: $4,28 \pm 0,30$ cm²; LL-AREA-POL: $4,35 \pm 0,35$ cm²; VD-AREA-POL9: $4,72 \pm 0,65$ cm²; DV-AREA-POL9: $4,79 \pm 0,66$ cm²) for females, no matter the radiological projection chosen for the realization of these measurements.

On a regular bases, we can conclude that the sexual dimorphism and the different populations condition the measurement values as well as the radiographic indices of the heart size. Furthermore, Buchanan's method (VHS.B), when adapted for ferrets, sternbral heart score (SHS) and the measurements of heart area open polygon

(AREA-POL) proposed in our project, seem to be ideal tools for the valuation of the heart size in ferrets.

Key words: ferret, cardiac, radiography, measurement, vertebral heart score, OsiriX.

VIII. Bibliografía

1. Morrisey J, Kraus M. Cardiovascular and other diseases. In: Quesenberry K, Carpenter J, editors. *Ferrets, Rabbits and rodents clinical medicine and surgery* 3rd ed. St. Louis, Missouri: Saunders; 2012. p. 62-77.
2. Lewington J. Cardiovascular disease. In: Lewington J, editor. *Ferret husbandry, medicine and surgery* 2nd edición. Philadelphia: WB Saunders; 2008. p. 275-84.
3. Buchanan J, Bücheler J. Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. *J Am Vet Med Assoc.* 1995 206(2):194-9.
4. Litster A, Buchanan J. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs of cats. *J Am Vet Med Assoc.* 2000 216(2):210-4.
5. Straub J, Pees M, Krautwald-Junghans M. Measurement of the cardiac silhouette in psittacines. *J Am Vet Med Assoc.* 2002 221(1):76-9.
6. Schumacher J, Snyder P, Citino S, Bennett R, Dvorak L. Radiographic and electrocardiographic evaluation of cardiac morphology and function in captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *J Zoo Wildl Med.* 2003 34(4):357-63.
7. Gardner A, Thompson M, Fontenot D, Gibson N, Heard J. Radiographic evaluation of cardiac size in flying fox species (*Pteropus rodricensis*, *P. hypomelanus*, and *P. vampyrus*). *J Zoo Wildl Med.* 2007 (38):192-200.
8. Marie L, Stephanie L, Richard A. Determination of vertebral heart score in Goeldi's monkeys (*Callimico goeldii*). *J Med Primatol.* 2015;44:183-6.
9. Doss G, Mans C, Hoey S, Girolano N, Stepien R, Waller III K. Vertebral heart size in chinchillas (*Chinchilla lanigera*) using radiography and CT. *Journal of Small Animal Practice.* 2017:1-6.
10. Bavegems V, Van Caelenberg A, Duchateau L, Van Bree H, De Rick A. Vertebral heart size ranges specific for whippets. *Vet Radiol Ultrasound.* 2005 46(5):400-3.
11. Marin L, Brown J, McBriem C, Baumwart R, Samii V. Vertebral heart size in retired racing Greyhounds. *Vet Radiol Ultrasound.* 2007 48(4):332-4.
12. Ghadiri A, Avizeh R, Rasekh A, Yadegari A. Radiographic measurement of vertebral heart size in healthy stray cats. *J Feline Med Surg.* 2008 10(1):61-5.

13. Kraetschmer S, Ludwig k, Meneses F, Nolte I, Simon D. Vertebral heart scale in the beagle dog. *Vet Radiol Ultrasound*. 2008 49(5):240-3.
14. Ghadiri A, Avizeh R, Fazli G. Vertebral heart scale of common large breeds of dog in Iran. *Int J Vet Res*. 2010;4(2):107-11.
15. Gugjoo M, Hoque M, Saxema A, Zama M. Vertebral scale system to measure heart size in dogs thoracic radiographs. *Advances in Animal And Veterinary Sciences*. 2013;1(1):1-4.
16. Bodh D, Hoque M, Saxena A, Gugjoo M, Bist D, Chaudhary J. Vertebral scale system to measure heart size in thoracic radiographs of Indian Spitz, Labrador retriever and Mongrel dogs. *Veterinary World*. 2016;9(4):371-6.
17. Birks R, Fine D, Dacvim M, Leach S, Clay S, Eason B, et al. Breed-Specific Vertebral Heart Scale for the Dachshund. *J Am Anim Hosp Assoc*. 2017;53:73-9.
18. Taylor C, Simon B, Stanley B, Lai G, Thieman Mankin K. Norwich terriers possess a greater vertebral heart scale than the canine reference value. *Vet Radiol Ultrasound*. 2020;61:10-5.
19. Puccinelli C, Citi S, Vezzosi T, Garibaldi S, Tognetti R. A radiographic study of breed-specific vertebral heart score and vertebral left atrial size in Chihuahuas. *Vet Radiol Ultrasound*. 2020:1-7.
20. Stepien R, Benson K, Forrest L. Radiographic measurement of cardiac size in normal ferret. *Vet Radiol Ultrasound*. 1999 40(6):606-10.
21. Onuma M, Kondo H, Ono S, Ueki M, Shibuya H, Sato T. Radiographic Measurement of Cardiac Size in 64 Ferrets. *J Vet MedSci*. 2009;71(3):355-8.
22. Lehmkuhl L, Bonagura J, Biller D, Hartman W. Radiographic evaluation of caudal vena cava size in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 1997;38(2):94-100.
23. Vosugh D, Nazem M. Radiological evaluation of caudal vena cava in domestic shorthair cats with regard to right heart failure diagnosis. *Bulgarian Journal of Veerinary Medicine*. 2019;22:220-6.
24. Bhargavi B, Kannan T, Geetha Ramesh D, Sumathi and Arun P. Radiographic evaluation of caudal vena cava and descending aorta in indigenous dog breeds of Tamil Nadu. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018;6(6):159-62.
25. Solomon R. Free and open source software for the manipulation of digital images. *American Journal of Roentgenology*. 2009;192(6):53-5.
26. Jaimovich S, Guevara M, Pampin S, Jaimovich R, Gardella J. Neurosurgical planning using osirix software. *Sug Neurol Int*. 2014;5(5):267-71.

27. Mandel M, Amorim R, Paiva W, Prudente M, Teixeira M, Andrade A. 3D preoperative planning in the ER with OsiriX®: When there is no time for neuronavigation. *Sensors (Basel)*. 2013;13(5):6477-91.
28. Sierra-Martinez E, Cienfuegos-Monroy R, Fernández-Sobrino G. OsiriX, a useful tool for procesing tomographic images in patients with facial fracture. *Cir Cir*. 2009;77(2):95-9.
29. Yamauchi T, Yamazaki M, okawa A, Furuya T, Hayashi K, Sakuma T, et al. Efficacy and reliabiliti of highly functional open source DICOM software (OsiriX) in Spine surgery. *J Clin Neurosci* 2010;17(6):756-9.
30. Fortin M, Battié M. Quantitative paraspinal muscle measurement: inter-software reliability and agreement using OsiriX and Image J. *Phys Ther*. 2012;92(6):853-64.
31. Blackkledge M, Collins D, Koh D, Leach M. Rapid development of image analysis research tool: Bridging the gap between researcher and clinician with pyOsiriX. *Comput Biol Med*. 2016;69:203-12.
32. Rotariu D, Ziyad F, Budu A, Poata I. The role of OsiriX based virtual endoscopy in planning endoscopic transspenoidal surgery for pituitary adenoma. *Turk Neurosurg*. 2017;27(3):339-45.
33. Yao F, Wang J, Yao J, Hang F, Lei X, Cao Y. Tree dimensional image reconstruction with free open source OsiriX software in video assisted thoracoscopic lobectomy and segmentectomy. *Int J Surg*. 2017;39:16-22.
34. Gumsheimer M, Stortecky S, Gahl B, Langhammer B, Carrel T, Buellesfeld L, et al. Validation of 3d reconstructed comuted tomography images using OsiriX ® software for pre-transcatherter aortic valve implatation aortic annulus sizing. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2017;10:750-9.
35. Sano A, Tsuchiya T. Virutal brochoscopy using OsiriX. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2014;21(2):113-6.
36. Leblond G, Gaitero L, Moens N, Zur Linden A, James F, Moteith G, et al. Canine atlantoaxial optimal safe implantation corridors- description and validation of novel 3D Presurgical planning method usin OsiriX. *BMC Vet*. 2016;12(1):188.
37. Rosenthal K. Ferret. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 1994;24:1-23.
38. Fox J. Taxonomy, history and use. In: Fox J, editor. *Biology and diseases of the ferret* 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, S; 1998A. p. 3-18.
39. Grzimek B. *Grzime Encyclopedia of Mammals* New York Mcgraw Hill. 1990;3:401-5.

40. Zeuner F. *A History of Domesticated Animals*. New York: Harper & Row; 1963. 401-3 p.
41. Church B. Ferret-polecat domestication: genetic, taxonomic and phylogenetic relationships. In: Lewington J, editor. *Ferret husbandry, medicine and surgery*. Philadelphia: WB Saunders; 2008. p. 122-50.
42. Gentry A, Clutton-Brock J, Groves C. The naming of wild animal species and their domestic derivatives. *J Archaeol Sci*. 2004(31):645-51.
43. Brown S. *Basic Anatomy, Physiology and Husbandry*. In: Quesenberry K, Carpentre J, editors. *Ferrets, rabbits and rodents clinical medicine and surgery 2 nd ed*. St. Louis, Missouri: W.B.Saunders; 2003. p. 2-12.
44. Wolf T. *Ferrets*. In: Mitchell M, Tully T, editors. *Manual of Exotic Pet Practice*. St. Louis, Missouri: Saunders; 2009. p. 345-73.
45. Powers L, Brown S. *Basic Anatomy, Physiology and Husbandry*. In: Quesenberry K, Carpentre J, editors. *Ferrets, rabbits and rodents clinical medicine and surgery 3 nd ed*. St. Louis, Missouri: Saunders; 2012. p. 1-13.
46. Mary F. *Manual practico del hurón*. L'Hospitalet, Barcelona: Hispano europea S.A; 2006. p. 12-9.
47. Brown S. *Basic anatomy, physiology and husbandry*. In: Hillyer E, Quesenberry K, editors. *Ferret, rabbits and rodents clinical medicine and surgery*. Philadelphia: W.B.Saunders; 1997. p. 3-25.
48. Besch-Williford C. *Biology and medicine of the ferret*. *Vet Clin North Am Small Animal Pract*. 1987;17:1155-83.
49. Fox J. *Normal clinical and biological parameters*. In: JG F, editor. *Biology and diseases of the ferret 2 nd ed*. Baltimore: Williams & Wilkins, S; 1998B. p. 183-210.
50. Fox J, Bell J. *Growth, reproduction and breeding*. In: JG F, editor. *Biology and diseases of the ferret 2 nd ed*. Baltimore: Williams & Wilkins, S; 1998. p. 221-7.
51. Lewington J. *Classification, history and current status of ferrets*. In: JH L, editor. *Ferret husbandry, medicine and surgery*. Philadelphia: WB Saunders; 2008. p. 3-14.
52. Ferret Center 2002 [October 23,2020]. Available from: <https://artgivotnih.s2m2.ru/esp/origin.html>.
53. American Ferret Association, Inc 1999 [October 23,2020]. Available from: <https://www.ferret.org>.

54. Evan H, An N. Anatomy of the Ferret. In: Fox J, editor. Biology and diseases of the ferret 2^o ed. Baltimore: Williams and Wilkins,S; 1998. p. 19-70.
55. Lewington J. External features and anatomy profile. In: Lewington J, editor. Ferret husbandry, medicine and surgery. Philadelphia: WB Saunders; 2008. p. 15-33.
56. Ivey E, Morrissey J. Ferrets: examination and preventive medicine. Vet Clin North Am Small Animal Pract. 1999;2:471-94.
57. Smith S, Bishop S. The electrocardiogram of normal ferrets and ferret with right ventricular hypertrophy. Lab Anim Sci. 1985;35:268-71.
58. Bixler H, Ellis C. Ferret care and husbandry. Vet Clin North Am Small Animal Pract. 2004;7:227-55.
59. Truex R, Belej R, Ginberg L, Hartman R. Anatomy of the ferret heart: an animal model for cardiac research. The Anatomical Record. 1974;179(4):411-22.
60. Andrew P, Bower A. Some aspects of the physiology and anatomy of the cardiovascular system of the ferret, *Mustela Putorius furo*. Lab Anim Sci. 1979;13:215-20.
61. Detweiler D. The heart : gross structure,myocardial cell. In: Swenson M, editor. Dukes's physiology of domestic animal 10 ed. New York: Cornell University press,S; 1984A. p. 88-102.
62. Fox P, Moise N, Evan H, Bishop S. Cardiovascular anatomy. In: Fox P, Simon D, Moise N, editors. Textbook of canine and feline cardiology principles and clinical practice 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1999. p. 67-106.
63. Morgan P, Travers E. Use of the ferret in cardiovascular research. In: Fox J, editor. Biology and diseases of the ferret 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, S; 1998. p. 499-510.
64. Tilley L, Goodwin J. Manual of canine and feline cardiology 3rd edicion. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2001. p. 17-230.
65. Marino T. The atrioventricular node and bundle in ferret heart:a light and quantitative electron microscope study. Am J Anat. 1979;154:365-92.
66. Detweiler D. Regulation of the heart. In: Swenson M, editor. Dukes'physiology of domestic animal 10th ed. New York: Cornell University press,S; 1984. p. 150-62.

67. Sisson D, Ettinger S. The physical examination. In: Fox P, Sisson D, Moise N, editors. Textbook of canine and feline cardiology principle and clinical practice 2nd ed. Philadelphia: W.B.Saunders Company,S; 1999. p. 46-64.
68. Kittleson M. Signalment ,history and physical examination. In: Kittleson M, Kiente R, editors. Small animal cardiovascular medicine. St.Louis,USA: Mosby Inc,S; 1998A. p. 36-46.
69. Gompf R. The clinical approach to heart disease:history and physical examination. In: Fox P, editor. Canine and feline cardiology. New York: Churchill Livingstone Inc,S; 1988. p. 29-42.
70. Detweiler D. Mechanical activity of the heart In: Swenson M, editor. Dukes's physiology of domestic animal 10 ed. New York: Cornell University Press,S; 1984B. p. 131-49.
71. Deweiler D, Patterson D. Abnormal heart sounds and murmurs of the dog. J Small Anim Pract. 1967;8:193-204.
72. Gompf R. The history and physical examination. In: Tilley L, Goodwin J, editors. Manual of canine and feline cardiology 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company,S; 2001. p. 3-16.
73. Kittleson M. Radiography of the cardiovascular system. In: Kittleson M, Kiente R, editors. Small animal cardiovascular medicine. St.Louis, USA: Mosby Inc,S; 1998B. p. 47-71.
74. Petrie J. Cardiovascular and other diseases. In: Quesenberry K, Carpenter J, editors. Ferrets ,Rabbits and rodents clinical medicine and surgery 2 nd ed. St.Louis,Missouri: Saunders; 2003. p. 58-71.
75. Wagner R. Ferret cardiology. Vet Clin Am Exot Anim Pract. 2009 12(1):115-34.
76. Rosenthal K. Small animal radiology. TNAVC 2001 Proceeding,S. 2001:902.
77. Shelling C. Radiology of the heart. In: Tilley L, Goodwin J, editors. Manual of canine and feline cardiology 3 rd edicion. Philadelphia: WB Saunders; 2001. p. 517-42.
78. Sleeper M, Buchanan J. Vertebral scale system to measure heart size in growing puppies. J Am Vet Med Assoc. 2001 219(1):57-9.
79. Jilintai, Hashiyama S, Gonda Y, Ishikawa H, Sato M, Miyahara K. Radiographic evaluation of caudal vena cava size as a usful parameter for the diagnostis of heart disease in dairy cattle. J Vet Med Sci. 2006;68(9):995-8.

80. Litster A, Buchanan J. Radiographic and echocardiographic measurement of the heart in obese cats. *Vet Radiol Ultrasound*. 2000 41(4):320-5.
81. Goddard P. General principles. In: Goddard P, editor. *Veterinary ultrasonography*. Cambridge,UK: University press,S; 1995. p. 1-19.
82. Ware W. Disorders of the cardiovascular system. In: Nelson R, Couto C, editors. *Small animal internal medicine 2nd edition*. St.Louis: Mosby, INC,S; 1998. p. 1-204.
83. Johnson-Delaney C. Ultrasonography in ferret practice. In: Lewington J, editor. *Ferret husbandry,medicine and surgery*. Philadelphia: WB Saunders; 2008. p. 417-28.
84. Boon J. M-Mode ecgocardiography. Two dimensional and M-mode echocardiography for the small animal practioner. Colorado,USA: TNM Innovative 2002. p. 25-75.
85. Kienle R. Echocardiography. In: Kittleson M, Kiente R, editors. *Small animal cardiovascular medicine*. St. Louis,USA: Mosby Inc,S; 1998. p. 95-117.
86. Vatenburg M, Boroffka S, Schoemaker N. Echocardiographic measurements in clinically healthy ferrets anesthetized with isoflurane. *Vet Radiol Ultrasound*. 2004;45:228-32.
87. Oyama M. Advances in echocardiography. *Vet Clin Small Anim*. 2004;34:1083-104.
88. Stepien R, Benson K, Wenholz L. M-mode and Doppler echocardiographic findings in normal ferrets sedated with ketamine hydrochloride and midazolam. *Vet Radiol Ultrasound*. 2000;41:452-6.
89. Stamoulis M. Cardiac disease in Ferret. 1995; *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*(4):43-8.
90. ko J, Heaton-Jones T, Nicklin C. Evaluation of the sedative and cardiorespiratory effects of medetomidine, medetomidine- butorphanol, medetomidine-ketamine, and medetomidine-butorphanol-ketamine in ferret. *J Am Anim Hosp Assoc*. 1997;33(5):438-48.
91. ko J, Nicklin C, Heaton-Jones T, Ku W. Comparison of sedative and cardiorespiratory effect of diazepam, acepromazine,and xylazine in ferrets. *J Am Anim Hosp Assoc*. 1998;34(3):234-41.
92. ko J, Villareal A, Kuo W, Nicklin C. Evaluation of sedative and cardiorespiratory effects of diazepam-butorphanol, acepromazine-butorphanol and xylazine-butorphanol in ferret. *J Am Anim Hosp Assoc*. 1998;34(3):242-50.

93. ko J, Nicklin C, Montgomery T, Kuo W. Comparison of anesthetic and cardiorespiratory effects of tiletamine-zolazepam-xylazine and tiletamine-zolazepam-xylazine-butorphanol in ferrets. *J Am Anim Hosp Assoc.* 1998;43(2):164-74.
94. ko J, SMITH T, Kuo W, Nicklin C. Comparison of anesthetic and cardiorespiratory effects of diazepam-butorphanol-ketamine, acepromazine-butorphanol-ketamine and xylazine-butorphanol-ketamine in ferret. *J Am Anim Hosp Assoc.* 1998;34(5):407-16.
95. OsiriX DICOM Viewer 2004 [October 23,2020]. Available from: <https://osirix-viewer.com>.
96. Rosset A, Spadola L, Rabib O. OsiriX: an open -source software for navigating multidimensional DICOM images. *J Digit Imaging.* 2004;17(3):205-16.
97. Rosset A, Spadola L, Pysher L, Rabib O. Informatics in radiology (info RAD): navigating the fifth dimension: innovative interface for multidimensional multimodality image navigation. *Radiographics* 2006;26(1):299-308.
98. Valeri G, Mazza F, Maggi S, Aramini D, La Riccia L, Mazzioni G, et al. Open source software in a practical approach for post processing of radiologic images. *Radiol Med.* 2015;120(3):309-23.
99. Choudhri A, Radvany M. Initial experience with a handheld device digital imaging and communications in medicine viewer: Osirix mobile on the iPhone. *J Digit Imaging.* 2011;24(2):184-9.
100. Mallo F. *Ánalisis de componentes principales y técnicas factoriales relacionadas.* León: Servicio de Publicaciones de la universidad de león; 1985.
101. Nakayama H, Nakayama T, Hamlin R. Correlation of cardiac enlargement as assessed by vertebral heart size and echocardiographic and electrocardiographic findings in dogs with evolving cardiomegaly due to rapid ventricular pacing. *J Vet Intern Med.* 2001;15(3):217-21.
102. Lamb C, Wikeley H, Boswood A, Pfeiffer D. Use of breed-specific ranges for the vertebral heart scale as an aid to the radiographic diagnosis of cardiac disease in dogs. *Vet Rec.* 2001 148(23):707-11.
103. Gülanber E, Gönenci R, Kaya Ü, Aksoy Ö, biricik H. Vertebral scale system to measure heart size in thoracic radiographs of Turkish Shepherd (Kandal) dog. *Turk J Vet Anim Sci.* 2005;29:723-6.
104. Buchanan J. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2000;30(2):379-93.

105. Mostafa A, Berry C. Radiographic assessment of the cardiac silhouette in clinically normal large -and small-breed dogs. *Am J Vet Res.* 2017;78:168-77.
106. Wang H, Hung C, Lee W, Chang K, Chen K. Effects of intravenous dexmedetomidine on cardiac characteristics measured using radiography and echocardiography in six healthy dog. *Veterinary Radiology and Ultrasound.* 2015;57:8-15.
107. Zwicker L, Mattheews A, Cote E, Andersen E. The effect of dexmedetomidine on radiographic cardiac silhouette size in healthy cats. *Veterinary Radiology and Ultrasound.* 2016;57:230-6.
108. Buchanan J. Radiographic aspects of patent ductus arteriosus in dogs before and after surgery. *Acta Radiol Suppl.* 1972;319:271-8.
109. Van Den Broek A, Darke P. Cardiac measurements on thoracic radiographs of cat. *J Small Anim Pract.* 1987;28:125-35.
110. Guglielmini C, Diana A, Pietra M, Tommaso M, Cipone M. Use of the vertebral heart score in coughing dogs with chronic degenerative mitral valve disease. *J Vet MedSci.* 2009;71(1):9-13.
111. Lord P, Hansson K, Carnabuci C, Kwart C, Haggstrom J. Radiographic heart size and its rate of increase as tests for onset of congestive heart failure in Cavalier King Charles Spaniels with mitral valve regurgitation. *J Vet Int Med.* 2011;25(6):1312-9.
112. Fox P. Thoracic radiography: The coughing/dyspneic dog and cat *Vet Clin North Am Small Animal Pract.* 2003;27:23.
113. Gugjoo M, Hoque M, Zama M, Saxema A, Pawde A, Ansari M, et al. Vertebral scale system to measure heart size on thoracic radiographs of Labrador retriever dog. *Ind Vet J.* 2013;90(2):71-3.
114. Proks P, Stehlik L, Paninarova M, Irova K, Hauptman K, Jekl V. Congenital abnormalities of the vertebral column in ferret. *American College of Veterinary Radiology.* 2014;00(0):1-7.
115. Hansson K, Häggström J, Kwart C, Lord P. Interobserver variability of vertebral heart size measurements in dogs with normal and enlarged hearts. *Vet Radiol Ultrasound.* 2005;46(2):122-30.
116. Olive J, Javard R, Specchi S, Bélanger M, Bélanger C, Beauchamp G, et al. Effect of cardiac and respiratory cycles on vertebral heart score measured on fluoroscopic images of healthy dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2015;246:1091-7.

117. Webster N, Adams V, Dennis R. The effect of manual lung inflation vs. spontaneous inspiration on the cardiac silhouette in anesthetized dogs. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. 2009;50(2):172-7.
118. Lamb C, Tyler M, Boswood A, Skelly B. Assessment of the value of the vertebral heart scale in the radiographic diagnosis of cardiac disease in dog. *Vet Rec*. 2000 146(24):687-90.

IX. Anexos

ANEXO 1

Valores ecocardiografía 2 dimensiones, modo M, doppler obtenidos en hurones adultos sanos sedados con ketamina y midazolam.

Variable	n	Mean (SD)
Age	30	2,3(1,0)
Weight (kg)	30	1,17(0,36)
HR (bpm)	29	273(31)
IVSd (cm)	30	0,36(0,07)
IVSs (cm)	30	0,48(0,11)
LVIDd (cm)	30	0,88(0,15)
LVIDs (cm)	30	0,59(0,15)
LVWd (cm)	30	0,42(0,11)
LVWs (cm)	30	0,58(0,99)
FS (%)	30	33(14)
EF(%)	27	69(19)
RVWd (cm)	27	0,12(0,03)
RVIDd (cm)	28	0,38(0,10)
LA diameter (cm)	26	0,71(0,18)
AO diameter (cm)	25	0,53(0,10)
LA:AO	26	1,33(0,27)
PA diameter (cm)	27	0,48(0,9)
Doppler HR(bpm)	29	280(32)
AO max (m/s)	25	0,89(0,20)
AO VTI (cm)	25	5,15(1,45)
AO CSA (cm ²)	25	0,23(0,08)
AO SV (ml)	21	1,19(0,60)
AO CO (ml/min)	21	330(185)
AO CI (ml/min/kg)	21	261(117)
PA max (m/s)	29	1,10(0,14)
PA VTI (cm)	29	6,70(1,05)
PA CSA (cm ²)	27	0,19(0,06)
PA SV (ml)	27	1,22(0,5)
PA CO (ml/min)	26	346(145)
Pa CI (ml/min/kg)	26	296(124)
Mitral E (m/s)	15	0,70(0,10)
Mitral A(m/s)	15	0,52(0,11)
Mitral E:A	15	1,38(0,32)

(IVSd) Grosor septo interventricular al final de la diástole, (IVSs) grosor septo interventricular al final de la sístole, (LVIDd) dimensión interna ventricular izquierda al final de la diástole, (LVIDs) dimensión interna ventricular izquierda al final de la sístole, (LVWd) grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la diástole, (LVWs) grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la sístole, (FS) fracción de acortamiento, (EF) fracción de eyección, (RVWd) grosor pared libre ventrículo derecho al final de la diástole, (RVWs) grosor pared libre ventrículo derecho al final de la sístole, (LA) diámetro en sístole aurícula izquierda, (AO) diámetro aorta en diástole, (PA) arteria pulmonar, (VTI) integral velocidad respecto al tiempo, (SV) volumen sistólico, (CI) índice cardiaco, (CO) salida cardiaca. (Fuente: Stepien R, Benson K, Wenzholz L. M-mode and Doppler echocardiographic findings in normal ferrets sedated with ketamine hydrochloride and midazolam. *Vet Radiol Ultrasound*. 2000;41:452-6).

ANEXO 2

Valores ecocardiografía modo M, doppler para hurones sanos anestesiados con isoflurano.	
Parameter	Value (Mean± SD)
IVSd (cm)	0.36 ± 0.07
IVSs (cm)	0.48 ± 0.11
LVWd (cm)	0.42 ± 0.11
LVWs (cm)	0.58 ± 0.99
LVIDd (cm)	0.88 ± 0.15
LVIDs (cm)	0.59 ± 0.15
FS (%)	33 ± 14
EF (%)	69 ± 19
LA (cm)	0.71 ± 0.18
AO (cm)	0.53 ± 0.10
LA/AO (ratio)	1.33 ± 0.27
PA diameter (cm)	0.48 ± 0.90
Right ventricular free wall end-diastole (cm)	0.12 ± 0.03
Right ventricular internal dimension end-diastole (cm)	0.38 ± 0.10
AO max (m/s)	0.89 ± 0.20
Pa max (m/s)	1.10 ± 0.14
Mitral E (m/s)	0.70 ± 0.10
Mitral A (m/s)	0.52 ± 0.11
Mitral E:A	1.38 ± 0.32

(IVSd) Grosor septo interventricular al final de la diástole, (IVSs) grosor septo interventricular al final de la sístole, (LVWd) grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la diástole, (LVWs) grosor pared libre ventrículo izquierdo al final de la sístole, (LVIDd) dimensión interna ventricular izquierda al final de la diástole, (LVIDs) dimensión interna ventricular izquierda al final de la sístole, (FS) fracción de acortamiento, (EF) fracción de eyección, (LA) diámetro en sístole aurícula izquierda, (AO) diámetro aorta en diástole, (PA) arteria pulmonar. (Fuente: Vatenburg M, Boroffka S, Schoemaker N. Echocardiographic measurements in clinically healthy ferrets anesthetized with isoflurane. Vet Radiol Ultrasound. 2004;45:228-32).

X. Trabajo más relevante del doctorando relacionado con la temática de la tesis doctoral

Artículo científico

1. Gutiérrez A, Ezquerro LJ, Rodríguez PL and Jiménez J (2022). Cardiac Radiographic Measurements in Ferrets Using the OsiriX MD Programme. *Front. Vet. Sci.* 8:795947. doi: 10.3389/fvets.2021.795947.



Cardiac Radiographic Measurements in Ferrets Using the OsiriX MD Programme

Alejandro Gutiérrez^{1*}, Luis J. Ezquerro¹, Pedro L. Rodríguez² and Joaquín Jiménez¹

¹ Departamento de Medicina Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Extremadura, Cáceres, Spain, ² Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Extremadura, Cáceres, Spain

OPEN ACCESS

Edited by:

Sibylle Maria Kneissl,
University of Veterinary Medicine
Vienna, Austria

Reviewed by:

Tereza Cristina Cardoso,
Universidade Estadual de São
Paulo, Brazil
Vladimír Jekl,
University of Veterinary and
Pharmaceutical Sciences
Brno, Czechia

*Correspondence:

Alejandro Gutiérrez
alexgv@unex.es

Specialty section:

This article was submitted to
Veterinary Imaging,
a section of the journal
Frontiers in Veterinary Science

Received: 15 October 2021

Accepted: 06 December 2021

Published: 10 January 2022

Citation:

Gutiérrez A, Ezquerro LJ,
Rodríguez PL and Jiménez J (2022)
Cardiac Radiographic Measurements
in Ferrets Using the OsiriX MD
Programme.
Front. Vet. Sci. 8:795947.
doi: 10.3389/fvets.2021.795947

Objectives: To adapt the vertebral heart scale (VHS) for use in ferrets and identify new scales and tools that allow to establish the normal heart size by means of radiography more quickly and effectively.

Methods: Forty healthy pet ferrets (*Mustela putorius furo*) were used in this prospective study. The measurements were made on right lateral, left lateral, ventrodorsal, and dorsoventral projections, using OsiriX MD medical imaging software, to evaluate sex effect and variance within the different heart scales. Cardiac measurements were also correlated to VHS and the cardiac dimension in the same projection.

Results: Most of the cardiac measurements were significantly different between males and females. The results for the VHS were: right lateral VHS (RL-VHS): 5.52 ± 0.28 v (vertebrae units); left lateral (LL-VHS): 5.55 ± 0.28 v; and dorsoventral VHS (DV-VHS): 6.22 ± 0.34 v for males and RL-VHS: 5.24 ± 0.2 v; LL-VHS: 5.25 ± 0.20 v; and DV-VHS: 5.97 ± 0.35 v for females. Regarding the sternbral heart scale (SHS), the values were: RL-SHS: 5.10 ± 0.20 s (sternbrae units) and LL-SHS: 5.11 ± 0.20 s for males and RL-SHS: 4.67 ± 0.24 s and LL-SHS: 4.67 ± 0.28 s for females. The new measurements based on determining the cardiac area were also marked by clear sexual dimorphism, as shown for the cardiac area-axis (AREA-AXIS): RL-AREA-AXIS: 3.82 ± 0.45 cm²; LL-AREA-AXIS: 3.87 ± 0.41 cm²; ventrodorsal (VD)-AREA-AXIS: 4.59 ± 0.64 cm²; and DV-AREA-AXIS: 4.80 ± 0.50 cm² for males and RL-AREA-AXIS: 2.39 ± 0.23 cm²; LL-AREA-AXIS: 2.41 ± 0.26 cm²; VD-AREA-AXIS: 3.08 ± 0.45 cm²; and DV-AREA-AXIS: 3.06 ± 0.47 cm² for females. The cardiac area open polygon (AREA-POL) values were: RL-AREA-POL: 6.78 ± 0.65 cm²; LL-AREA-POL: 6.88 ± 0.68 cm²; VD-AREA-POL: 7.20 ± 0.91 cm²; and DV-AREA-POL: 7.57 ± 0.88 cm² for males and RL-AREA-POL: 4.28 ± 0.30 cm²; LL-AREA-POL: 4.35 ± 0.35 cm²; VD-AREA-POL: 4.72 ± 0.65 cm²; and DV-AREA-POL: 4.79 ± 0.66 cm² for females, with similar differences noted from various radiographic projections. A good correlation was noted between VHS and SHS, and a very strongly positive correlation existed between cardiac area measurements and cardiac dimensions.

Conclusion: The VHS adapted to ferrets, the SHS, as well as the cardiac area measurements presented in our study are ideal tools for the assessment of cardiac size in ferrets.

Keywords: ferret, X-ray, measurement, vertebral heart scale, sternbral heart scale, OsiriX

INTRODUCTION

Heart disease has already been described in ferrets, with dilated cardiomyopathy being the most common pathology (1, 2). Radiographic evaluation of cardiac dimensions may be important for the initial evaluation of heart disease, as it may reveal altered anatomical structures secondary to eccentric enlargement.

Currently, the most objective radiographic method for the quantitative diagnosis of heart disease in different animal species is the vertebral heart scale (VHS), which relates the size of the heart to the length of the body without considering the shape of the thorax (3). Lately, this vertebral measurement system of the heart size has been used by other authors in different animal species (4–9) and in different breeds (10–17), suggesting specific values for the vertebral heart size. Although earlier publications described standardised measurements of heart size in ferrets, Stepien et al. (18) proposed a study to establish a range of normal values for cardiac dimensions; the scale created was the VHS with two modifications. The first modification is that the long and short axes are compared with vertebral lengths starting at the cranial edge of T5 and estimated at 0.25 vertebrae (instead of 0.1 vertebrae). The second modification is that the measurements of the ventrodorsal (VD) projection are compared with the vertebral lengths of the same view. In the original study (3), the measurements of the cardiac silhouette in the VD projection were compared with the vertebral measurements obtained in the right lateral (RL) projection (18). Later, in 2009, another study was published in which the authors described a different VHS (18); the values obtained from the cardiac long axis (LA) and short axis (SA) measurements were combined and then correlated to the length obtained by counting the thoracic vertebrae from the cephalic side of the sixth thoracic vertebra. This scale was also used to evaluate sex and weight differences (19).

The VHS method is fairly reliable for evaluating generalised cardiomegaly and some types of cavity enlargement such as enlargement of the left atrium. It has several disadvantages in assessing size changes of the right atrium and ventricular enlargement (3). In addition, in the presence of congenital abnormalities of the ferret spine (20), the VHS values may be erroneously high, leading to a false diagnosis of cardiomegaly.

Digital radiography and medical imaging workstations are replacing conventional radiography in both human and veterinary medicine and research (21). OsiriX MD, a software for Mac platform, is one of the most widely used software programs for the description and validation of new scientific research methods due to its flexibility, accuracy, and reliability (22–24).

Therefore, the objectives of this study were (1) to adapt the VHS—established in other animal species—for use in ferrets, considering sex and the different radiographic projections, (2)

to determine its correlation with the new sternbral heart scale (SHS) based on the normalised measurements of the long and short axes of the heart, and (3) to describe new radiographic measurements to assess cardiac size in ferrets. It was also hypothesised that the OsiriX MD medical imaging software will allow the acquisition of new scales and tools to determine the normal heart size of ferrets by using X-rays.

MATERIALS AND METHODS

For this prospective study, 40 healthy, non-castrated pet ferrets (*Mustela putorius furo*) were used. All 40 ferrets were subjects of the Clinical Veterinary Hospital of the University of Extremadura. They had no cardiorespiratory pathologies, as confirmed by physical examination, auscultation, and echocardiography, according to the reference values (25, 26). An additional inclusion criterion was a minimum age of 6 months, since this is the age at which they reach their adult size and sexual maturity (27). Subjects who, after cardiac evaluation, suffered from some pathological process that could influence their cardiovascular status were excluded from the study.

In all ferrets, echocardiography and chest X-ray were performed under sedation [butorphanol (Torbugesic® Vet, Zoetis, Madrid, Spain, 0.2 mg/kg), butorphanol-acepromazine (Torbugesic® Vet, Zoetis, Madrid, Spain, 0.2 mg/kg; Calmivet®, Vetoquinol, Madrid, Spain, 0.1 mg/kg) or acepromazine-buprenorphine (Calmivet®, Vetoquinol, Madrid, Spain, 0.1 mg/kg; BupreCare®, Ecuphar NV, Oostkamp, Belgium, 0.01 mg/kg)], due to the low cardiovascular effects. Data such as age, sex, and body weight were routinely collected.

Radiographic Measurements

For each ferret, radiographic measurements were made in the RL, left lateral (LL), ventrodorsal (VD), and dorsoventral (DV) projections. The X-ray device used was Philips (OP80) with image acquisition at 66 kVp and 6 mAs, and a focal-film distance of 1 m. All scanned X-rays were performed using the Kodak DirectView CR500 Cassette and processed in Kodak DirectView CR500 System software version 4.5, Veterinary software 2.1. The images were analysed by the same researcher and processed using OsiriX MD medical imaging software. Only good-quality X-rays were used to obtain measurements. The measurements obtained in each projection were developed using the ROIs (length, axis, and open polygon) tools of the software.

The long axis of the cardiac silhouette in the right lateral and left lateral projections (RL-LA, LL-LA) was defined as the length of the heart from the ventral edge of the tracheal bifurcation (carina) to the apex of the heart in the right and left lateral

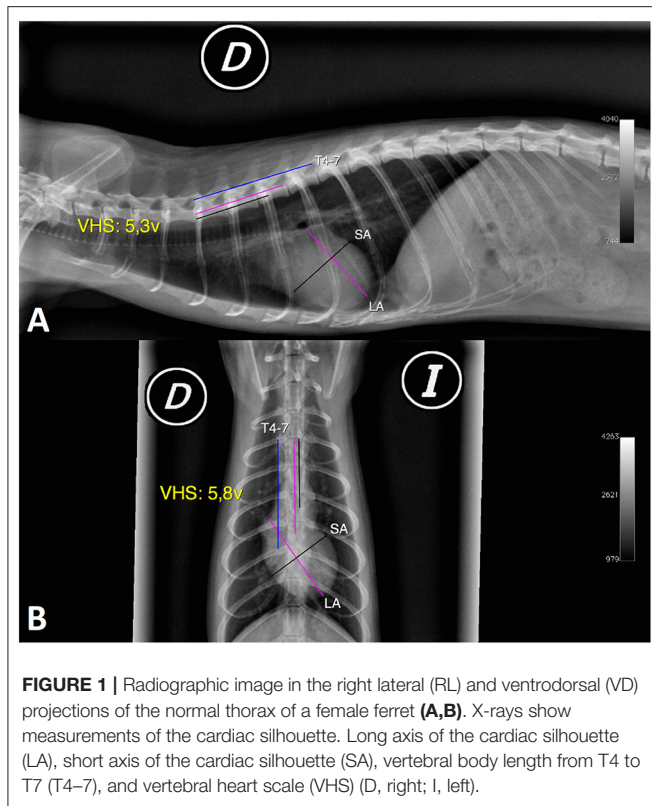


FIGURE 1 | Radiographic image in the right lateral (RL) and ventrodorsal (VD) projections of the normal thorax of a female ferret (A,B). X-rays show measurements of the cardiac silhouette. Long axis of the cardiac silhouette (LA), short axis of the cardiac silhouette (SA), vertebral body length from T4 to T7 (T4–7), and vertebral heart scale (VHS) (D, right; I, left).

projections expressed in centimetres. This dimension reflects the combined size of the atrium and left ventricle (Figures 1A, 2).

The short axis of the cardiac silhouette in the right and left lateral projections (RL-SA, LL-SA) was defined as the maximum width of the heart measured in the middle third, perpendicular to the measurement of the LA of the cardiac silhouette in the right and left lateral projections, expressed in centimetres. This measurement includes the left and right chambers of the heart in the region of the atrioventricular sulcus (Figures 1A, 2).

The long axis of the cardiac silhouette in the ventrodorsal and dorsoventral projections (VD-LA, DV-LA) was defined as the length of the heart measured from the middle of the cranial edge of the cardiac silhouette to the apex in the ventrodorsal and dorsoventral projections, expressed in centimetres (Figure 1B).

The short axis of the cardiac silhouette in the ventrodorsal and dorsoventral projection (VD-SA, DV-SA) was defined as the width of the heart measured in the middle third, perpendicular to the LA of the cardiac silhouette in the ventrodorsal and dorsoventral projections, expressed in centimetres (Figure 1B).

The sum of L + S in the right and left lateral projections (RL-L + S, LL-L + S) was defined as the sum of the long and short axes in the right and left lateral projections, expressed in centimetres.

The sum of L + S in the ventrodorsal and dorsoventral projections (VD-L + S, DV-L + S) was defined as the sum of the long and short axes in the ventrodorsal and dorsoventral projections, expressed in centimetres.

The length of T4–7 in the right and left lateral views (RL-T4–7, LL-T4–7) was defined as the total length of the four vertebrae

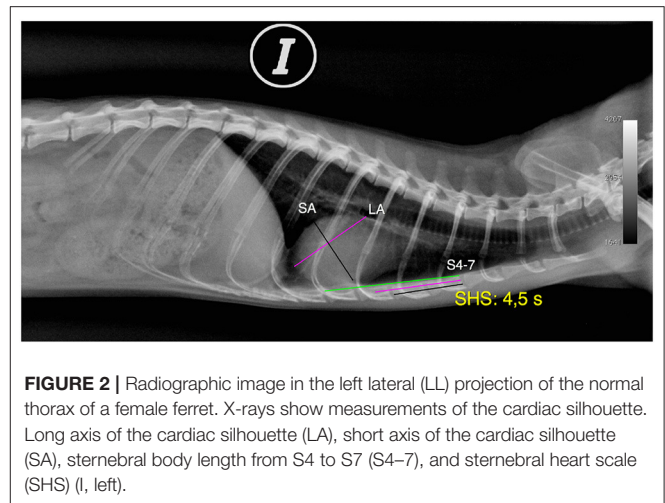


FIGURE 2 | Radiographic image in the left lateral (LL) projection of the normal thorax of a female ferret. X-rays show measurements of the cardiac silhouette. Long axis of the cardiac silhouette (LA), short axis of the cardiac silhouette (SA), sternebra body length from S4 to S7 (S4–7), and sternebra heart scale (SHS) (I, left).

measured from the cranial edge of T4 to the caudal edge of T7 in the right and left lateral projections, expressed in centimetres (Figure 1A).

The length of T4–7 in the ventrodorsal and dorsoventral projections (VD-T4–7, DV-T4–7) was the length of the vertebral body of T4–7 measured in the VD and DV radiographic views, in the same way as mentioned for the lateral view and expressed in centimetres (Figure 1B).

Regarding the VHS in right lateral, left lateral, ventrodorsal, and dorsoventral projections (RL-VHS, LL-VHS, VD-VHS, and DV-VHS), the measurements of the long and the short axes were done along the spine, starting at the cranial edge of the fourth thoracic vertebra (T4). The size of the heart, expressed as the number of vertebrae, was estimated to have an accuracy of 0.1 vertebrae. The sum of the SA and LA, expressed in vertebral units (v), determined the VHS in each projection. This measure was based on the guidelines originally published by Buchanan and Bücheler in dogs (3) (Figures 1A,B).

The length of 4–7 sternebrae in the right and left lateral views (RL-S4–7, LL-S4–7) was defined as the total length of four sternebrae measured from the cranial edge of the fourth sternebra to the caudal edge of the seventh sternebra in the right and left lateral projections, expressed in centimetres (Figure 2).

Regarding the SHS in right and left lateral projections (RL-SHS, LL-SHS), the long and the short axes were measured along the sternum starting at the cranial edge of the fourth sternebra (S4). The size of the heart, expressed as the number of sternebrae, is estimated to have an accuracy of 0.1 sternebrae. The sum of the SA and LA expressed in sternebra units determines the SHS in each projection. The measurement is expressed in sternebra units (s). Furthermore, if the measurement of the short and the long axes, expressed in sternebrae, is in the centre of the sternocostal joint, the measurement is made to the anterior sternebra. However, if contact is made with the cranial edge of the next sternebra, 0.1 is added to the sternebra value (Figure 2).

The axis cardiac area measurement in the right and left lateral projections (RL-AREA-AXIS, LL-AREA-AXIS) was created using the OsiriX software axis region of interest (ROI). For this

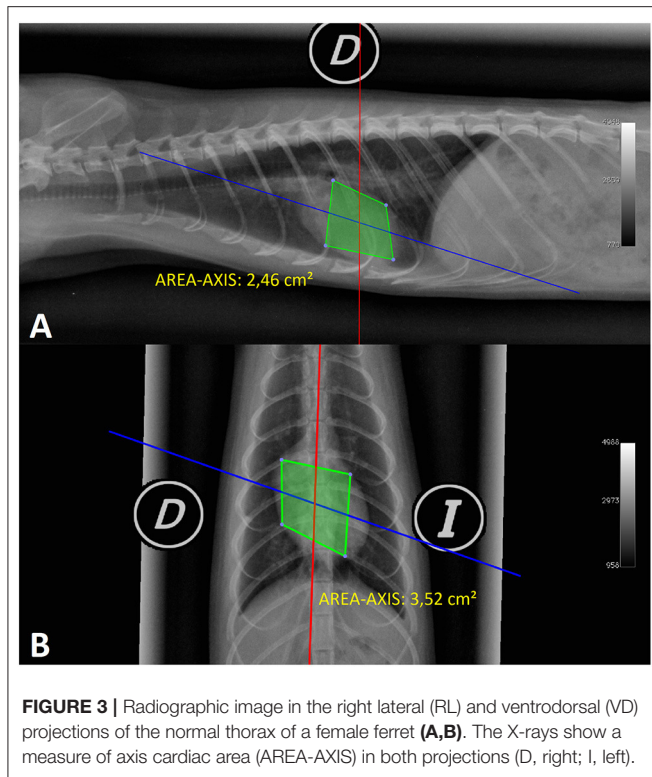


FIGURE 3 | Radiographic image in the right lateral (RL) and ventrodorsal (VD) projections of the normal thorax of a female ferret (A,B). The X-rays show a measure of axis cardiac area (AREA-AXIS) in both projections (D, right; I, left).

purpose, four points were placed as if they were the LA and the SA of the cardiac silhouette as follows: the first point was placed on the ventral edge of the tracheal bifurcation; the second point was placed in the middle third, perpendicular to the imaginary LA of the cardiac silhouette starting from the right side of the heart; the third point was placed at the apex of the heart to form the imaginary axis (LA); and the fourth point at the middle third of the left side of the heart forming an imaginary axis (SA) with the second point of this measurement. Upon defining this area, OsiriX gives us a cardiac surface expressed in cm^2 . This measure was based on the hypothesis of the measurements of the long and SA of the cardiac silhouette, which may increase when the ferret develops a heart pathology (Figure 3A).

The axis cardiac area in the ventrodorsal and dorsoventral projections (VD-AREA-AXIS, DV-AREA-AXIS) was created using the OsiriX software axis ROI. For this purpose, four points were placed as if they were the long (LA) and the short (SA) axes of the cardiac silhouette as follows: the first point was placed halfway at the cranial edge of the cardiac silhouette; the second point was placed in the middle third of the heart perpendicular to the imaginary LA of the cardiac silhouette starting from the right side of the heart; the third point was placed at the apex of the heart to form the imaginary axis (LA); and the fourth point was placed at the middle third of the left side of the heart forming an imaginary axis (SA) with the second point of this measurement. As in the previous parameter, OsiriX gave us a cardiac surface in cm^2 based on the same hypothesis (Figure 3B).

The open polygon cardiac area in the right and left lateral projections (RL-AREA-POL, LL-AREA-POL) measurement was

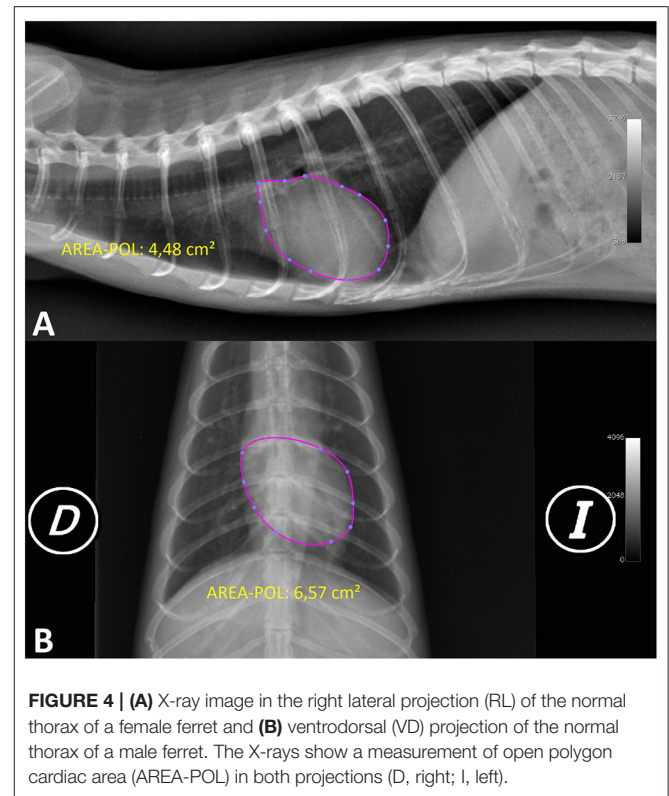


FIGURE 4 | (A) X-ray image in the right lateral projection (RL) of the normal thorax of a female ferret and (B) ventrodorsal (VD) projection of the normal thorax of a male ferret. The X-rays show a measurement of open polygon cardiac area (AREA-POL) in both projections (D, right; I, left).

made using the open polygon ROI from the OsiriX software, starting along the ventral edge of the tracheal bifurcation and continuing to mark the cardiac silhouette on the left side of the heart until reaching the cranial zone of the descending aorta that contacts the ventral part of the trachea and ending with the junction of this last point with the initial point. If difficulty is encountered in identifying the cardiac silhouette, an alternative method can be followed: upon reaching the area of the visible right cardiac silhouette the next point to be marked should be in the cranial zone of the descending aorta that contacts the ventral part of the trachea (it is easier to visualise this point by looking at the cranial edge of the descending aorta that contacts the dorsal part of the trachea and tracing a perpendicular line to the ventral edge of the trachea). By performing this measurement variation, the ROI automatically curves the cardiac silhouette and can minimise the distortion of the cardiac silhouette in that area. After finishing, OsiriX shows the heart surface value in square centimetres (Figure 4A).

The open polygon cardiac area in the ventrodorsal and dorsoventral projections (VD-AREA-POL, DV-AREA-POL) was created using the OsiriX software open polygon ROI. It was measured by placing nine points as follows: the first point was marked on the left cranial edge at 1 o'clock, followed by three points at approximately the same distance (at 3, 4, and 5 o'clock); the sixth point was placed on the cardiac apex (6 o'clock); and the next four points, which delineated the right cardiac silhouette, were made parallel to the left points (7, 8, 9, and 11 o'clock) before returning to the starting point. By marking the

area in this manner, the ROI automatically creates the curves of the cardiac silhouette and can minimise the distortion of the cardiac silhouette in this area (aortic arch, mediastinum). After finishing, OsiriX gives a heart surface value in square centimetres (Figure 4B).

Statistical Analysis

All variables are expressed as mean, standard deviation, coefficient of variation, and maximum and minimum values. The possible effect of sex on these variables was determined using analysis of variance (ANOVA), with a $p < 0.05$ accepted as statistically significant. The correlation between different variables was established using Pearson correlation analysis, using the statistical coefficient of determination, R^2 , as the quality index of this correlation. ANOVA was used to analyse the projections within the different cardiac scales and the correlation with the projections of the individual measurements. The relationship between different cardiac measurements [sum (L + S); LA] and the anatomical structures used in VHS and SHS scales in the RL projection was also established. To compare cardiac measurements, the correlations of VHS with the different measurements were determined, in addition to their correlation with the sum of the short and LA of the cardiac silhouette in the same projection, by using the same statistical test. Statistical analyses were carried out using SPSS (V23) software licenced to the University of Extremadura.

RESULTS

Of the 40 ferrets included in the study, 21 were males (52.5%) and 19 were females (47.5%). The mean age of the population was 1.87 ± 0.98 years, with an age range of 0.6–5 years. Males were slightly younger (1.72 ± 0.95 years) than females (2.04 ± 1.04 years). In addition, the age range of females (1–5 years) was larger than that of males (0.6–3.6 years). The mean weight of ferrets was 0.92 ± 0.33 kg with a range of 0.4–1.95 kg, with the males being significantly heavier than females (M: 1.18 ± 0.23 kg; F: 0.64 ± 0.13 ; $p < 0.001$).

Radiographic Measurements

The measurements obtained for the different radiographic variables are shown in Table 1. The VHS and SHS measurements showed a lower coefficient of variation than the other variables in the study. Each measurement was compared between the male and female groups (Table 2). The mean values for the RL-VHS, LL-VHS, and DV-VHS were significantly higher in males than females (RL-VHS 5.52 ± 0.28 vs. 5.24 ± 0.2 v, $p < 0.001$; LL-VHS 5.55 ± 0.28 vs. 5.25 ± 0.20 v, $p < 0.001$; and 6.22 ± 0.34 vs. 5.97 ± 0.35 v, $p < 0.05$, respectively). No significant sex differences were found in the measurements in the ventrodorsal projection. In addition, the mean values for RL-SHS and LL-SHS in males were significantly higher than in females (5.10 ± 0.20 vs. 4.67 ± 0.24 s, $p < 0.001$; 5.11 ± 0.20 vs. 4.67 ± 0.28 s, $p < 0.001$). The cardiac area measurements were not only different between sexes but also more homogeneous with decreased coefficient of variation.

The mean for RL-AREA-AXIS, LL-AREA-AXIS, VD-AREA-AXIS, and DV-AREA-AXIS in males was significantly larger than

in females (3.82 ± 0.45 vs. 2.39 ± 0.23 cm², $p < 0.001$; 3.87 ± 0.41 vs. 2.41 ± 0.26 cm², $p < 0.001$; 4.59 ± 0.64 vs. 3.08 ± 0.45 cm², $p < 0.001$; and 4.80 ± 0.50 vs. 3.06 ± 0.47 cm², $p < 0.001$, respectively). In addition, the RL-AREA-POL, LL-AREA-POL, VD-AREA-POL, and DV-AREA-POL were significantly larger in males than in females (6.78 ± 0.65 vs. 4.28 ± 0.30 cm², $p < 0.001$; 6.88 ± 0.68 vs. 4.35 ± 0.35 cm², $p < 0.001$; 7.20 ± 0.91 vs. 4.72 ± 0.65 cm², $p < 0.001$; and 7.57 ± 0.88 vs. 4.79 ± 0.66 cm², $p < 0.001$) (Table 2).

Correlation Between Cardiac Measurements and Anatomical Structures Used in the Scales

When analysing the correlation between different cardiac measurements and the anatomical structure used in the scales, it was observed that the correlation between the sum of the SA and LA in the right lateral projection (RL-L + S) and the T4–7 vertebral length in the same projection (RL-T4–7) was a strongly positive one, with a coefficient of determination $R^2 = 0.83$. The correlation between the long axis of the heart, the right lateral projection (RL-LA), and the same vertebral length in the right lateral projection (RL-T4–7) was also positive but with a lower determination coefficient ($R^2 = 0.76$). However, the coefficient of determination between RL-L + S and RL-LA and the length of the sternbra 4–7 in the same projection (RL-S4–7) was slightly lower with a value of $R^2 = 0.75$ and $R^2 = 0.70$, respectively.

Analysis of Projections

After studying the projection within the variables (VHS and AREA-AXIS), no significant differences were observed either between the lateral projections or between the ventrodorsal and dorsoventral projections. However, significant differences were found between the lateral projections and the ventrodorsal and dorsoventral projections ($p < 0.05$), with the mean value of the ventrodorsal and dorsoventral projections being significantly higher than the lateral projections ($p < 0.05$). The correlation observed between the RL-VHS and the LL-VHS was positive, with a good coefficient of determination ($R^2 = 0.77$). When the lateral projections were correlated with the ventrodorsal and dorsoventral projections, a poor coefficient of determination was found (between $R^2 = 0.21$ and $R^2 = 0.32$), whereas the correlation between VD-VHS and DV-VHS was positive but with a moderate coefficient of determination ($R^2 = 0.40$). In the AREA-AXIS measurement, the correlation observed between the RL-AREA-AXIS and the LL-AREA-AXIS was positive, with a good coefficient of determination ($R^2 = 0.94$). When correlating the lateral projections with the ventrodorsal and dorsoventral projections, a good coefficient of determination (between $R^2 = 0.80$ and $R^2 = 0.86$) was obtained. Furthermore, the correlation between VD-AREA-AXIS and DV-AREA-AXIS was positive with a very good coefficient of determination ($R^2 = 0.89$). Regarding the SHS measurements, there were no significant differences between the RL and LL projections ($p = 0.97$). The correlation between the two projections was positive and with a good coefficient of determination ($R^2 = 0.84$). In the AREA-POL measurement, no significant differences were found between

TABLE 1 | Radiographic measurements for the 40 healthy ferrets.

Variable	n	Mean	SD	CV	Min.	Max.
RL-LA (cm)	40	2,91	0,35	12.17	2.32	3.54
LL-LA (cm)	40	2,91	0.34	11.73	2.38	3.60
RL-SA (cm)	40	2.18	0.32	14.58	1.56	2.73
LL-SA (cm)	40	2.20	0.34	15.64	1.51	2.80
VD-LA (cm)	40	3.43	0.46	13.37	2.63	4.29
DV-LA (cm)	40	3.47	0.46	13.34	2.47	4.29
VD-SA (cm)	40	2.27	0.29	12.74	1.55	2.75
DV-SA (cm)	40	2.32	0.34	14.54	1.51	2.97
RL-L + S (cm)	40	5,09	0,65	12,73	3,88	6,20
LL-L + S (cm)	40	5,11	0,66	12,95	3,89	6,40
VD-L + S (cm)	40	5,70	0,71	12,41	4,18	7,03
DV-L + S (cm)	40	5,78	0,76	13,07	4,16	6,97
RL-T4-7 (cm)	40	3.75	0.37	9.81	3.08	4.53
LL-T4-7 (cm)	40	3.75	0.37	9.76	3.06	4.56
VD-T4-7 (cm)	40	3.70	0.37	10.00	2.95	4.48
DV-T4-7 (cm)	40	3.73	0.37	10.03	2.99	4.33
RL-VHS (v)	40	5.39	0.28	5.29	4.80	5.90
LL-VHS (v)	40	5.41	0.29	5.27	4.80	6.00
VD-VHS (v)	40	6.08	0.35	5.69	5.30	6.70
DV-VHS (v)	40	6.10	0.36	5.96	5.30	6.80
RL-S4-7 (cm)	40	4.07	0.40	9.74	3.30	4.87
LL-S4-7 (cm)	40	4.07	0.38	9.40	3.31	4.74
RL-SHS (s)	40	4.90	0.31	6.29	4.00	5.50
LL-SHS (s)	40	4.90	0.33	6.65	4.00	5.50
RL-AREA-AXIS (cm ²)	40	3.14	0.81	25.67	1.79	4.93
LL-AREA-AXIS (cm ²)	40	3.17	0.81	25.63	1.89	4.73
VD-AREA-AXIS (cm ²)	40	3.87	0.94	24.22	2.01	5.56
DV-AREA-AXIS (cm ²)	40	3.97	1.01	25.30	2.08	5.53
RL-AREA-POL (cm ²)	40	5.59	1.36	24.35	3.27	8.28
LL-AREA-POL (cm ²)	40	5.68	1.39	24.44	3.30	8.40
VD-AREA-POL (cm ²)	40	6.02	1.48	24.58	3.26	8.89
DV-AREA-POL (cm ²)	40	6.25	1.60	25.62	3.32	9.57

SD, Standard deviation; CV, Coefficient of variation; Min, Minimum; Max, Maximum; RL, Right lateral projection; LL, Left lateral projection; VD, Ventrodorsal projection; DV, Dorsoventral projection; LA, Long axis of the cardiac silhouette; SA, Short axis of the cardiac silhouette; L + S, Sum of long and short axes of the cardiac silhouette; T4-7, T4 to T7 vertebral body length; VHS, Vertebral heart scale; S4-7, S4 to S7 sternbral body length; SHS, sternbral heart scale; AREA-AXIS, Axis cardiac area; AREA-POL, Open polygon cardiac area.

lateral projections, nor between the VD and DV projections. The correlation between the two projections was positive and with a very good coefficient of determination ($R^2 = 0.97$; $R^2 = 0.92$, respectively).

Comparison of Cardiac Measurements

The correlation between RL-VHS and the RL-SHS was good, with a coefficient of determination $R^2 = 0.57$ (Figure 5A). On the contrary, the correlation between the RL-VHS and the cardiac area-axis measurement in the same projection (RL-AREA-AXIS) was weakly positive, with a coefficient of determination $R^2 = 0.37$ (Figure 5B). Similarly, the correlation between RL-VHS and the RL-AREA-POL was weakly positive, with a coefficient of determination of $R^2 = 0.35$ (Figure 5C). However, the trend for both measurements remained the same when compared between sexes.

Correlation Between Cardiac Measurements and the Measurements Sum of the Long and Short Axes of the Cardiac Silhouette

In addition, correlations were made between the different measurements above and the sum of the short and the long axes of the cardiac silhouette. Thus, the correlation between the RL-AREA-AXIS and the RL-AREA-POL with the sum of the long and short axes of cardiac silhouette (RL-L + S) was very strongly positive, with the same coefficient of determination, $R^2 = 0.94$ (Figures 6A,B). However, the correlation between the RL-SHS and the measurement of the sum of the long and short axes in the same projection (L + S) was moderately positive, with a coefficient of determination of $R^2 = 0.61$ (Figure 6C). Meanwhile, the correlation between the RL-VHS and (L + S) was

TABLE 2 | Comparison of radiographic measurements between males and females healthy ferrets.

Variable	Females (n)	CV	Males (n)	CV
RL-LA (cm) *	2,58 ± 0,10 (19)	3,96	3,21 ± 0,20 (21)	6,08
LL-LA (cm) *	2,60 ± 0,14 (19)	5,23	3,19 ± 0,20 (21)	6,30
RL-SA (cm) *	1,89 ± 0,15 (19)	8,00	2,44 ± 0,16 (21)	6,60
LL-SA (cm) *	1,89 ± 0,15 (19)	8,05	2,49 ± 0,15 (21)	7,09
VD-LA (cm) *	3,06 ± 0,26 (19)	8,45	3,76 ± 0,33 (21)	8,68
DV-LA (cm) *	3,08 ± 0,29 (19)	9,48	3,81 ± 0,28 (21)	7,24
VD-SA (cm) *	2,05 ± 0,19 (19)	9,16	2,46 ± 0,22 (21)	8,87
DV-SA (cm) *	2,03 ± 0,18 (19)	8,87	2,58 ± 0,20 (21)	7,80
RL-L + S (cm) *	4,48 ± 0,20 (19)	4,51	5,65 ± 0,30 (21)	5,30
LL-L + S (cm) *	4,49 ± 0,22 (19)	4,92	5,67 ± 0,34 (21)	5,99
VD-L + S (cm) *	5,12 ± 0,39 (19)	7,66	6,23 ± 0,48 (21)	7,64
DV-L + S (cm) *	5,11 ± 0,42 (19)	8,28	6,38 ± 0,38 (21)	6,01
RL-T4-7 (cm) *	3,41 ± 0,15 (19)	4,41	4,06 ± 0,20 (21)	4,81
LL-T4-7 (cm) *	3,42 ± 0,17 (19)	4,84	4,05 ± 0,19 (21)	4,78
VD-T4-7 (cm) *	3,36 ± 0,16 (19)	4,84	4,01 ± 0,19 (21)	4,74
DV-T4-7 (cm) *	3,38 ± 0,16 (19)	4,77	4,05 ± 0,17 (21)	4,21
RL-VHS (v) *	5,24 ± 0,20 (19)	4,04	5,52 ± 0,28 (21)	5,11
LL-VHS (v) *	5,25 ± 0,20 (19)	3,88	5,55 ± 0,28 (21)	4,99
VD-VHS (v)	6,01 ± 0,32 (19)	5,28	6,15 ± 0,36 (21)	5,92
DV-VHS (v) **	5,97 ± 0,35 (19)	5,86	6,22 ± 0,34 (21)	5,49
RL-S4-7 (cm) *	3,73 ± 0,25 (19)	6,57	4,37 ± 0,21 (21)	4,88
LL-S4-7 (cm) *	3,75 ± 0,25 (19)	6,62	4,36 ± 0,21 (21)	4,77
RL-SHS (s) *	4,67 ± 0,24 (19)	5,09	5,10 ± 0,20 (21)	3,99
LL-SHS (s) *	4,67 ± 0,28 (19)	6,00	5,11 ± 0,20 (21)	4,01
RL-AREA-AXIS (cm ²) *	2,39 ± 0,23 (19)	9,43	3,82 ± 0,45 (21)	11,73
LL-AREA-AXIS (cm ²) *	2,41 ± 0,26 (19)	10,99	3,87 ± 0,41 (21)	10,49
VD-AREA-AXIS (cm ²) *	3,08 ± 0,45 (19)	14,48	4,59 ± 0,64 (21)	13,86
DV-AREA-AXIS (cm ²) *	3,06 ± 0,47 (19)	15,28	4,80 ± 0,50 (21)	10,48
RL-AREA-POL (cm ²) *	4,28 ± 0,30 (19)	7,06	6,78 ± 0,65 (21)	9,63
LL-AREA-POL (cm ²) *	4,35 ± 0,35 (19)	8,07	6,88 ± 0,68 (21)	9,88
VD-AREA-POL (cm ²) *	4,72 ± 0,65 (19)	13,77	7,20 ± 0,91 (21)	12,64
DV-AREA-POL (cm ²) *	4,79 ± 0,66 (19)	13,81	7,57 ± 0,88 (21)	11,63

CV, Coefficient of variation; RL, Right lateral projection; LL, Left lateral projection; VD, Ventrodorsal projection; DV, Dorsoventral projection; LA, Long axis of the cardiac silhouette; SA, Short axis of the cardiac silhouette; L + S, Sum of long and short axes of the cardiac silhouette; T4-7, T4 to T7 vertebral body length; VHS, Vertebral heart scale; S4-7, S4 to S7 sternbral body length; SHS, sternbral heart scale; AREA-AXIS, Axis cardiac area; AREA-POL, Open polygon cardiac area; values represented by mean ± standard deviation. Statistically significant differences between sexes (* $p < 0.001$; ** $p < 0.05$).

weakly positive, with a coefficient of determination, $R^2 = 0.41$ (Figure 6D).

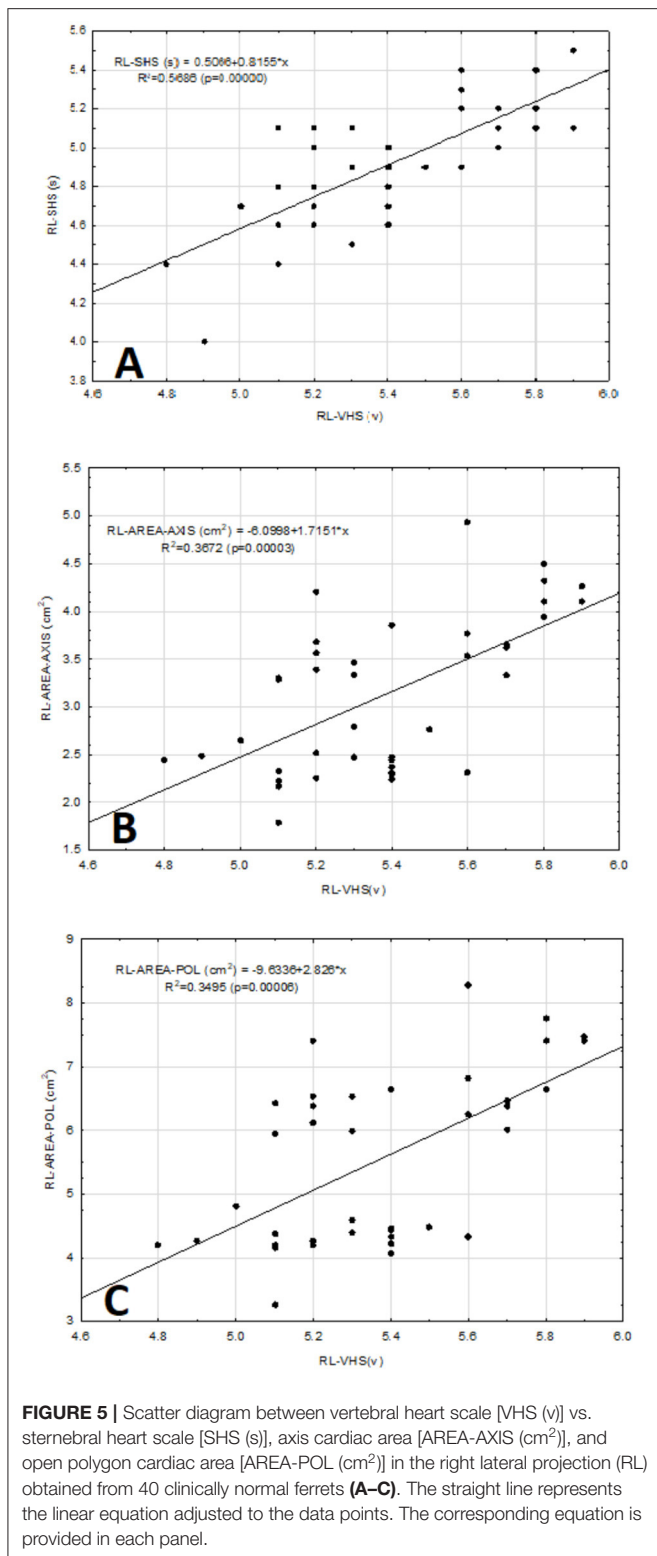
DISCUSSION

The minimum age of the animals in this study was taken into account, being the age at which they reach their adult size and sexual maturity (27). Therefore, like other authors (28), we believe that the slight age-related variations were minimised.

When analysing the sexes significant differences in cardiac measurements were found between males and females, in agreement with previous studies (18, 19). However, Vatenburg et al. found no significant differences between male and female ferrets in M mode echocardiographic measurements (26).

Based on this background, the authors believe that the sexual dimorphism present in the radiographic cardiac measurements in ferrets may be due to the clear differences in the overall body weight and size between the sexes (13), and they consider it of great importance in this study, as it allowed them to obtain more specific measurements for this species.

The average weight of males was lower than in other studies (18, 19). The authors believe that this is due to the physical characteristics of our European population, which tends to be smaller than the American population (1). Stepien et al. (18) observed a correlation between body weight and cardiac measurements in ferrets. This was verified by Onuma et al. (19), who found statistically significant differences in such measurements in animals weighing <1 kg compared to those ≥1 kg. The possibility of controlling for weight was not



considered since the seasonal fluctuation in body weight in this species, with a loss of 40% in summer and an increase in winter, is known (29). This study was carried out along year.

The VHS measured in ferrets in previous studies (18, 19) are modifications of the original study carried out in dogs by Buchanan and Bücheler (3). In this work, a new VHS in ferrets was created following the guidelines of the original Buchanan study in dogs (3), in order to improve the precision of the measurement specifically for this species.

Regarding the SHS, the purpose of this work was to devise another simple method, different from the VHS (3), that compares the size of the heart with a structure of the skeleton, so that the overall size of the body is taken into account. This measurement was conducted in the RL and LL projections, not in the VD and DV projections, due to the overlap of the sternum with the vertebral bodies, which impeded its identification. As in the VHS of this study, significant differences were also found between sexes, with male values being larger than female values in the two projections in which the measurements were made. Therefore, it was considered that to obtain a greater specificity within the measurement, these are the values that must be taken into account.

Regarding the choice of the sternbrae in which the measurement was made, the first, second, and third sternbrae were excluded. The first sternbrae due to individual variations in size and shape, as previously reported in other species (3, 4). The second and third sternbrae, due to different sizes and degrees of inclination, due to the thoracic conformation in ferrets. In addition, the measurement was performed by the middle of the sternbral body, because this reduces the separation between the sternbrae, and because the costal junction is found ventrally, not allowing the cranial edge to be distinguished from the sternbrae. These considerations were taken into account in the choice of the sternbral segment in which the measurement was performed to be important in reducing the variability of this length.

It has been shown that to validate a cardiac scale in which the overall body size is considered, there must be a good correlation between the size of the heart and the anatomical structure with which the proportion is to be established (3, 12, 30). Based on this, a vertebral length scale was selected as an indicator of cardiac size in other species (3, 4). Regarding the VHS measurements, the correlation between the sum of the short and long axes of the cardiac silhouette in the RL-L + S projection and the vertebral length in the same projection (RL-T4–7) was good, and that with the RL-LA it was good but slightly weaker. However, Onuma et al. (19) in their study of VHS measurement in ferrets, used a new segment of vertebral length but did not establish the correlation between heart size and this new segment. Therefore, the authors consider this to be a limitation in their study, as previously Buchanan and Bücheler had established, upon validating their VHS scale in dogs, a very good correlation between (L + S) and the T4–8 vertebral length segment, with a coefficient of correlation $R = 0.98$ (3). For the feline species, a correlation between (L + S) and the T4–6 vertebral segment was also established in the VHS measurement, with a coefficient of correlation which was good ($R = 0.78$) but less than the canine species (4).

Further, in the current study a good correlation between heart size (RL-L + S, RL-LA) and sternbral length (S4–7) was found in the RL projection; therefore, a sternbral length scale was selected

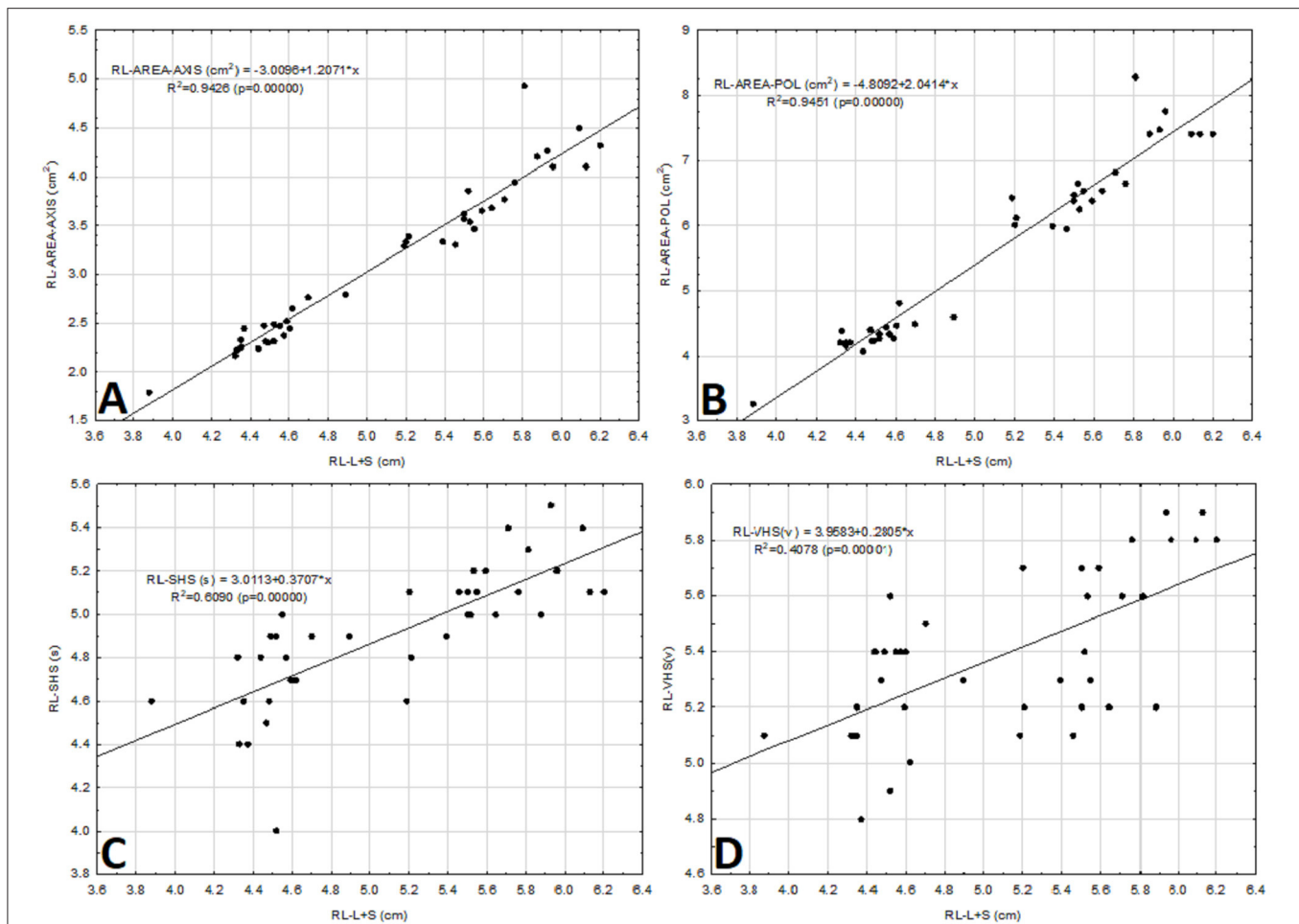


FIGURE 6 | Scatter diagram between the sum of the long and the short axes of the cardiac silhouette [L + S (cm)] vs. the cardiac area-axis [AREA-AXIS (cm²)], open polygon cardiac area [AREA-POL (cm²)], sternbral heart scale [SHS (s)], and vertebral heart scale [VHS (v)] in the right lateral projection (RL) obtained from 40 clinically normal ferrets (A–D). The straight line represents the linear equation adjusted to the data points. The corresponding equation is provided.

as an indicator of body size. This correlation is lower than that found by other authors in dogs between heart size (RL-L + S) and the length of 3 or 4 sternbrae ($R = 0.94$) (3). However, it is higher than that described by Litster and Buchanan (4) in the feline species, who reported an $R = 0.67$ for the correlation between heart size (RL-LA) and sternbral length (sternbra 2–4). This reaffirms that the correlation determined in this study between heart size and sternbral length is quite good.

There are few studies in the scientific literature that use the sternbrae to obtain different scales of cardiac size, following the study by Buchanan and Bücheler who found a slightly lower correlation in dogs between heart size and sternbral length, compared to the correlation with the vertebral length (3). However, Litster and Buchanan established a measurement in cats according to which the LA of the cardiac silhouette in the lateral projection is approximately the length of three sternbrae measured from S2 to S4 (4). This measurement is limited by using only the LA of the cardiac silhouette. On the contrary, Mostafa and Berry (30) conducted a study in dogs,

in which they established a cardiac measurement based on the sternal manubrium (manubrium heart scores or MHS_s). It is performed by the sum of two ratios: that of the LA of the cardiac silhouette with respect to the manubrium, and the SA of the cardiac silhouette with respect to the manubrium in the RL or VD projections. The correlation between heart size and manubrium was good (30). The problem found in this measurement is mainly the complicated calculation requiring more time to perform. In addition, it could not be performed in all individuals, since manubria that had an abnormal shape or whose cranial margin could not be identified were excluded. On the contrary, the SHS measurement proposed in this work does not have the above limitations and can be used in the assessment of heart size in this and probably in other species.

This study describes new cardiac scales not previously described in the literature, using the OsiriX MD medical imaging software. They are based on determining a cardiac area using the different ROIs in the software. The classical cardiac scales mentioned above for the different animal species are based on

those described by Buchanan and Bücheler (3), who sought to standardise the heart size among different canine species by comparing it to a vertebral length, since there was a good correlation between the size of the heart and the vertebral length. However, other authors have argued that the variability of sizes between dogs prohibits the comparison of absolute measurements, but proportions of size to other anatomical structures may be useful in providing a quantitative value (31). This work based in developing these new cardiac scales on what the latter authors described, as there is a marked sexual dimorphism in ferrets. Therefore, the authors believe that the absolute measurements of heart size obtained by the different ROIs can be useful as indicators of heart size in this species. Furthermore, when these measurements were compared between sexes, the coefficient of variation changes from 24–25 % for the mean values in all projections regardless of the measurement, to 7–15% coefficient of variation depending on the projection and the cardiac measurement performed. When comparing the coefficients of variation obtained in this study, with respect to the VHS measure described above, its coefficient of variation between sexes is slightly lower, around 4–6% depending on the projection. Furthermore, in these new cardiac scales, significant differences were found with respect to sex in all the measurements carried out independently of the projection. However, in this work, it is found that the VHS described has significant differences with respect to sex in all its projections except for the VD projection. Therefore, the authors believe that these new cardiac scales are homogeneous, and the values obtained should be used based on sex as a reference.

The AREA-AXIS measurement in all projections was developed from the hypothesis of the measurements of the long and short axes of the cardiac silhouette (3). On lateral X-rays, the cardiac LA reflects the combined size of the left atrium and the left ventricle; the SA includes part of the left and right atria, most likely at the level of the atrioventricular sulcus and atrioventricular valves. In the VD and DV projections, the LA of the heart reflects the combined size of the right atrium and the left ventricle; the SA includes the right ventricle and the left atrium (3, 32). The authors think this cardiac measurement can be somewhat inaccurate because it does not measure the area of all cardiac structures. In addition, several studies have shown that VHS can be used for the diagnosis of different cardiac problems with variable precision (33, 34). However, with the measurement developed in this study, i.e., the AREA-POL, the authors believe that the above-described limitation is resolved since this measurement encompasses all cardiac anatomical structures. The problem encountered in some individuals during the measurement was: first, the difficulty in differentiating the right side of the heart in the lateral projections; secondly, the effect of distortion of the cardiac silhouette in the aortic arch and mediastinum area, when performing the VD and DV projections. These difficulties were minimised upon adjusting the method as described and allowing the ROI to construct the curve of the cardiac silhouette automatically, thus decreasing the effect of distortion of the cardiac silhouette in those areas.

In clinical practise, lateral and DV positioning may be preferred to VD positioning, as they are considered less

stressful in cardiac patients (35). Therefore, the authors think it is important to analyse the projections within the different cardiac scales to appreciate the differences that might exist between them. By analysing the projections within the VHS, no significant differences were observed either between the RL and LL projections or between the VD and DV projections. However, it was found significant that the lateral projections differ considerably from the VD and DV projections with the mean value of the VD and DV projections being significantly higher than in the lateral projections. These results are similar to those described above by Stepien et al. (18), who found no significant differences between lateral projections, but noted that the measurements were significantly larger in the VD projection than the lateral projections for their VHS in ferrets. Review of the literature revealed very similar results regarding projections in other species, with no significant differences in VHS between the RL and LL projections (3, 9, 12) or between the VD and DV projections (3, 4, 12). In contrast, some studies in dogs reporting significant differences between lateral projections were found, with VHS being higher in the RL projection compared to the LL (10, 13–15). The possible causes mentioned were the divergence of the X-ray beam and a greater distance of the heart from the cassette (36), or slight changes of the position of the heart within the thorax as a result of gravity when the animal is subjected to different forms of inclination (13). Noticeable differences in VHS between the VD and DV projections of the same dog (3) or within the same race (10) are also described, concluding as a possible cause the fact that in the VD projection there is a magnification produced by the distance between the heart and the X-ray film (3). Regarding the differences between the lateral and VD or DV projections, the authors also found results very similar to those described in this study in dogs, since there have been reports of noticeable differences in VHS in the VD or DV views with respect to the lateral projections. The possible causes include the distance of the heart from the X-ray film, small impact in ferrets, and the fact that the LA in the VD/DV projection includes the right atrium and the left ventricle, whereas in the lateral projections only the left atrium and the left ventricle are included (3).

In addition, in this study, the correlations between the different projections of VHS were calculated, with a strong positive correlation between the RL-VHS and LL-VHS being observed whereas the correlation between the VD and DV projections was positive but moderate. Because of these results, the authors think that the VHS measurement in the RL projection has no advantage over the LL projection. However, although no significant differences in VHS measurements were found in the VD and DV projections, they are variable and behave differently, showing perceptible differences between them to a greater extent than in the lateral projections, giving valuable information.

Regarding the SHS, no significant differences were found in the measurement in the lateral projections, but the correlations obtained between the two projections were slightly better than those of the VHS measurement. Therefore, the authors consider that, like the previous variable, the implementation of the measurement in the RL projection has no advantage over the LL projection.

When analysing the cardiac area measurements (AREA-AXIS and AREA-POL), the same results were found with respect to differences between projections, as for the VHS measurement. However, the correlation between the RL projection and the LL projection was positive but stronger than that obtained in the same projections for the VHS measurement. In addition, the correlation observed between the VD and the DV projections was positive, with a coefficient much higher than the VHS measurement in the same projection. Based on this, the authors believe that, unlike the VHS cardiac measurement, this measurement has no advantages in the implementation of either the RL projection over the LL or the VD projection over the DV.

There is variability between authors regarding the preferred radiographic projection for the performance of cardiac measurements and in particular the most common measurement, i.e., VHS. Buchanan and Bücheler did not show preference between lateral projections but did for the DV projection over the VD projection for cardiac size assessment in dogs, as the contour was more consistent in the DV projection, and because of the magnification found in the VD projection caused by the increase of the distance between the heart and the X-ray film (3). On the contrary, in the feline species, the VD projection is prioritised over the DV one, because the edges of the silhouette of the heart in the DV view are obscured by fat in obese cats (4). In ferrets, cardiac measurements made in the lateral projections are preferred by some authors over those obtained in the VD projection, because the presence of pericardial fat obscures the edges of the cardiac silhouette (18). Considering this background and due to the results obtained in this study, all measurements can be carried out in any of the projections described and only intrinsic factors specific to the animal should be considered to select the most suitable projection at any given moment.

In this study, the authors sought to evaluate what could be the best cardiac measurements for ferrets, trying to evaluate different factors. They found different publications on VHS in other species for the diagnosis of different cardiac problems with variable precision (33, 34). They, therefore, developed a new VHS measurement based on the same guidelines as Buchanan (3) and compared it with the other measurements in this study to determine if they are good indicators of heart problems. However, echocardiography remains the gold standard for diagnosis of cardiac diseases (26).

The correlation between VHS and SHS was good. It is thought to be due to the different anatomical structures used to make the proportion in these scales, which might have a slightly different effect on heart size. Moreover, the trend between the two scales was analysed and determined to be very similar between the two when we stratified for sex. However, a slightly better correlation was found between SHS and (L + S) in the same projection than the one found between that same cardiac measurement and VHS. Therefore, SHS may be a better indicator of heart size than VHS. Based on all this, the authors think that SHS should be considered as an indicator of cardiac size in this species, without, however, being able to establish which is the most accurate. In addition, they believe that this new measurement should be of great use in

those individuals who present with vertebral malformations that have been previously described in this species (20).

The correlation of VHS with AREA-AXIS and AREA-POL measurements was the lowest in this study, being weakly positive. These low correlations could be due to the very nature of the measurements as the VHS establishes a proportion between the heart size and an anatomical structure, whereas these new measurements give us an absolute value of the heart size. Therefore, these different measurements of the heart size do not need to correspond. On the other hand, the trend of these two new measurements, when stratified for sex, was very similar to that found in the VHS. In addition, the correlations between AREA-AXIS and AREA-POL measurements with the (L + S) were very strongly positive, whereas the correlation between the (L + S) and VHS, was weakly positive. These trends of association with heart size suggest that these new measurements are good indicators of heart size in this species. Nevertheless, as mentioned in a previous section, VHS has more homogeneous values than the cardiac area measurements, suggesting that it might be somewhat more accurate. However, from a practical point, the cardiac area measurements are preferred, because the VHS calculation is more complicated, therefore, more time-consuming.

This study has several limitations: (1) The effects of the cardiac and respiratory cycle phase may have influenced the results. In ferrets, it has been reported that pericardial fat can obscure the edges of the cardiac silhouette and, therefore, alter the VHS measurement (18). In contrast, the authors believe that these distortions of the cardiac silhouette found on both the right side of the heart and the cardiac apex in the lateral projections, as well as in the mediastinal aortic arch area in the DV or VD projections, are due not only to the presence of pericardiophrenic fat but to the phase of the cardiac cycle since the heart rate in this species is very high. This study did not consider the phase of the cardiac and respiratory cycle. Although this may have slightly influenced cardiac measurements, due to the size and cardiorespiratory frequency of this species, it is very difficult to perform radiographic projection at the appropriate time to minimise this effect. The effect of the phase of the cardiac and respiratory cycle on VHS in dogs has been previously evaluated using fluoroscopy and has been shown to be moderate but not insignificant on the determination of VHS (37). In addition, Doss et al. (9) in a study carried out on chinchillas, mentioned the possibility that both the heartbeats and the movement artefact secondary to breathing may have influenced VHS in this species. (2) The inter- and intra-observer variability of cardiac measurements was not evaluated and is considered an additional limitation of the present study.

In conclusion, this study reports reference intervals of standardised cardiac scales in ferrets obtained in different radiographic projections, as well as of new cardiac measurements made using the OsiriX MD medical imaging software. Due to the great sex dimorphism in this species, the use of the measurements of the cardiac silhouette is recommended when differentiating between sexes, these being more sensitive when assessing the heart size. In addition, all the measurements in this study can be performed in any of the projections described, without significant

differences. Therefore, only animal-specific factors should be taken into account to select the most appropriate projection at any given time. Unlike the findings regarding the other measurements of the study, there were no significant differences in VHS, when stratifying for sex, in the VD projection. Therefore, the values should be considered as a reference for the diagnosis of heart disease when adjusting for sex the measurements obtained in the lateral and DV projections. The authors think that the SHS can be used in the assessment of heart size, while another simple method that considers the overall size of the body and can be of use in those individuals who present with vertebral malformations is needed. Although cardiac scales have more homogenous values, the authors recommend the new measurements AREA-AXIS and AREA-POL to evaluate for heart disease as they require less complicated calculations and are less time-consuming. Further studies of sick animals are needed to assess the accuracy of the technique, compared to the VHS method.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

REFERENCES

- Lewington J. Cardiovascular disease. In: Lewington J, editor. *Ferret Husbandry, Medicine, and Surgery 2nd ed.* Philadelphia, PA: WB Saunders (2008). p. 275–84.
- Morrissey J, Malakoff R. Cardiovascular and other diseases of ferret. In: Quesenberry K, Orcutt C, Mans C, Carpenter J, editors. *Ferrets, Rabbits and Rodents Clinical Medicine and Surgery 4th ed.* St. Louis, MO: Elsevier Saunders (2020). p. 55–68. doi: 10.1016/B978-0-323-48435-0.0005-8
- Buchanan J, Bücheler J. Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. *J Am Vet Med Assoc.* (1995) 206:194–9.
- Litster A, Buchanan J. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs of cats. *J Am Vet Med Assoc.* (2000) 216:210–4. doi: 10.2460/javma.2000.216.210
- Straub J, Pees M, Krautwald-Junglanns M. Measurement of the cardiac silhouette in psittacines. *J Am Vet Med Assoc.* (2002) 221:76–9. doi: 10.2460/javma.2002.221.76
- Schumacher J, Snyder P, Citino S, Bennett R, Dvorak L. Radiographic and electrocardiographic evaluation of cardiac morphology and function in captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*). *J Zoo Wildl Med.* (2003) 34:357–63. doi: 10.1638/01-008
- Gardner A, Thompson M, Fontenot D, Gibson N, Heard J. Radiographic evaluation of cardiac size in flying fox species (*Pteropus rodricensis*, *P. hypomelanus*, and *P. vampyrus*). *J Zoo Wildl Med.* (2007) 38:192–200. doi: 10.1638/1042-7260(2007)038[0192:REOCSI]2.0.CO;2
- Marie L, Stephanie L, Richard A. Determination of vertebral heart score in Goeldi's monkeys (*Callimico goeldii*). *J Med Primatol.* (2015) 44:183–6. doi: 10.1111/jmp.12173
- Doss G, Mans C, Hoey S, Girolano N, Stepien R, Waller III K. Vertebral heart size in chinchillas (*Chinchilla lanigera*) using radiography and CT. *J Small Anim Pract.* (2017) 58:1–6. doi: 10.1111/jsap.12715
- Bavegems V, Van Caelenberg A, Duchatear L, Van bree H, De Rick A. Vertebral heart size ranges specific for whippets. *Vet Radiol Ultrasound.* (2005) 46:400–3. doi: 10.1111/j.1740-8261.2005.00073.x

ETHICS STATEMENT

Ethical review and approval was not required for the animal study because Ethical review and approval was not required for the animal study because it was a clinical examination that include X-ray study. Written informed consent was obtained from the owners for the participation of their animals in this study.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

AG, LE, and JJ designed the study, read and approved the final manuscript. AG acquired the data. AG, PR, and LE reviewed the studies, analysed and interpreted the data, and drafted the article. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

FUNDING

This research was supported by Grant GR21085 to Animal Medicine and Surgery Research Group (CTS041) from Junta de Extremadura.

- Marin L, Brown J, McBriem C, Baumwart R, Samii V. Vertebral heart size in retired racing Greyhounds. *Vet Radiol Ultrasound.* (2007) 48:332–4. doi: 10.1111/j.1740-8261.2007.00252.x
- Ghadiri A, Avizeh R, Rasekh A, Yadegari A. Radiographic measurement of vertebral heart size in healthy stray cats. *J Feline Med Surg.* (2008) 10:61–5. doi: 10.1016/j.jfms.2007.06.015
- Kraetschmer S, Ludwig k, Meneses F, Nolte I, Simon D. Vertebral heart scale in the beagle dog. *Vet Radiol Ultrasound.* (2008) 49:240–3. doi: 10.1111/j.1748-5827.2007.00531.x
- Bodh D, Hoque M, Saxena A, Gugjoo M, Bist D, Chaudhary J. Vertebral scale system to measure heart size in thoracic radiographs of Indian Spitz, Labrador retriever and Mongrel dogs. *Vet World.* (2016) 9:371–6. doi: 10.14202/vetworld.2016.371-376
- Birks R, Fine D, Dacvim M, Leach S, Clay S, Eason B, et al. Breed-specific vertebral heart scale for the Dachshund. *J Am Anim Hosp Assoc.* (2017) 53:73–9. doi: 10.5326/JAAHA-MS-6474
- Taylor C, Simon B, Stanley B, Lai G, Thieman Mankin K. Norwich terriers possess a greater vertebral heart scale than the canine reference value. *Vet Radiol Ultrasound.* (2020) 6:10–5. doi: 10.1111/vru.12813
- Puccinelli C, Citi S, Vezzosi T, Garibaldi S, Tognetti R. A radiographic study of breed-specific vertebral heart score and vertebral left atrial size in Chihuahuas. *Vet Radiol Ultrasound.* (2020) 62:1–7. doi: 10.1111/vru.12919
- Stepien R, Benson K, Forrest L. Radiographic measurement of cardiac size in normal ferret. *Vet Radiol Ultrasound.* (1999) 40:606–10. doi: 10.1111/j.1740-8261.1999.tb00886.x
- Onuma M, Kondo H, Ono S, Ueki M, Shibuya H, Sato T. Radiographic Measurement of Cardiac Size in 64 Ferrets. *J Vet MedSci.* (2009) 71:355–8. doi: 10.1292/jvms.71.355
- Proks P, Stehlik L, Paninarova M, Irova K, Hauptman K, Jekl V. Congenital abnormalities of the vertebral column in ferret. *Vet Radiol Ultrasound.* (2014) 56:117–23. doi: 10.1111/vru.12192
- Solomon R. Free and open-source software for the manipulation of digital images. *AJR Am Roentgenol.* (2009) 192:53–5. doi: 10.2214/AJR.08.2190
- Jaimovich S, Guevara M, Pampin S, Jaimovich R, Gardella J. Neurosurgical planning using osirix software. *Sug Neurol Int.* (2014) 5:267–71. doi: 10.4103/2152-7806.137970

23. Leblond G, Gaitero L, Moens N, Zur Linden A, James F, Moteith G, et al. Canine atlantoaxial optimal safe implantation corridors- description and validation of novel 3D Presurgical planning method using OsiriX. *BMC Vet.* (2016) 12:188. doi: 10.1186/s12917-016-0824-3
24. Gumsheimer M, Stortecky S, Gahl B, Langhammer B, Carrel T, Buellesfeld L, et al. Validation of 3d reconstructed computed tomography images using OsiriX® software for pre-transcatheter aortic valve implantation aortic annulus sizing. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* (2017) 10:750–9. doi: 10.1093/icvts/ivx119
25. Stepien R, Benson K, Wenholz L. M-mode and Doppler echocardiographic findings in normal ferrets sedated with ketamine hydrochloride and midazolam. *Vet Radiol Ultrasound.* (2000) 41:452–6. doi: 10.1111/j.1740-8261.2000.tb01870.x
26. Vatenburg R, Boroffka S, Schoemaker N. Echocardiographic measurements in clinically healthy ferrets anesthetized with isoflurane. *Vet Radiol Ultrasound.* (2004) 45:228–32. doi: 10.1111/j.1740-8261.2004.04040.x
27. Fox J, Bell J. Growth, reproduction and breeding. In: Fox JG, editor. *Biology and Diseases of the Ferret 2nd ed.* Baltimore, MD: Williams & Wilkins (1998). p. 221–7.
28. Sleeper M, Buchanan J. Vertebral scale system to measure heart size in growing puppies. *J Am Vet Med Assoc.* (2001) 219:57–9. doi: 10.2460/javma.2001.219.57
29. Ivey E, Morrissy J. Ferrets: examination and preventive medicine. *Vet Clin North Am Small Animal Pract.* (1999) 2:471–94. doi: 10.1016/S1094-9194(17)30133-0
30. Mostafa A, Berry C. Radiographic assessment of the cardiac silhouette in clinically normal large- and small-breed dogs. *Am J Vet Res.* (2017) 78:168–77. doi: 10.2460/ajvr.78.2.168
31. Lehmkuhl L, Bonagura J, Biller D, Hartman W. Radiographic evaluation of caudal vena cava size in dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* (1997) 38:94–100. doi: 10.1111/j.1740-8261.1997.tb00822.x
32. Gugjoo M, Hoque M, Saxena A, Zama M. Vertebral scale system to measure heart size in dogs in thoracic radiographs. *Adv Anim Vet Sci.* (2013) 1:1–4.
33. Guglielmini C, Diana A, Pietra M, Tommaso M, Cipone M. Use of the vertebral heart score in coughing dogs with chronic degenerative mitral valve disease. *J Vet MedSci.* (2009) 71:9–13. doi: 10.1292/jvms.71.9
34. Lord P, Hansson K, Carnabuci C, Kwart C, Haggstrom J. Radiographic heart size and its rate of increase as tests for onset of congestive heart failure in Cavalier King Charles Spaniels with mitral valve regurgitation. *J Vet Int Med.* (2011) 25:1312–9. doi: 10.1111/j.1939-1676.2011.00792.x
35. Fox P, (editor). Thoracic radiography: the coughing/dyspneic dog and cat. In: *28th World Congress of the World Small Animal Veterinary Association.* Bangkok (2003). Available online at: <https://www.vin.com/apputil/content/defaultadvl.aspx?pId=8768&id=3850201&print=1> (accessed May 16, 2021).
36. Gugjoo M, Hoque M, Zama M, Saxena A, Pawde A, Ansari M, et al. Vertebral scale system to measure heart size on thoracic radiographs of Labrador retriever dogs. *Ind Vet J.* (2013) 90:71–3.
37. Olive J, Javard R, Specchi S, Bélanger M, Bélanger C, Beauchamp G, et al. Effect of cardiac and respiratory cycles on vertebral heart score measured on fluoroscopic images of healthy dogs. *J Am Vet Med Assoc.* (2015) 246:1091–7. doi: 10.2460/javma.246.10.1091

Conflict of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2022 Gutiérrez, Ezquerro, Rodríguez and Jiménez. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

