

Determinación de la velocidad, aceleración, índices de resistencia y pulsatilidad de las arterias renales mediante ecografía Doppler en perros Shih-Tzú en Medellín y Área Metropolitana

Luis Fernando Suárez Gallego, MV

Director:

Mauricio Tobón Retrepo, MV, MSc, PhD, DipECVDI. Universidad de Utrecht,
Países Bajos

Codirector:

Claudia Patricia Ceballos Fonseca, MV, MSc, PhD. Grupo Genética,
Mejoramiento y Modelación Animal (GaMMA), Escuela de Medicina Veterinaria,
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia

Comité Tutorial:

Carlos Humberto Riaño Benavides MVZ, Esp Clínica y Cirugía, MSc
Lina María Carrillo Bonilla, MV, MSc. PhD
Sandra Milena Naranjo Ríos, Mat, MSc

Trabajo presentado para optar al título de Magíster en Ciencias Veterinarias

Modalidad Profundización
Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Medicina Veterinaria
Universidad de Antioquia

2019

AGRADECIMIENTOS

A Mónica y Belén, por soportarme tanto tiempo, por empujar a este loco.

A Mauricio Tobón Restrepo, amigo y ejemplo a seguir en este maravilloso mundo de la imagenología Veterinaria. A él, por su ayuda incondicional, sacrificio y entrega total. Gracias Mauro por siempre estar ahí.

A Lina Carrillo, por creer en mi, por ser mi amiga y mi cable a tierra en mil cosas. Gracias parcerita, te quiero con el alma.

A Claudia Ceballos Fonseca, mi jefa, la disciplina, la voz de la conciencia, gracias a ella porque sin ella esto no sería realidad. Gracias infinitas por ayudarme a encontrar el norte. Por mostrarme el camino... pero sobretodo por la paciencia.

A Carlos Riaño, maestro, y una de las personas que siempre ha creído en mi. Gracias profe por apasionarnos en este camino. Perdón por las rabietas y dolores de cabeza que le he causado.

A Cibele Figueira Carvalho, Sandra Milena Naranjo, por la luz, las ideas y por confiar en este trabajo.

A todos y cada uno de los que se involucraron ayudando con todas las cosas necesarias para hacer realidad este trabajo. Especial mención para: Jorge Vanegas, Ana Isabel Molina, Clínica Veterinaria Sanavet, y Melysa Gavia Gracitud total para ellos.

LFG

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	5
2. INTRODUCCIÓN	6
3. OBJETIVOS	8
3.1. OBJETIVO GENERAL	8
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. HIPÓTESIS	9
4.1. HIPÓTESIS NULA	9
4.2. HIPÓTESIS ALTERNA.....	9
5. MARCO TEÓRICO	10
5.1. GENERALIDADES DE LA ULTRASONOGRAFÍA	10
5.2. PRINCIPIOS FÍSICOS.....	10
5.2.1. PROPAGACIÓN DEL SONIDO	10
5.2.2. <i>Frecuencia:</i>	11
5.2.3. <i>Longitud de onda</i>	11
5.2.4. <i>Reflexión del sonido e impedancia acústica</i>	11
5.2.5. <i>Refracción del sonido</i>	13
5.2.6. <i>Atenuación del sonido</i>	13
5.3. MODOS DE REPRESENTACIÓN DE LAS IMÁGENES.....	13
5.4. ECOGRAFÍA DOPPLER.....	15
5.5. ÍNDICES VELOCIMÉTRICOS	19
5.6. EXAMEN ECOGRÁFICO DE LOS RIÑONES EN CANINOS.....	20
5.7. SIGNOS ULTRASONOGRÁFICOS DE ENFERMEDAD RENAL EN CANINOS.....	23
5.8. ENFERMEDADES RENALES ASOCIADAS A CANINOS DE RAZA SHIH-TZÚ	23
6. MATERIALES Y MÉTODOS	25

6.1. ANIMALES	25
6.2. PRUEBAS BIOQUÍMICAS	25
6.3. ULTRASONOGRAFÍA	25
6.4. CONSENTIMIENTO INFORMADO	27
6.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	27
7. RESULTADOS.....	28
7.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS BIDIMENSIONALES.....	28
7.2. PARÁMETROS VELOCIMÉTRICOS DE LAS ARTERIAS RENALES E INTERLOBARES.....	33
7.3. ASOCIACIÓN DE LOS ÍNDICES VELOCIMÉTRICOS RENALES Y LOS PARÁMETROS MORFOLÓGICOS	35
7.4. RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y VELOCIMÉTRICAS CON EL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO BIOQUÍMICO RENAL.....	35
8. DISCUSIÓN	36
9. CONCLUSIONES	40
10. REFERENCIAS.....	41
11. APENDICES	45
APÉNDICE 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO UTILIZADO EN ESTE ESTUDIO.	45

1. RESUMEN

Una de las causas de morbilidad en caninos más frecuentes son las nefropatías. Durante el ejercicio profesional se han observado variaciones morfológicas en los riñones de caninos de raza Shih-Tzú, en relación a otras razas. Estas diferencias han sido establecidas a través de las evaluaciones bidimensionales ultrasonográficas de la función renal, incluyendo el índice de resistencia (IR), índice de pulsatilidad (IP), velocidad pico sistólica (VPS) y aceleración sistólica inicial (ASI). Sorpresivamente, dichos pacientes estaban en un aparente estado de normalidad clínica. En este estudio se evaluó si estas variaciones morfológicas son parte de la morfología renal normal de los caninos de raza Shih-Tzú, o si constituyen indicativos de patologías renales. Con este objetivo se evaluó la morfología (longitud, espesor cortical, espesor medular, relación corticomedular, amplitud de pelvis renal, diámetro de la arteria renal), se estimaron los índices velocimétricos (de arteria renal, arteria interlobar craneal, arteria interlobar media, y arteria interlobar caudal), y se compararon con varios parámetros de función renal (urea, nitrógeno ureico en sangre (BUN), y creatinina sérica) en 20 caninos de la raza Shih-Tzú (n=40 riñones) de 6 meses a 7 años de edad. Se presentan los valores promedios de estos parámetros que en general coinciden con los valores para la especie canina, a excepción del espesor cortical y el espesor medular. Por otra parte, los resultados sugieren que en la raza Shih-Tzú existe una relación corticomedular mayor a la reportada para los caninos, y que la longitud, la ecogenicidad cortical y el espesor medular son significativamente mayores en los machos que en las hembras. Los valores morfológicos y de flujo sanguíneo encontrados sugieren que existe una estrecha correlación entre ellos, pudiéndose interpretar que sus alteraciones podrían significar directamente un pronóstico de enfermedad renal.

2. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas con el desarrollo tecnológico de la ultrasonografía, se han establecido protocolos de evaluación que han permitido establecer parámetros morfológicos normales de los órganos abdominales de los caninos incluyendo los riñones (Barella, Lodi, Sabbadin, & Faverzani, 2012). La morfología normal de los mismos esta relacionada con su buen funcionamiento, y aunque no de una manera directa, sin duda los cambios ultrasonográficos ayudan en el diagnóstico de múltiples patologías. Es por esto que la ultrasonografía se ha convertido en un método de rutina que complementa los hallazgos clínicos para el diagnóstico de las nefropatías en pequeños animales (Wood, 1990). A la par de los avances tecnológicos en ultrasonografía, se han descrito parámetros que establecen alteraciones de tipo estructural y funcional renal. Dentro de estos parámetros cuantitativos están la longitud y diámetro de los riñones, correlación cortico-medular y amplitud de la pelvis renal, y dentro de los parámetros cualitativos están la ecogenicidad cortical, la diferenciación cortico-medular, la forma, la descripción del contorno, la ecogenicidad de la grasa peri-renal, y la presencia de líquido peri-renal (Matton & Nyland, 2015; Penninck & D'anjou, 2015).

Durante el ejercicio profesional se han observado algunas variaciones en la morfología ultrasonográfica de los riñones de los caninos de raza Shih-Tzú (comunicación personal Dra. C. Carvalho y observaciones personales). Estas variaciones incluyen la relación cortico-medular, aumento en la ecogenicidad y espesor cortical y alteraciones en la ecogenicidad medular, sin embargo, muchos de estos pacientes no presentan signos clínicos de enfermedad renal, ni alteraciones bioquímicas que pudieran asociarse a nefropatías.

La raza Shih-Tzú se encuentra entre las más comunes en la ciudad de Medellín y su área metropolitana, junto al pitbull, poodle, retrievers, entre otros (observación personal, 2019). Al mismo tiempo, a través de la práctica personal se han detectado morfologías renales de caninos Shih-Tzú que difieren de los reportes de normalidad renal (Matton & Nyland, 2015; Penninck & D'anjou, 2015). Sin

embargo, así como lo ha mencionado la doctora Carvalho (2018), los individuos de esta raza evaluados en Medellín y su área metropolitana, no han mostrado signos clínicos de enfermedad renal, y no queda claro cuál es la razón para los cambios morfológicos observados, o si éstos podrían ser fases tempranas de enfermedad renal. Estudios previos realizados en gatos (Carvalho & Chammas, 2011) han mostrado que los datos cuantitativos velocimétricos de las arterias renales, usando Doppler color y espectral, son parámetros adicionales que permiten la construcción de valores de referencia del estado de perfusión renal. Estos valores pueden ser utilizados para determinar la presencia de patologías renales como la displasia renal, la nefritis intersticial, y la glomerulonefritis, entre otras.

En el presente estudio se correlacionan parámetros morfológicos bidimensionales (cualitativos y cuantitativos), parámetros velocimétricos como el índice de pulsatilidad (IP), el índice de resistencia (IR), la aceleración sistólica inicial (ASI) y la velocidad pico sistólica (VPS) de las arterias renales (AR) e interlobares (AI), y pruebas sanguíneas de funcionamiento renal, como creatinina sérica, nitrógeno ureico en sangre (BUN), y urea. La evaluación de parámetros estructurales con parámetros funcionales en el riñón de los caninos de la raza Shih-Tzú, permitirá establecer valores normales para esta raza importantes en el diagnóstico de enfermedades renales.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Determinar parámetros morfológicos (ultrasonográficos), velocimétricos (parámetros Doppler), y de función renal en caninos clínicamente sanos de la raza Shih-Tzú del área Metropolitana del Valle del Aburrá.

3.2. Objetivos Específicos

- Describir las características morfológicas bidimensionales del riñón de caninos Shih-Tzú clínicamente sanos.
- Establecer índices velocimétricos de las arterias renales e interlobares en caninos Shih-Tzú clínicamente sanos.
- Determinar si las características morfológicas se asocian a los índices velocimétricos renales de los caninos Shih-Tzú clínicamente sanos.
- Establecer si las características morfológicas y velocimétricas se correlacionan con el estado de funcionamiento bioquímico renal de caninos Shih-Tzú clínicamente sanos.

4. HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis Nula

No se encontrarán variaciones morfológicas ni alteraciones en los índices velocimétricos en los riñones de los caninos de la raza Shih-Tzú en relación a los parámetros establecidos en otros estudios en otras razas.

4.2. Hipótesis Alternativa

La morfología y los índices velocimétricos en los riñones de los caninos de la raza Shih-Tzú serán diferentes a los valores reportados en las otras razas caninas como se describe en la tabla 1 (hipótesis alternas 1, 2, y 3). Adicionalmente, si el perro está sano o enfermo se determinará con base en los marcadores bioquímicos de funcionamiento renal (Creatinina Sérica, Nitrógeno Ureico en sangre y Urea), cuyos valores de referencia son los establecidos para caninos sanos.

Hipótesis	Morfología	Velocidad	Interpretación
Nula	Standard	Standard	Los caninos Shih-tzú se comportan igual que las demás razas caninas, y el paciente debe estar sano.
Ha1	Standard	Alterada	Caninos Shih-tzú no se comportan como las demás razas caninas, y el paciente puede estar sano o enfermo.
Ha2	Alterada	Standard	Caninos Shih-tzú no se comportan como las demás razas caninas, y el paciente puede estar sano o enfermo.
Ha3	Alterada	Alterada	Caninos Shih-tzú no se comportan como las demás razas caninas, y el paciente está enfermo.

Tabla 1. Posibles combinaciones de resultados a obtener en este estudio en perros Shih-Tzú, y su interpretación. Standard = valores de referencia usados para todas las razas caninas. Alterada = valores diferentes al standard.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Generalidades de la ultrasonografía

La ultrasonografía es un método diagnóstico por imagen que usa pulsos de alta frecuencia acústica que viajan a través de los tejidos corporales y que recogen los ecos transformándolos finalmente en imágenes, como consecuencia de la interacción del ultrasonido y los tejidos (Matton & Nyland, 2015). La transmisión de la información al computador para la formación de la imagen depende de las características físicas explicadas a continuación.

5.2. Principios físicos

El sonido es un fenómeno físico generado por la vibración de un cuerpo elástico. Es una transmisión energética que requiere imprescindiblemente de un medio material para su propagación. El ultrasonido es un espectro sónico que se produce aprovechando el efecto piezoeléctrico de cristales que producen ondas mecánicas que se propagan por el tejido corporal de los animales. Su frecuencia supera el espectro audible de los seres humanos (hasta 20.000 ciclos / segundo o 20 KHz) (Vargas, Amescua, Bernal, & Pineda, 2008).

5.2.1. Propagación del sonido

Dentro de las diferentes estructuras biológicas (como el cuerpo animal) el sonido (y el ultrasonido) son transmitidos a través de ondas longitudinales (ondas de compresión). En este fenómeno, las diferentes partículas que conforman el medio corporal, son desplazadas debido a presiones ejercidas periódicamente por una serie de variaciones diferentes a la de equilibrio, generando una oscilación. El momento de mayor presión se conoce como compresión, y el momento de menor presión como rarefacción. La energía transportada por la onda de sonido se da por la diferencia entre la energía potencial de compresión y la energía cinética de las oscilaciones del medio. Las vibraciones son enviadas en todas las direcciones desde el punto de origen en forma de círculos concéntricos. La dirección de propagación de la onda sonora es la misma que la dirección de origen (Hayward,

2012).

5.2.2. Frecuencia:

Representa los ciclos por segundo que oscila la onda de sonido y se expresa en Hertz (Hz). De esta manera, un ciclo por segundo es 1Hz, 1000 ciclos por segundo son 1 kHz y un millón de ciclos por segundo son 1 MHz. El oído humano puede percibir entre 20 y 20000 Hz. El ultrasonido diagnóstico oscila entre los 2 y los 15 MHz. La frecuencia representa un aspecto definitivo en la ultrasonografía diagnóstica, ya que, las bajas frecuencias (2 – 4 MHz) tienen gran poder de penetración, pero, pobre resolución; mientras que, las altas frecuencias (10 – 15 MHz) tienen alta resolución, pero, penetración limitada (Hangiandreou, 2003). Frecuencias por encima de los 20 MHz tienen aplicaciones muy específicas y limitadas.

5.2.3. Longitud de onda

Es la distancia que hay entre el inicio y el fin de un ciclo de una onda sinusoidal. El milímetro (mm) es su unidad de medida. La longitud de la onda es obtenida al dividir la velocidad entre la frecuencia (Bushberg, 2013), como se observa en la siguiente fórmula:

$$\text{longitud de onda } (\lambda)(m) = \frac{\text{velocidad de la onda } (v) (m/s)}{\text{frecuencia } (f)(Hz)}$$

5.2.4. Reflexión del sonido e impedancia acústica

El sonido reflejado hacia la fuente se denomina eco, efecto que es el insumo para la producción de imágenes ultrasonográficas. La reflexión de los ecos se da primariamente en la interface de las estructuras corporales, que causan la reflexión de las ondas de ultrasonido debido a las diferencias en la impedancia acústica. La impedancia (Z) es un indicador de la resistencia o flexibilidad de un medio, que está determinada por su densidad (p) y la velocidad del sonido (c) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Z = p c$$

La cantidad de ondas reflejadas o transmitidas por una interfaz es dependiente de la impedancia de los medios. A mayor diferencia de impedancia de dos estructuras adyacentes, mayor será la reflexión. En una interfaz músculo-grasa, se refleja aproximadamente el 1% del haz de ultrasonido, por lo que aproximadamente el 99% de este se transmite mas profundamente. En una interface musculo-aire, se refleja casi el 100%, lo que evita que se visualice mas profundamente en una cavidad llena de aire. En la tabla 2 se puede observar la impedancia de los diferentes tejidos orgánicos. Esto explica además la necesidad del uso de un medio conductor (gel transductor) para evitar la presencia de aire entre el transductor y la piel. Por otro lado, el ángulo de incidencia del haz influye en cómo se refleja, al aumentar el ángulo de incidencia disminuye la cantidad de ondas que alcanzan al transductor nuevamente (Hayward, 2012; Matton & Nyland, 2015; Penninck & D'anjou, 2015).

Tejido	Densidad (p) (g/cm ²)	Velocidad (c) (m/s)	Impedancia acústica (z) (10 ⁶ kg/m ² s)
Grasa	0.97	1470	1.42
Músculo	1.04	1568	1.63
Hígado	1.05	1570	1.65
Bazo	1.06	1565	1.66
Riñones	1.03	1560	1.61
Agua	0.998	1492	1.49
Hueso compacto	1.7	3600	6.12
Aire	0.0013	331	0.004

Tabla 2. Impedancia acústica, densidad y velocidad de diferentes tejidos. Adaptado de BSAVA Manual of Canine and Feline Ultrasonography (Barr & Gaschen, 2011).

5.2.5. Refracción del sonido

El sonido viaja a velocidades variables a través de los diferentes tejidos corporales, cuando una onda sonora pasa de un tejido a otro, la frecuencia sigue siendo la misma, pero cambia la longitud de onda. Este fenómeno causa que el haz de ultrasonido se desvíe, causando un fenómeno conocido como refracción. En el caso que la velocidad del haz en el segundo medio sea mayor que en el primero, el ángulo de refracción es mayor que el de incidencia. Si la velocidad del segundo tejido es menor que en el primero, el ángulo de refracción es menor que el de incidencia. Cuando la velocidad en los dos medios es igual o la onda es perpendicular a la interfaz no existe refracción (Bushberg, 2013; Matton & Nyland, 2015; Penninck & D'anjou, 2015; Vargas et al., 2008).

5.2.6. Atenuación del sonido

El haz de ultrasonido es transmitido a los tejidos como energía acústica, Atenuación es el término para definir la pérdida de potencia que sufre el haz de ultrasonido cuando pasa a través de los tejidos convirtiendo el haz de sonido en calor. De la misma manera los ecos sufren de atenuación. La atenuación se mide en decibeles (dB).

Los factores que contribuyen a la atenuación son la absorción, la reflexión y la dispersión. Es importante tener en cuenta que la atenuación es proporcional a la frecuencia del haz de ultrasonido. A mayor frecuencia, mayor atenuación. Lo que se debe tener en cuenta a la hora de seleccionar el transductor y la frecuencia de insonación (Hayward, 2012).

5.3. Modos de representación de las imágenes

La ultrasonografía diagnóstica ofrece posibilidades de visualización de los órganos y demás estructuras corporales, gracias a que el organismo animal está compuesto en un 75% de agua y ésta facilita la transmisión de las ondas de ultrasonido. Existen actualmente diversos métodos de evaluación ultrasonográfica:

Modo A. Fue la primera representación gráfica en la ultrasonografía diagnóstica que consistió en una representación de una dimensión del haz de sonido. Se representa como un pico donde el eje “X” representa la profundidad de penetración y el eje “Y” la amplitud del eco. A mayor reflejo en la interfaz del tejido, mayor será la amplitud de la señal. La ultrasonografía en modo A no tiene importancia diagnóstica en la actualidad (Penninck & D’anjou, 2015).

Modo B. El modo bidimensional o modo “B” (Bright) es el método de evaluación convencional ultrasonográfico a través del cual es posible evaluar los diferentes órganos y estructuras. Es la proyección de múltiples ecos representados como puntos de un brillo específico que representa la amplitud del eco devuelto, convirtiendo los picos del modo “A” en puntos de diferente brillo. La posición de dichos puntos en la imagen corresponde a la profundidad y ubicación de la estructura que lo genera. El modo “B” se actualiza permanentemente, lo que permite obtener imágenes en tiempo real (Hayward, 2012) (Figura1).

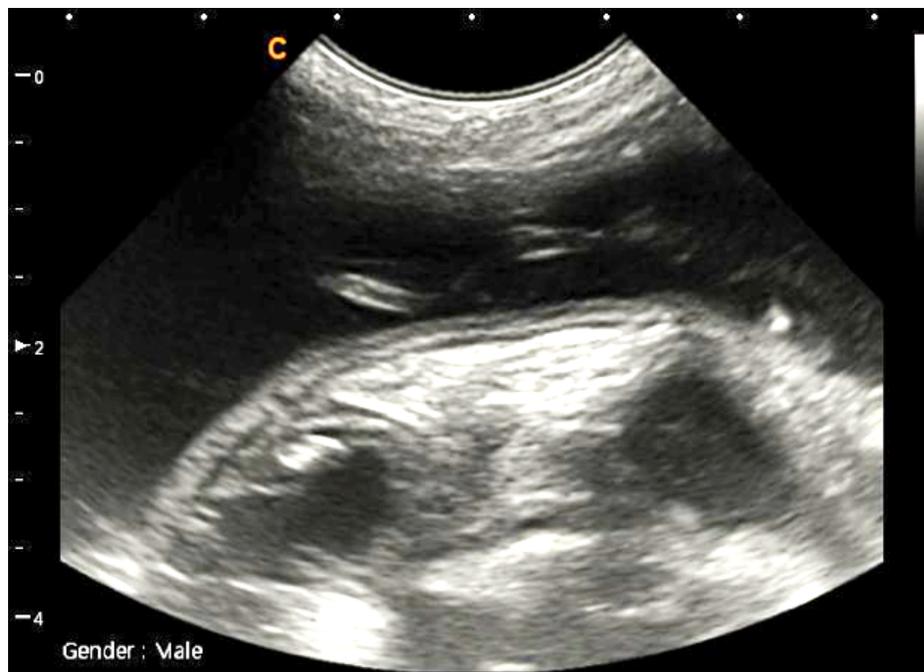


Figura 1. Visualización de cavidad abdominal de canino usando modo “B” o bidimensional. Cortesía ANIMAGEN 2019.

Modo M. También conocido como modo “movimiento”. El modo M muestra el movimiento de las estructuras en relación al tiempo. Los datos son recopilados de un solo haz de ultrasonido que atraviesa el tejido, y representadas como una cinta dinámica (Figura 2). Este modo permite evaluar estructuras móviles como el corazón (Matton & Nyland, 2015).

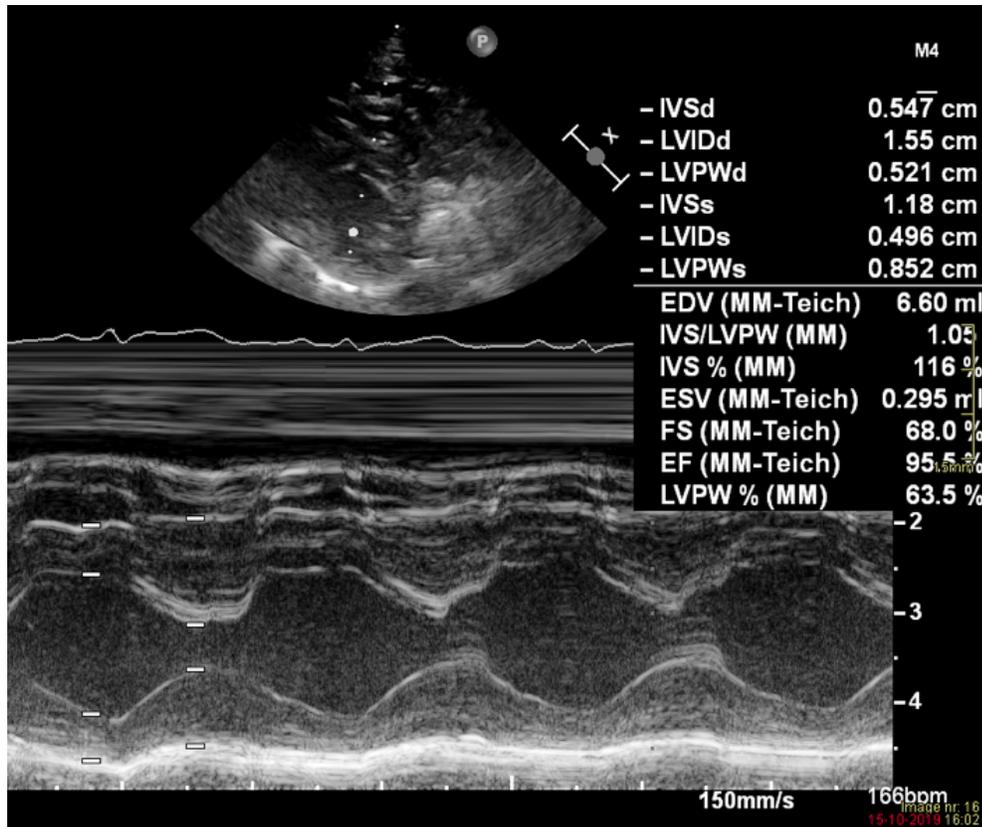


Figura 2. Ecografía en Modo M. Cortesía Dr. M. Tobón, División de Diagnóstico por Imagen, Hospital Veterinario, Universidad de Utrecht, Holanda, 2019.

5.4. Ecografía Doppler

La ultrasonografía Doppler es un método diagnóstico complementario al modo “B” que consiste en representar las diferencias de frecuencias que se dan cuando hay movimientos relativos entre la fuente emisora y el receptor. Este fenómeno es conocido como efecto Doppler. Este efecto puede evaluarse mediante la representación de colores usando el “Doppler color” o el “Doppler poder” o de forma grafica mediante el “Doppler espectral” (Penninck & D’anjou, 2015). El efecto

Doppler es el resultado de un cambio aparente en las frecuencias de respuesta de las estructuras insonadas que se encuentran en movimiento. El caso mas representativo es el de las células sanguíneas; si el movimiento se presenta hacia el transductor, la frecuencia de retorno es mayor, es decir, un cambio positivo; si el movimiento se aleja del transductor la frecuencia de retorno es menor, es decir, un cambio negativo. Este cambio se conoce como “cambio Doppler” (Hayward, 2012; Matton & Nyland, 2015; Penninck & D’anjou, 2015; Szatmari, 2001).

Doppler color. Este método usa las ondas pulsadas del Doppler para representar a través de un código de colores la dirección y velocidad de los diferentes flujos (principalmente sanguíneo), la intensidad del color representado, indica también la velocidad a la que viajan las células implicadas en la muestra. Convencionalmente el flujo que se acerca al transductor está representado por amarillo y rojo, y el que se aleja de él, por el azul y verde (Figura 3). Este método obtiene la información de promediar las frecuencias obtenidas en un área de muestra, a diferencia del espectral, que lo hace en un punto específico (Carvalho, 2009; Hayward, 2012; Matton & Nyland, 2015; Penninck & D’anjou, 2015).

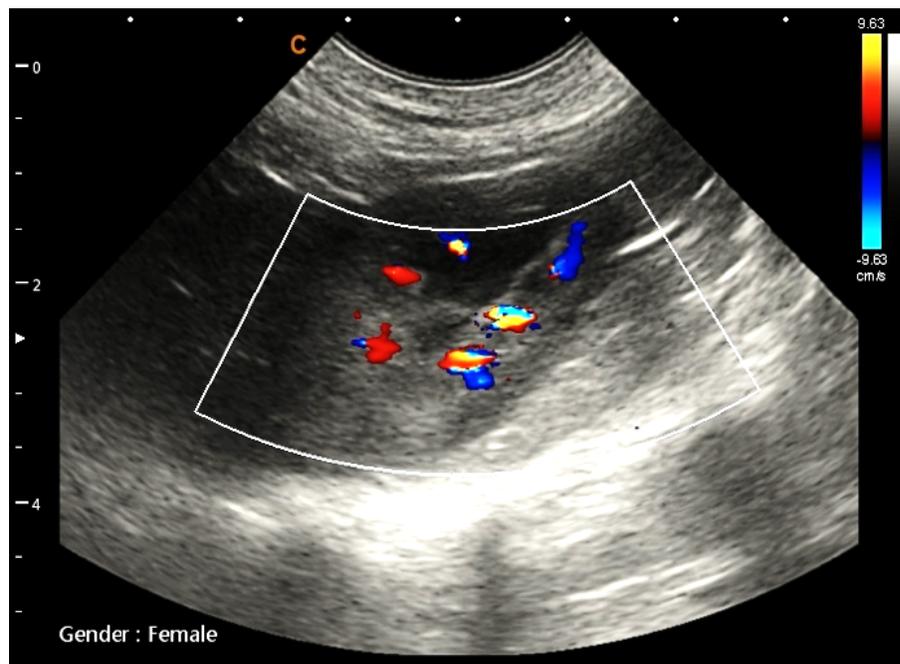


Figura 3. En esta imagen puede observarse en amarillo el flujo que se acerca al transductor, y en azul los flujos que se alejan del transductor. Cortesía ANIMAGEN 2019.

Doppler poder (Power). A diferencia de Doppler color, el Doppler poder representa la concentración de células y no la velocidad de desplazamiento de estas. Además, no depende del ángulo de insonación; esto hace que el Doppler poder sea muy sensible a flujos muy lentos y detecta vasos sanguíneos pequeños y profundos. Generalmente se representa en tonos amarillos y rojos (Figura 4). Los equipos de última tecnología incluyen Doppler poder con información sobre la dirección del flujo.



Figura 4. Empleo del “Power Doppler” en la cavidad abdominal del canino. Cortesía ANIMAGEN 2019.

Doppler pulsado. En este método, el ultrasonido es transmitido por pulsos al igual que en el modo “B”. El lugar específico de transmisión del eco puede ser determinado exactamente por la diferencia de tiempos que éste tarda en retornar (Figura 5). La ubicación precisa del tamaño de muestra, que se representa como un

cursor móvil de forma rectangular, que puede desplazarse longitudinalmente a través de una línea paralela al haz de ultrasonido, permite la ubicación específica en el área de interés, usando una serie de compuertas que permiten la evaluación de ecos recibidos exclusivamente de una profundidad en particular. Adicionalmente hay un cursor que controla el ángulo de incidencia del flujo evaluado (Carvalho et al., 2008; Carvalho et al., 2009; Hayward, 2012; Matton & Nyland, 2015; Penninck & D'anjou, 2015).

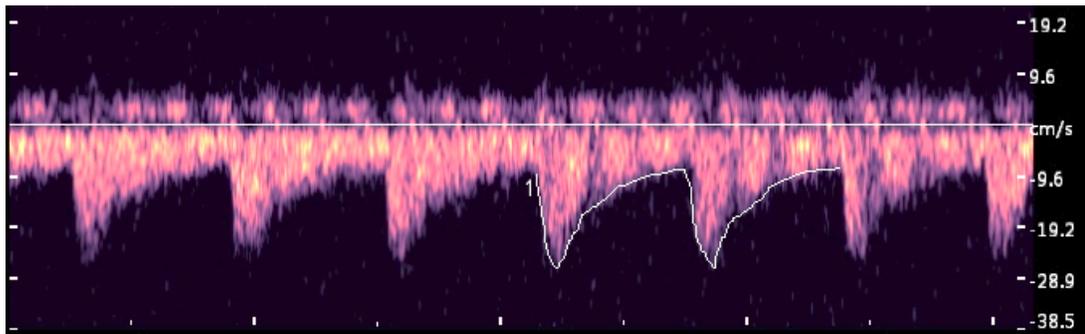


Figura 5. Doppler spectral en modo pulsado. Cortesía ANIMAGEN 2019

Doppler continuo. A diferencia del Doppler pulsado, esta técnica requiere de un transductor con unas características especiales. En el pulsado el sistema de cristales que genera los pulsos es el mismo encargado de recibir los ecos. En este método, se requieren de dos unidades de cristales, uno para emitir las sondas ultrasónicas y otro que recibe simultáneamente y de forma continua los ecos. El Doppler continuo no discrimina profundidades por lo que representa todos los cambios que se presentan en la trayectoria del haz de sonido (Figura 6). Con el Doppler continuo puede evaluar flujos de alta velocidad, lo que es el método de elección en cardiología, sin ser imprescindible en ultrasonografía abdominal (Carvalho, 2009; Carvalho et al., 2008; Hayward, 2012; Matton & Nyland, 2015; Penninck & D'anjou, 2015).

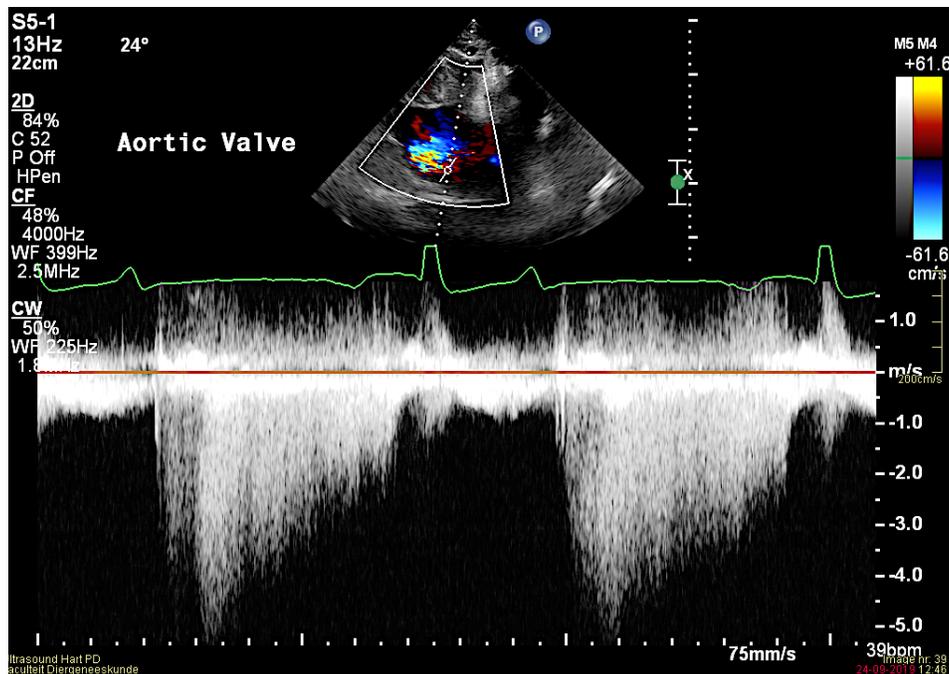


Figura 6. Doppler espectral en modo continuo. Imagen de Modo M. Cortesía Dr. Mauricio Tobón R. división de diagnóstico por imagen, hospital veterinario, Universidad de Utrecht – Holanda. 2019.

5.5. Índices velocimétricos

El índice de resistencia (IR) y el índice de pulsatilidad (IP), aportan información cuantitativa valiosa de la perfusión sanguínea que está presentando el parénquima renal (Tabla 2). Se han establecido como parámetros de referencia que 0,7 es el índice de resistencia máximo para perros (Morrow, Salman, Lappin, & Wrigley, 1996; Novellas, Espada, & De Gopegui, 2007). Sin embargo, para el índice de pulsatilidad se encuentran reportados en la literatura como valores máximos 1,52 y 1,61 (Mitchell, Toal, Daniel, & Rohrbach, 1998; Novellas et al., 2007) (Figura 7). El IR puede ser usado para determinar daño renal cuando la evaluación bidimensional de los riñones es normal, aún cuando el aumento de ecogenicidad del parénquima es el único hallazgo (Rivers, Walter, Polzin, & King, 1997). Otro parámetro es la aceleración sistólica inicial (ASI) que permite la evaluación de los cambios presentados en la flujometría renal poniendo en evidencia las ondas espectrales Doppler de las arterias renales. Este parámetro no ha sido descrito en ningún estudio específico en caninos. (Novellas et al., 2007)

$$IR = \frac{\text{Velocidad sistólica máxima} - \text{Velocidad diastólica final}}{\text{Velocidad sistólica máxima}}$$

$$IP = \frac{\text{Velocidad sistólica máxima} - \text{Velocidad diastólica final}}{\text{Velocidad media durante el ciclo completo}}$$

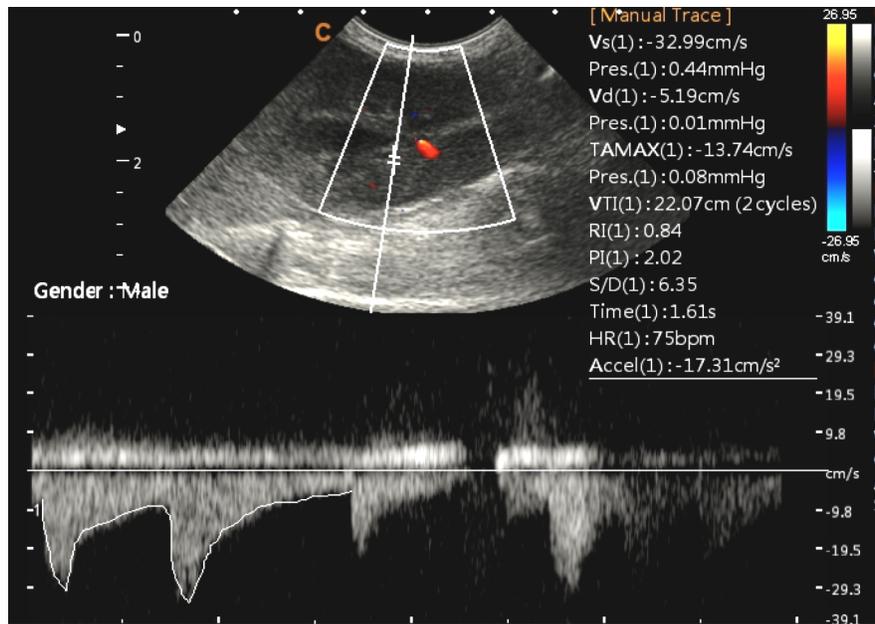


Figura 7. Índices Velocimétricos, calculados a través del Software incluido en el equipo de Ultrasonografía. Cortesía ANIMAGEN 2019

5.6. Examen ecográfico de los riñones en caninos

Los riñones son órganos que están ubicados en el espacio retroperitoneal, son de forma ovalada, cuentan con un polo craneal, un polo caudal, un borde lateral, un borde medial, una superficie ventral y una superficie dorsal (Meyers, 2015). En el borde medial hay una depresión llamada hilio. Allí, se encuentra el seno renal en el que se hallan el uréter, la arteria renal, la vena renal, los vasos linfáticos, y los nervios. En algunos casos, la arteria o vena renal puede estar duplicada (Evans & de Lahunta, 2013). El riñón izquierdo se encuentra en contacto con el borde caudal del bazo, la curvatura mayor del estómago, la glándula adrenal izquierda y el lóbulo izquierdo del páncreas. Por su parte el riñón derecho tiene su polo craneal en

contacto con la fosa renal del proceso caudado del lobo caudado del hígado, cerca de la decimotercera costilla. La glándula adrenal derecha tiene estrecha relación con la región cráneo-medial del riñón derecho. Medialmente, el riñón derecho está en estrecha relación con la vena cava caudal, y ventralmente, con el lóbulo pancreático derecho (Evans & de Lahunta, 2013).

El uso de transductores de frecuencia superior a los 5.0 MHz son adecuados para la evaluación de los riñones en los caninos. En razas pequeñas como los Shih-Tzú, puede ser necesario el uso de frecuencias mayores, así como el empleo de diferentes transductores (microconvexo y lineal) (Carvalho & Jericó, 2014).

La evaluación estructural del órgano a través de la ultrasonografía bidimensional, permite determinar aspectos como: tamaño, forma, contorno, diferenciación cortico-medular, pelvis renal, ecogenicidad cortical y medular, que son necesarios para una adecuada interpretación ecográfica renal en los caninos. Se ha encontrado que en perros de raza pequeña es posible observar la presencia de hiperecogenicidad de la médula externa (signo de anillo medular) con mayor frecuencia que en razas grandes o gigantes, como hallazgo incidental (Hart, Winter, Conway, & Berry, 2013).

La imagen ultrasonográfica del riñón ofrece la visualización las diferentes estructuras del órgano como son: una porción externa hiperecoica que corresponde a la corteza (generalmente isoecoica o ligeramente hiperecoica al parénquima hepático e hipoecoica al bazo) y una porción interna hipoecoica que corresponde a la médula (Figura 8). En la zona medular se encuentran los divertículos renales que se visualizan como líneas hiperecoicas que dividen la medula en segmentos (Carvalho & Jericó, 2014; Matton & Nyland, 2015; Penninck & D'anjou, 2015). Los métodos de evaluación del tamaño renal han variado con el avance de las investigaciones. Inicialmente se describió que el tamaño renal en los caninos estaba en estrecha relación con el peso del individuo (Barr, Holt, & Gibbs, 1990). Moon (2008) menciona que debido a las variaciones raciales en caninos, un rango de normalidad de longitud renal de 3.0 – 10.0 cm y de espesor cortical de 3.0 a 8.0 mm. Posteriormente se determinó que era posible establecer parámetros de normalidad del tamaño renal en los caninos realizando una relación entre el diámetro de la aorta

abdominal y la longitud del órgano, siendo esta medida aún más precisa y confiable (Mareschal, D'Anjou, Moreau, Alexander, & Beauregard, 2007). En la actualidad, se ha descrito un nuevo método consistente en determinar el tamaño renal usando una relación de la longitud de las vértebras L5 y L6 con la longitud renal (Barella et al., 2012). Dicho método se ha adaptado al empleado en radiología que relacionaba la longitud del cuerpo vertebral de L2 con la longitud renal (Finco, Stiles, Kneller, Lewis, & Barrett, 1971).

El empleo de la ultrasonografía Doppler color y espectral permiten la evaluación dinámica y flujométrica de los órganos abdominales de los caninos, incluidos los riñones. Esta técnica es usada para evidenciar el estado de la arquitectura vascular renal, así como, para establecer valores de flujo sanguíneo, como son la velocidades y direcciones, facilitando un acercamiento al estado fisiológico vascular del individuo (Zubarev, 2001). Es una medición muy importante porque los órganos altamente vascularizados como los riñones, son sumamente sensibles a los cambios en la presión arterial, lo que influye en diversos cambios que desencadenan patologías diversas, dependientes del área afectada (Zubarev, 2001).

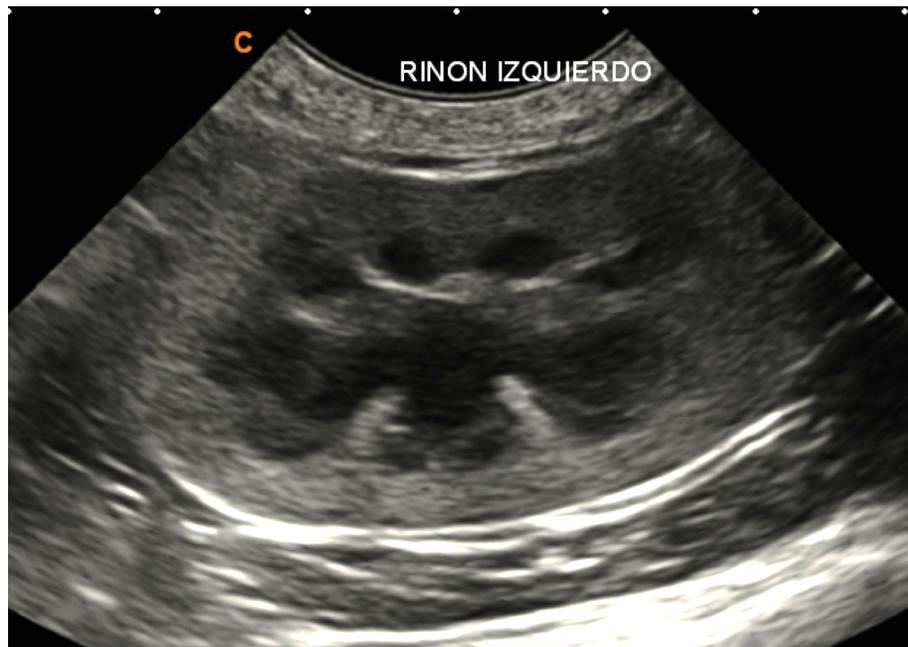


Figura 8. Corte sagital del riñón canino en modo "B" Cortesía ANIMAGEN 2019.

5.7. Signos ultrasonográficos de enfermedad renal en caninos

Los cambios en el tamaño renal han sido relacionados con alteraciones en su funcionamiento. Algunas patologías pueden presentar aumento de tamaño (poliquistosis renal, hidronefrosis, neoplasias, hipertrofia, falla renal aguda, nefritis aguda, amiloidosis temprana, shunt porto sistémicos) mientras que otras pueden causar por el contrario una disminución de tamaño (hipoplasia – displasia renal congénita, enfermedad renal crónica en fase terminal) por lo que la estimación del tamaño renal en caninos es de suma importancia (Bragato, Borges, & Fioravanti, 2017). Por otra parte, la pelvis renal puede presentar algunos cambios que potencialmente pueden representar patologías, principalmente asociadas con la dilatación de la misma (hidronefrosis, pielonefritis – pielonefrosis crónica, neoplasia renal, uréter ectópico, secundario a obstrucción ureteral, coagulo pélvico renal); también podría estar asociado a cambios de tipo fisiológico sin llegar a ser patológico (fluidoterapia, hiperdiuresis). Algunos cambios en la ecogenicidad cortical están directamente asociados a algunas patologías como glomerulonefritis, nefritis intersticial, enfermedad renal en estado terminal (acompañado de disminución de tamaño y forma irregular), displasia renal, nefrocalcinosis y neoplasias. Por su parte, la disminución de la ecogenicidad cortical está asociada a enfermedades renales crónicas, displasia renal y micropoliquistosis (Dennis, Kirberger, Barr, & Wrigley, 2010). Previamente se demostró que la presencia de signos de anillo medular no representa un cambio que implique *per se* una condición patológica. Sin embargo, un estudio determinó que cuando el signo de anillo medular está acompañado por cambios como: reducción de tamaño renal, aumento de la ecogenicidad medular y/o pielectasia, el 78% de los pacientes si presentaron alteraciones en la función renal (Mantis & Lamb, 2000).

5.8. Enfermedades renales asociadas a caninos de raza Shih-Tzú

La raza Shih-Tzú presenta predisposición racial a la presentación de algunas enfermedades del sistema urinario en las que sobresale la displasia renal y la glucosuria como presentación de la “Enfermedad Renal Familiar”. De la misma forma se presenta predisposición a la presentación de acumulación de minerales en

el sistema urinario (urolitiasis) de tipo: uratos, oxalato cálcico, estruvita, fosfatos cálcicos y sílica (Gough, Thomas, & O'Neill, 2018).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Animales

En el presente estudio se emplearon caninos de la raza Shih-Tzú atendidos en diferentes clínicas veterinarias del municipio de Medellín y su área metropolitana. se incluyeron en lo posible pacientes que acudían a vacunación y/o cirugías electivas como ovario histerectomía u orquiectomía, entre los 6 meses y 7 años de edad, sin segregación por sexo o estado reproductivo (castrado o no) y sin historia previa de enfermedad renal. A estos pacientes se les realizó una evaluación clínica general que incluyó la determinación de la frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, temperatura, condición corporal, tiempo de llenado capilar y pulso para establecer su estado clínico como aparentemente sano.

A los animales que cumplieran con los criterios de inclusión de edad y evaluación clínica normal se les realizó una evaluación ultrasonográfica de abdomen sin necesidad de ningún tipo de sujeción química (sedación o anestesia), ya que esto podrían ocasionar alteraciones de la fisiología cardiovascular del paciente.

6.2. Pruebas bioquímicas

Se colectaron 5 ml de sangre periférica de una de las venas cefálicas en tubo seco sin aditivos. Se conservaron en refrigeración y se enviaron a procesamiento en el laboratorio certificado TestLab® para medición de BUN (Blood urea nitrogen), urea y creatinina sérica.

6.3. Ultrasonografía

Se empleó un ecógrafo SONOBOOK8 VET (CHISON – China), con transductores microconvexo (4,0 – 12,0 MHz) y lineal (7,0 – 18,0 MHz). El estudio ultrasonográfico se realizó en recumbencia lateral derecha, lateral izquierda y dorsal. En cada paciente ambos riñones se evaluaron en modo B y con Doppler (color y espectral), y se determinaron las siguientes variables:

Medidas morfométricas:

- **Longitud:** se empleó una imagen sagital del riñón para medir su eje largo. La medida se obtuvo mediante calipers electrónicos colocados desde la superficie cortical del polo craneal, a la superficie del polo caudal.
- **Forma:** se clasificó en ovalado, redondo o irregular.
- **Superficie:** se clasificó en lisa o irregular.
- **Espesor cortical:** se utilizó una imagen longitudinal y, mediante calipers electrónicos, se midió el espesor de la corteza renal desde la superficie externa hasta la unión cortico-medular.
- **Espesor medular:** se utilizó una imagen longitudinal y, mediante calipers electrónicos, se midió el espesor de la médula renal desde la unión cortico-medular hasta la pelvis renal.
- **Ecogenicidad cortical:** se clasificó en hipoecoica, isoecoica, hiperecoica y heterogénea, el riñón izquierdo en comparación con la ecogenicidad del bazo; el riñón derecho en comparación con el hígado.
- **Ecogenicidad medular:** se clasificó en hipoecoica – anecoica, isoecoica no definida, hiperecoica o heterogénea en comparación con la ecogenicidad de la corteza renal.
- **Relación cortico-medular:** se estableció determinando la proporción de las medidas del espesor cortical y medular.
- **Pelvis renal:** se estableció cuantitativamente (en milímetros). Según Penninck & D'anjou (2015), el diámetro normal de la pelvis es < 3 mm, se considera dilatación moderada cuando tiene entre 3 a 10 mm y dilatación severa cuando el diámetro de la pelvis es > 10 mm.
- **Diámetro de arteria renal:** se determinó el diámetro de la arteria renal en milímetros. Se tuvo como lugar de referencia de preferencia el origen de la misma en la aorta abdominal.
- **Doppler color:** se evaluó el aspecto (aparición) cualitativo vascular clasificándolo en anatómico, vasoconstruido, o vasodilatado, comparado con las diferentes referencias disponibles para la especie; además, de cuantificar el número de arterias interlobares.

Medidas velocimétricas

- **Doppler espectral:** se evaluó el índice de pulsatilidad (IP), el índice de resistencia (IR), la aceleración sistólica inicial (ASI) y la velocidad pico sistólica (VPS). Estas medidas se realizaron tanto en la arteria renal, como en las arterias interlobares craneal (AICr), media (AIM) y caudal (AICa).

6.4. Consentimiento informado

El propietario deberá autorizar a través de un consentimiento informado la participación en el presente estudio, mediante el cual aceptará las condiciones, el procedimiento y análisis que se realizarán al individuo (apéndice 1). El consentimiento informado usado en el presente estudio, fue avalado por el CEEA en su acta N° 127 del 17/09/2019.

6.5. Diseño estadístico

Los datos fueron tabulados en Excel (Microsoft Excel, 2010) y analizados por medio de varios paquetes estadísticos en ambiente R (R Core Team, 2019). Los promedios y desviaciones estándar de los parámetros morfológicos e índices velocimétricos fueron calculados mediante la función “stat.desc” disponible en el paquete “Pastecs” (Grosjean & Ibanez, 2018). Las asociaciones entre la morfología y los índices velocímetros, y entre estos dos con los parámetros de función renal (BUN, creatinina y urea) fueron analizados por medio de modelos lineales no paramétricos usando la función `lm.rpp` (Linear model evaluation with randomized residuals in a permutation procedure), disponible en el paquete RRPP (Collyer and Adams 2018) en ambiente R. Adicionalmente se corrieron modelos lineales para determinar si la morfología y los índices velocimétricos cambian con el sexo y la edad.

7. RESULTADOS

En este estudio se incluyeron 20 caninos de raza Shih-Tzú, para un total de 40 riñones (n= 40) que fueron evaluados en forma independiente. En uno de los riñones no fue posible medir los índices velocimétricos por lo que 39 riñones fueron finalmente incluidos en el análisis estadístico. La población de estudio incluyó 12 machos (60%), con sólo 3 de ellos enteros, y 8 hembras (40%) todas castradas. La edad promedio de los animales fue de 175,5 semanas (3,4 años) (Tabla 3).

Sexo	n= 20	Estado reproductivo	Edad (semanas)
		Entero / Castrado	Min – Max, Promedio
Machos	12	3 / 9	42 – 322, 170,20
Hembras	8	0 / 8	26 – 326, 183,50
Total	20	3 / 17	26 – 326, 175,50

Tabla 3. Distribución de la muestra de acuerdo a la edad, sexo y estado reproductivos de los animales objeto del estudio.

7.1. Características morfológicas bidimensionales

La longitud renal promedio para la raza Shih-Tzú fue de 41,75 mm \pm 5,27, (64,00 \pm 15,0 parámetro de referencia tomado de Hayward, 2012; Mareschal et al., 2007; Matton & Nyland, 2015; Penninck & D'anjou, 2015),

el espesor cortical 4,90 mm \pm 1,30 y medular de 4,03 mm \pm 0,81, determinando a su vez, una relación corticomedular de 1,26 \pm 0,43 (Tabla 4 y Figura 9). El 95% de los riñones presentaron forma ovalada y solo el 5% presentó forma irregular (riñón izquierdo de dos hembras), así mismo, el 95% de los riñones fueron de margen lisa, y el 5% (n= 2) presentaron margen irregular (riñón izquierdo de dos hembras).

	Longitud total (mm)	Espesor Cortical (mm)	Espesor Medular (mm)	Relación corticomedular	Pelvis (mm)	Arteria Renal (mm)
Promedio \pm SD	41,75 \pm 5,27	4,90 \pm 1,31	4,03 \pm 0,81	1,26 \pm 0,43	1,26 \pm 0,38	2,51 - 0,68
Rango	33,30 - 52,50	2,90 - 9,00	2,70 - 6,20	0,77 - 2,79	0,80 - 3,00	1,50 - 4,80

Tabla 4. parámetros morfológicos bidimensionales del riñón de los caninos Shih-Tzú encontrados en el presente estudio.

La ecogenicidad cortical fue mucho más variable que la ecogenicidad medular; sin embargo, ningún riñón presentó ecogenicidad heterogénea medular (Tabla 5). Por otro lado, la médula renal fue en general más hipoecoica, no observándose ninguna médula con ecogenicidad heterogénea.

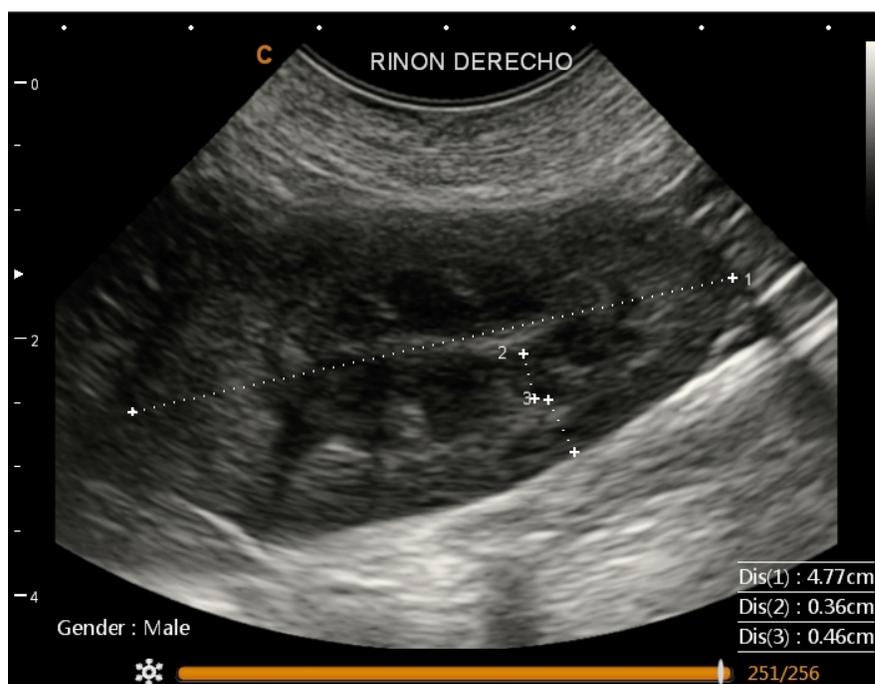


Figura 9. Imagen indicando las medidas bidimensionales en corte sagital de un riñón canino tomada durante este estudio.

Sexo	Ecogenicidad cortical				Ecogenicidad medular			
	Heter.	Hiper.	Hipo.	Iso.	Heter.	Hiper.	Hipo.	Iso.
Hembra (n=16)	10,0%	12,5%	7,5%	10,0%	0%	0%	32,5%	7,5%
Macho (n=24)	2,5%	30,0%	5,0%	22,5%	0%	5,0%	52,5%	2,5%
Total (n=40)	12,5%	42,5%	12,5%	32,5%	0%	5,0%	85,0%	10,0%

Tabla 5. Distribución de las ecogenicidades de acuerdo al sexo de los animales evaluados. Abreviaturas: Heter. = Heterogénea, Hiper = Hiperecoica, Hipo = Hipoecoica, Iso = Isoecoica.

En general, el diámetro de la arteria renal fue homogéneo. La vasculatura de los riñones de la raza Shih-Tzú es predominantemente de apariencia “anatómica” (94,90%, n=39), es decir, que sus vasos sanguíneos no presentan vasodilatación ni vasoconstricción (Tabla 6 y Figura 10). Del total de riñones analizados, el 5% (n=2) tenían como aspecto una vasculatura “vasodilatada”, y ninguno se encontró con “pocos vasos”. En cuanto al aspecto de la vasculatura interlobar, se observó que en el 89,7% (n=35) de los riñones tuvieron una presentación “normal”. No se encontraron diferencias significativas en los parámetros vasculares entre machos y hembras ($p>0,05$)

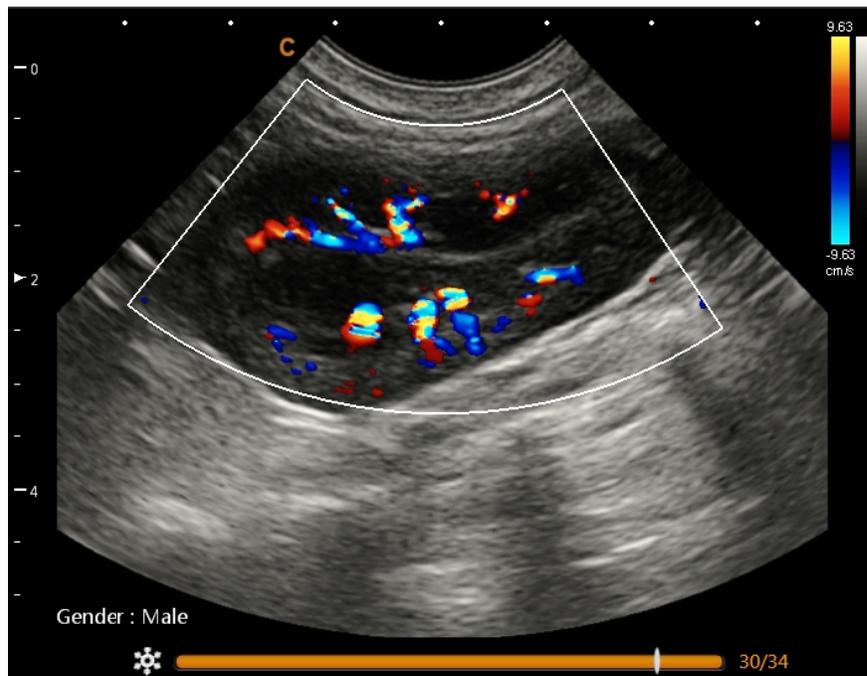


Figura 10. Aspecto vascular con Doppler color en corte sagital del riñón canino. Imágenes del estudio.

Sexo n=39	Aspecto de la Vasculatura			Vasculatura Interlobar		
	vasoconstruido	Anatómico	Vasodilatado	Reducido	Normal	Aumentado
Hembra (n=16)	0	15	1	1	14	1
Macho (n=23)	0	22	1	1	21	1
Total	0	37	2	2	35	2

Tabla 6. Distribución del aspecto y distribución de la vasculatura renal de caninos Shih-Tzú según el sexo.

Al comparar la longitud renal, espesor cortical, espesor medular, correlación corticomedular, pelvis y diámetro de la arteria renal se encontró que no existe diferencias significativas entre los riñones derechos con los riñones izquierdos ($P > 0,06$) (Tabla 7).

Parámetros morfológicos	Riñón derecho		Riñón izquierdo	
	Rango	Prom \pm SD	Rango	Prom \pm SD
Longitud renal	33,70 - 52,50	43,11 \pm 5,25	33,30 - 49,20	40,4 \pm 5,05
Espesor cortical	2,90 - 8,10	4,80 \pm 1,30	3,40 - 9,00	5,03 \pm 1,33
Espesor medular	2,70 - 6,20	3,89 \pm 0,87	2,90 - 5,50	4,17 \pm 0,72
Relación corticomedular	0,77 - 2,79	1,28 \pm 0,48	0,83 - 2,57	1,22 \pm 0,37
Espesor Pelvis	0,80 - 3,00	1,30 \pm 0,45	0,90 - 1,80	1,22 \pm 0,28
Diámetro arteria renal	1,50 - 4,50	2,50 \pm 0,67	1,90 - 4,80	2,52 \pm 0,70

Tabla 7. Rango, promedio (Prom) y desviación estándar (SD) de los parámetros morfológicos de riñones de caninos Shih-Tzú. Comparación entre parámetros del riñón derecho e izquierdo ($p > 0,06$).

Al correr los modelos lineales (ANOVA) se encontró diferencias estadísticamente significativas siendo mayor en machos la longitud renal ($P = 0,001$) (Figura 11), espesor renal ($P = 0,042$) (Figura 12), y diámetro de la arteria renal ($P = 0,019$) (Figura 13), mientras que para el espesor cortical y la amplitud de la pelvis renal no hubo diferencias estadísticamente significativas aún demostrando promedios mayores en machos versus hembras.

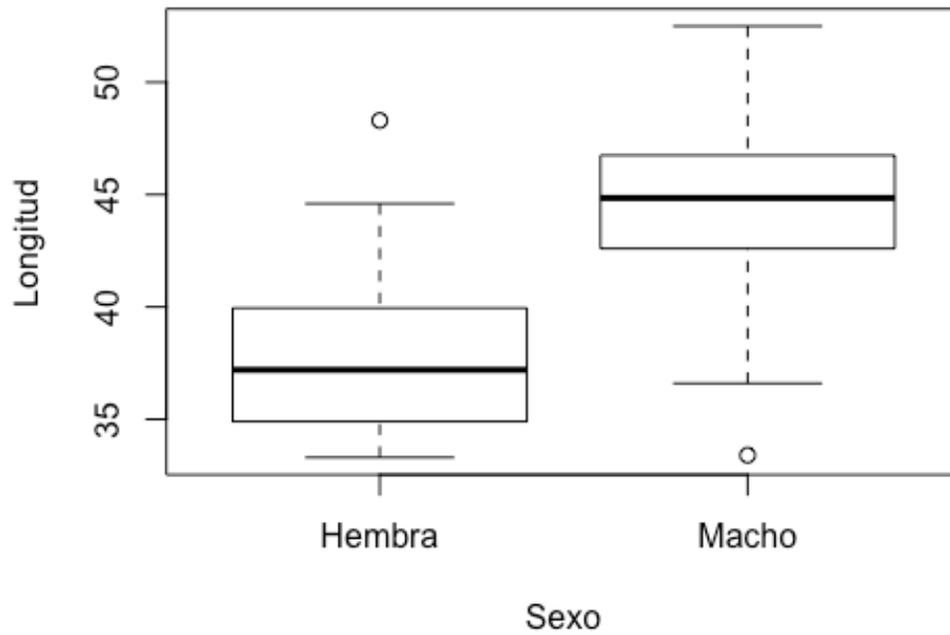


Figura 11. Distribución de la longitud renal de acuerdo al sexo.

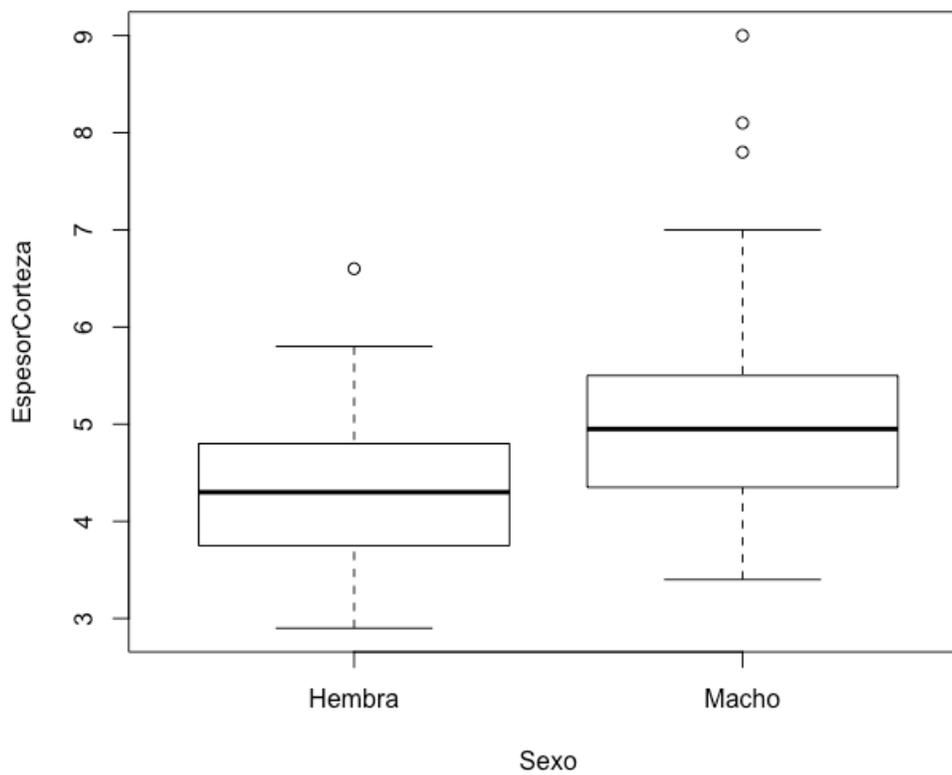


Figura 12. Distribución del espesor renal de acuerdo al sexo.

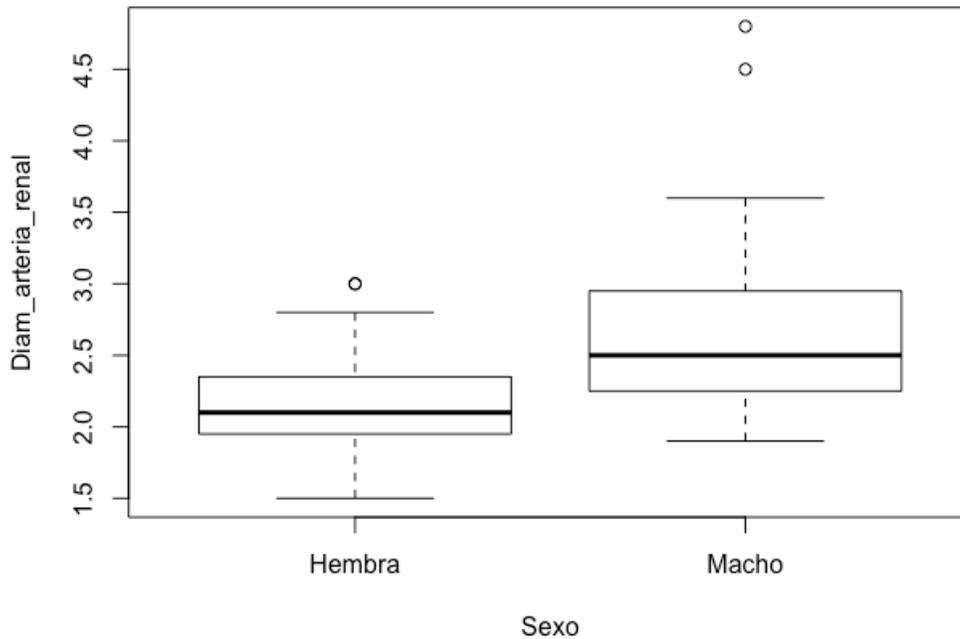


Figura 13. Distribución del diámetro de la arteria renal de acuerdo al sexo.

7.2. Parámetros velocimétricos de las arterias renales e interlobares

Los diferentes índices velocimétricos (VPS, ASI, IR e IP) de las arterias renales e interlobares (AR, AICr, AIM, AICa) se presentan en la tabla 8. No hubo diferencias significativas entre los riñones derechos e izquierdos, ni entre machos y hembras (ANOVA, $P > 0,05$). En cuanto a la edad, tampoco se encontraron asociaciones entre estos índices y la edad en meses de los animales (modelo lineal, $P > 0,05$).

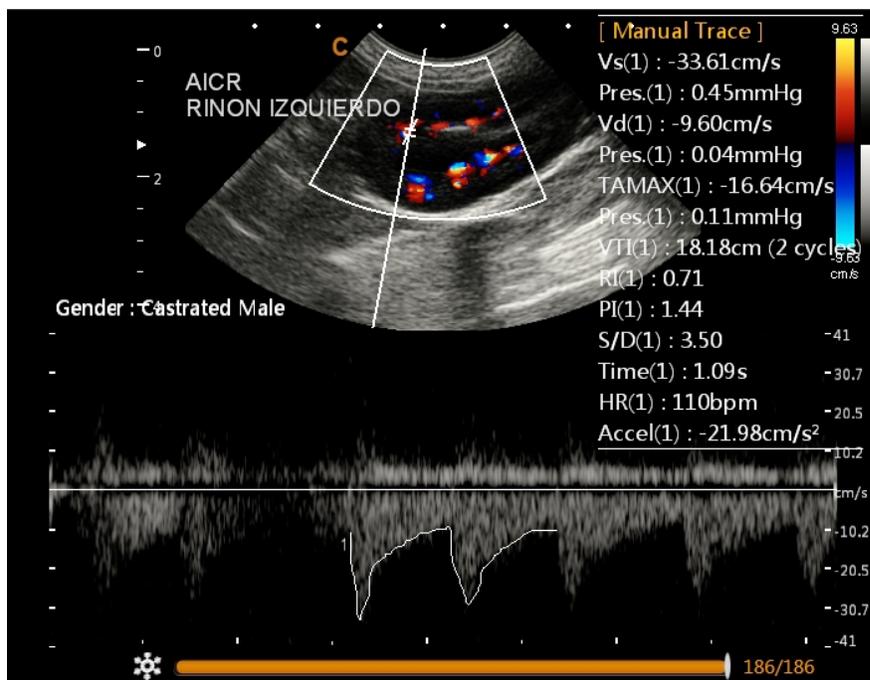


Figura 14. Forma de medición de los índices velocimétricos en el riñón canino. Imágenes del estudio.

Índices velocimétricos	AR	AICr	AIM	AICa	Valores de referencia
VPS	63,21 ± 20,29	31,07 ± 9,53	31,97 ± 8,99	34,23 ± 12,38	75,2 ± 22,0 ^a
ASI	75,79 ± 33,05	38,28 ± 20,26	40,14 ± 21,27	42,99 ± 21,5	N/R
IR	0,7 ± 0,07	0,68 ± 0,07	0,69 ± 0,08	0,7 ± 0,06	< 0,72 ^b
IP	1,41 ± 0,38	1,31 ± 0,32	1,33 ± 0,35	1,34 ± 0,21	< 1,52 ^b

Tabla 8. Promedio y desviación estándar de la velocidad pico sistólica (VPS), aceleración sistólica inicial (ASI), índice de resistencia (IR), e índice de pulsatilidad (IP) en la arteria renal (AR) y arteria interlobar craneal (AICr), arteria interlobar media (AIM) y arteria interlobar caudal (AICa). (N/R) valores de referencia no reportados. valores de referencia reportados según ^aKoma, Kirberger, & Scholtz, (2006); ^bNovellas et al., (2007).

7.3. Asociación de los parámetros morfológicos con los índices velocimétricos renales

Al evaluar posibles asociaciones entre los índices velocimétricos renales y las medidas morfométricas se encontró asociaciones directamente proporcionales entre: la velocidad pico sistólica de la arteria interlobar media y la longitud renal ($P=0,012$), el índice de resistencia de la arteria renal media y el espesor cortical ($P=0,03$), la velocidad pico sistólica de la arteria renal y el espesor medular ($P=0,02$), el índice de resistencia de la arteria renal y el diámetro de la arteria renal ($P=0,013$), y el índice de resistencia de la arteria interlobar media y el diámetro de la arteria renal ($P=0,024$). (Figura 14)

7.4. Relación entre las características morfológicas y velocimétricas con el estado de funcionamiento bioquímico renal

En la tabla 9 se resumen los resultados de las pruebas de bioquímica sanguínea realizada a los 20 caninos incluidos en el estudio.

Variables (n=20)	BUN	Urea	Creatinina
Promedio \pm SD	15,58 \pm 3,38	33,33 \pm 7,23	0,89 \pm 0,17
Rango	11,29 - 22,38	24,17 - 47,89	0,60 - 1,21
Valores de referencia	10,0-25,0	21,4-53,5	0,5-1,5

Tabla 9. Promedio y desviación estándar (SD) de los resultados de las pruebas bioquímicas y rango de mínimos y máximos de los resultados. Valores de referencia reportados según el laboratorio clínico.

Los valores encontrados en las pruebas bioquímicas de todos los animales estuvieron dentro de los parámetros normales. Al comparar los resultados de las pruebas bioquímicas con las medidas morfológicas y los índices velocimétricos, se hallaron asociaciones directamente proporcionales entre los valores de BUN y urea y la longitud renal ($P=0,001$), el espesor cortical ($P=0,005$), la relación corticomédular ($P=0,02$). También, entre el espesor de la medula y la creatinina ($P=0,03$).

8. DISCUSIÓN

El presente estudio describe parámetros morfológicos y velocimétricos renales encontrados en un grupo de caninos de la raza Shih-Tzú, usando ultrasonografía bidimensional y Doppler. Se encontró que las diferentes medidas cuantitativas para las dimensiones morfológicas renales se comportan de manera muy uniforme en los caninos de las raza Shih-Tzú del grupo estudiado. Este resultado era esperado puesto que se evaluaron animales de la misma raza. Cabe resaltar que en la actualidad no existe un método completamente confiable para el establecimiento del tamaño normal del riñón canino debido a la gran amplitud de tamaños corporales dentro de la especie (Matton & Nyland, 2015).

En el presente estudio, fue posible cuantificar la amplitud de la pelvis renal en la totalidad de los animales observados. Este resultado difiere de lo reportado por Webster, 2009, quien menciona que es frecuente encontrar una pelvis renal muy estrecha y de difícil medición. Según esto, la imposibilidad de medir el espesor de la pelvis renal se ha establecido como parámetro normal. Por otro lado, las medidas obtenidas en el presente estudio no sobrepasaron en ninguno de los animales los 3 a 4 mm señalados como límite superior normal de amplitud pélvica según Matton & Nyland (2015).

En el presente estudio, la relación corticomedular estimó que la corteza renal en los Shih-Tzú es 1,23 veces el tamaño de la médula. Según Penninck & D'anjou (2015), la corteza y la médula renal deben tener una proporción 1:1, hasta 1:2. Los factores que hayan contribuido a que en la raza Shih-Tzú la corteza sea ligeramente más gruesa que la médula renal, sin clínica evidente de enfermedad renal, son desconocidos. Aumento de grosor de la corteza renal, asociado con el aumento de la ecogenicidad cortical, se ha asociado a patologías como: Insuficiencia renal aguda (IRA), nefrocalcinosis, o incremento de la ecogenicidad de la porción superficial de la corteza renal (Matton & Nyland, 2015; Penninck & D'anjou, 2015). En el presente estudio, esta diferencia entre la corteza y la médula renal podría interpretarse como una variación específica de la raza, sin embargo, esto debe

tomarse con cautela, puesto que no se realizaron evaluaciones histopatológicas de los riñones.

En cuanto a la forma del riñón, se observó que de manera muy homogénea, una forma ovalada lo que es compatible con lo previamente establecido para la especie canina (Webster, 2009).

En el presente estudio, las ecogenicidades cortical y medular renal se ajustaron en gran medida a lo reportado para la especie (Bragato et al., 2017; Matton & Nyland, 2015). Sin embargo, se encontró una ligera heterogeneidad en los resultados, con mayor presencia de cortezas isoecoicas al órgano de referencia (hígado para riñón derecho y bazo para riñón izquierdo) que pueden ser explicadas por: alteraciones técnicas en la adquisición de las imágenes (artefactos técnicos), alteraciones en los órganos de referencia o alto contenido celular en la corteza renal (nefritis)(Bragato et al., 2017). Por otro lado, se ha demostrado que en gatos puede haber incremento en la ecogenicidad cortical debido a la infiltración vacuolar grasa, aspecto que podría ser objeto de futuras investigaciones en caninos (Hayward, 2012).

Por otro lado, llama la atención que el 10,0% de los riñones evaluados presentaron una médula isoecoica a la corteza. Esto podría definirse como una pérdida de la definición corticomedular, similar a las que se presenta en casos de displasia renal, enfermedad renal crónica y falla renal terminal. Sin embargo, en perros de razas pequeñas se puede encontrar un incremento en la ecogenicidad medular sin que este asociado a una enfermedad renal (Hart et al., 2013). Se considera como una limitante para el presente estudio la ausencia de estudios histopatológicos que confirmen o descarten lo planteado anteriormente.

Las diferencia encontradas entre machos y hembras en variables como longitud renal, espesor cortical y el diámetro de la arteria renal pueden ser explicadas por muestra heterogénea con una mayor cantidad de machos que de hembras. Factores como el peso, condición corporal, estado de hidratación como variables externas que podrían haber influenciado en este resultado. En humanos, el riñón es más largo en el hombre, probablemente debido al mayor tamaño corporal. En ratones, la aplicación exógena de testosterona causa hipertrofia celular y, por lo tanto, se ha

reportado un aumento del tamaño renal. En los gatos no existe una diferencia significativa entre el tamaño renal en los machos frente a las hembras, pero se encontró una proporción más alta en los gatos enteros que en los castrados. En los perros machos, los riñones son ligeramente más grandes que en las hembras (Lobacz et al., 2012)

En este estudio, la edad tampoco reviste una importancia significativa que determine la variación de estos parámetros. Cabe anotar que la muestra aquí utilizada representa caninos adultos jóvenes y la presentación de enfermedades renales es menos esperada. Estudios futuros que incluyan animales mayores de 9 años podrían ayudar a determinar si los resultados de este estudio persisten en pacientes geriátricos. De otra parte, no se encuentran diferencias estadísticas entre los parámetros de los riñones izquierdos de los derechos.

Los índices velocimétricos establecidos en el presente estudio, arrojaron como resultado cifras que corresponden a lo esperado para la especie, Índice de resistencia $0,62 \pm 0,04$, índice de pulsatilidad $1,15 \pm 0,15$ (Novellas et al., 2007) (Szatmári, Sótonyi, & Vörös, 2001), determinando que no existen diferencias significativas al comparar los resultados con el sexo de los animales, queda abierta la posibilidad investigativa para establecer los valores de ASI para la especie.

Al realizar modelos lineales de los índices velocimétricos (VPS, ASI, IR e IP) de las diferentes arterias (AR, AICr, AIM, AICa) con la edad de los animales, no se hallan criterios estadísticos para correlacionar estos dos parámetros ($P > 0,05$). Sin embargo, la potencia estadística es débil por lo que estudios futuros que incluyan mayor cantidad de pacientes podría ayudar a clarificar este aspecto.

Los valores bioquímicos de marcadores de funcionamiento renal permitieron asociar los resultados de estos con los diferentes parámetros morfológicos y velocimétricos. Estableciendo que existe una directa correlación entre la longitud, espesor cortical y espesor medular y los resultados de bioquímica. Este resultado toma importancia al establecer que las alteraciones o cambios presentados en parámetros morfológicos, pueden aportar información predictiva de la condición funcional de los riñones en la raza, y por que no, en la especie. Queda abierta la posibilidad investigativa.

El presente estudio tiene varias limitaciones como son el tamaño de la muestra, la heterogeneidad de la muestra, la imposibilidad de obtener aspirados por aguja fina y/o biopsias renales para correlacionar la imagen ecográfica con la citología o histopatología, aspecto que ofrecería información definitiva respecto al estado de los tejidos renales y por ende de su funcionamiento. Por último, el hecho de incluir un solo observador para ser el encargado de obtener las imágenes, impidiendo realizar comparaciones intra y entre observadores. Estudios futuros en los cuales se tengan en cuenta y se mejoren estos parámetros podría arrojar resultados diferentes.

9. CONCLUSIONES

Con la descripción de los parámetros morfométricos renales bidimensionales en la raza Shih-Tzú, se pudo corroborar que los hallazgos del presente estudio coinciden en su gran mayoría con los reportados por otros autores para otras razas de la especie canina; sin embargo, se encontraron parámetros como la longitud renal, el espesor cortical y el espesor medular que no coinciden con las descripciones de normalidad para la especie.

A pesar de que se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre longitud renal, diámetro de la arteria renal espesor cortical de machos y hembras, no es posible determinar la razón con los datos obtenidos en este estudio. Así mismo, no hubo diferencias entre el riñón derecho y el izquierdo.

De acuerdo a los resultados del presente estudio, se cumple la hipótesis nula dos (Ha2) (Tabla 1), en la que se plantea que los caninos de la raza Shih-Tzú presentan algunas variaciones en la estructura morfológica sin que estas se relacionen con alguna alteración del flujo sanguíneo, ni de la función renal.

10. REFERENCIAS

- Barella, G., Lodi, M., Sabbadin, L. A., & Faverzani, S. (2012). A new method for ultrasonographic measurement of kidney size in healthy dogs. *Journal of Ultrasound*, 15(3), 186–191.
- Barr, F. J., Holt, P. E., & Gibbs, C. (1990). Ultrasonographic measurement of normal renal parameters. *Journal of Small Animal Practice*, 31(4), 180–184.
- Bragato, N., Borges, N. C., & Fioravanti, M. C. S. (2017). B-mode and Doppler ultrasound of chronic kidney disease in dogs and cats. *Veterinary Research Communications*, 41(4), 307–315.
- Bushberg, J. T. (2013). *The Essential Physics of Medical Imaging*. (M. Mahadevappa, Ed.) (Third). Doody's Review Service.
- Carvalho, C.F.; Jericó, M. M. (2014). *Ultrassonografia em pequenos animais*. Sao Paulo: Roca.
- Carvalho, C. F. (2009). *Ultrassonografia Doppler em Pequenos Animais*. (C. F. Carvalho, Ed.) (1ª ed). São Paulo: Roca.
- Carvalho, C. F., Chammas, M., & Cerri, G. (2008). Princípios físicos do Doppler em ultra-sonografia. *Ciência Rural*, 38(3), 872–879.
- Carvalho, Cibele F., & Chammas, M. C. (2011). Normal Doppler velocimetry of renal vasculature in Persian cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13(6), 399–404.
- Carvalho, Cibele Figueira, Cerri, G. G., & Chammas, M. C. (2009). Dopplervelocimetric evaluation of portal vein as a diagnostic tool for portosystemic shunt diagnosis in dogs. *Ciência Rural*, 39, 1433–1437.
- Dennis, R., Kirberger, R. M., Barr, F., & Wrigley, R. H. (2010). *Handbook of Small Animal Radiology and Ultrasound*. *Handbook of Small Animal Radiology and Ultrasound*. Elsevier Ltd.
- Evans, H. E., & de Lahunta, A. (2013). *Miller's anatomy of the dog*. (Saunders, Ed.).
- Finco, D. R., Stiles, N. S., Kneller, S. K., Lewis, R. E., & Barrett, R. B. (1971). Radiologic estimation of kidney size of the dog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 159(8), 995–1002.

- Gough, A., Thomas, A., & O'Neill, D. (2018). *Breed predispositions to disease in dogs and cats: Third Edition. Breed Predispositions to Disease in Dogs and Cats: Third Edition.* Wiley Blackwell.
- Grosjean, P., & Ibanez, F. (2018). pastecs: Package for Analysis of Space-Time Ecological Series. R package version 1.3.21.
- Hangiandreou, N. J. (2003). IMAGING & THERAPEUTIC TECHNOLOGY AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Topics in US B-mode US: Basic Concepts and New Technology 1. *RadioGraphics*, 23, 1019–1033.
- Hart, D. Vander, Winter, M. D., Conway, J., & Berry, C. R. (2013). Ultrasound appearance of the outer medulla in dogs without renal dysfunction. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 54(6), 652–658.
- Hayward, N. (2012). *BSAVA Manual of Canine and Feline Ultrasonography. Journal of Small Animal Practice* (Vol. 53).
- Koma, L. M., Kirberger, R. M., & Scholtz, L. (2006). Doppler ultrasonographic changes in the canine kidney during normovolaemic anaemia. *Research in Veterinary Science*, 80(1), 96–102.
- Lobacz, M. A., Sullivan, M., Mellor, D., Hammond, G., Labruyère, J., & Dennis, R. (2012). Effect of breed, age, weight and gender on radiographic renal size in the dog. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 53(4), 437–441.
- Mantis, P., & Lamb, C. R. (2000). Most dogs with medullary rim sign on ultrasonography have no demonstrable renal dysfunction. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 41(2), 164–166.
- Mareschal, A., D'Anjou, M. A., Moreau, M., Alexander, K., & Beaugard, G. (2007). Ultrasonographic measurement of kidney-to-aorta ratio as a method of estimating renal size in dogs. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 48(5), 434–438.
- Matton, J., & Nyland, T. G. (2015). *Small Animal Diagnostic Ultrasound.* (J. S. Matton & T. G. Nyland, Eds.) (3th ed.). Elsevier.
- Meyers, S. (2015). Dyce, Sack, and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy, 5th Edition, 1–13.
- Mitchell, S. K., Toal, R. L., Daniel, G. B., & Rohrbach, B. W. (1998). Evaluation of

- renal hemodynamics in awake and isoflurane-anesthetized cats with pulsed-wave doppler and quantitative renal scintigraphy. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 39(5), 451–458.
- Morrow, K. L., Salman, M. D., Lappin, M. R., & Wrigley, R. (1996). Comparison of the resistive index to clinical parameters in dogs with renal disease. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 37(3), 193–199.
- Novellas, R., Espada, Y., & De Gopegui, R. R. (2007). Doppler ultrasonographic estimation of renal and ocular resistive and pulsatility indices in normal dogs and cats. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 48(1), 69–73.
- Penninck, D., & D'anjou, M.-A. (2015). *Atlas of Small Animal Ultrasonography*. (D. Penninck & M.-A. D'anjou, Eds.) (2°). WILEY Blackwell.
- R Core Team. (2019). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Rivers, B. J., Walter, P. A., Polzin, D. J., & King, V. L. (1997). Duplex doppler estimation of intrarenal pourcelot resistive index in dogs and cats with renal disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine / American College of Veterinary Internal Medicine*, 11(4), 250–260.
- Szatmari, V. (2001). Normal Duplex Doppler Waveforms of Major Abdominal Blood Vessels in Dogs: a Review. *Veterinary Radiology & Ultrasound*.
- Szatmári, V., Sótonyi, P., & Vörös, K. (2001). Normal duplex Doppler waveforms of major abdominal blood vessels in dogs: A review. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 42(2), 93–107.
- Vargas, A., Amescua, L., Bernal, A., & Pineda, C. (2008). Principios Físicos Básicos del Ultrasonido, Sonoanatomía del Sistema Musculoquelético y Artefactos Ecográficos. *Acta Ortopédica Mexicana*, 22(6), 361–373.
- Webster, N. (2009). Ultrasonography of the urogenital tract in dogs and cats. *In Practice*, 31(5), 210–217.
- Wood, A. M. P. (1990). Ultrasonographic-anatomic correlation and an imaging protocol of the normal canine kidney. *American Journal of Veterinary Research*, 51(1), 103–108.
- Zubarev, A. V. (2001). Ultrasound of renal vessels. *Eur Radiol*, 11(2001), 1902–

1915.

11. APENDICES

Apéndice 1. Consentimiento informado utilizado en este estudio.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Investigación en animales de compañía o mascotas

Esta propuesta ha sido revisada y aprobada por Comité de Ética para la Experimentación con Animales de la Universidad de Antioquia, cuya tarea es velar por el bienestar de los animales. Si usted desea averiguar más sobre este Comité, escriba al correo cicuanimal@udea.edu.co y/o comuníquese al número de teléfono 219 6612.

Este formulario de **Consentimiento informado** se dirige a propietarios o responsables caninos de raza Shih-Tzú que se les invita a participar de la investigación.

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN
Determinación de la velocidad, aceleración sistólica inicial, índices de resistencia y pulsatilidad de las arterias renales mediante ecografía Doppler en perros Shih-Tzú en Medellín y Área Metropolitana

DATOS DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL		
Nombre	Correo electrónico	Teléfono
Luis Fernando Suárez Gallego	fernando.suarez@udea.edu.co	300-8464172

Yo, _____ identificado con cédula de ciudadanía No. _____ de _____ como propietario o responsable de:

DATOS DE LA MASCOTA O ANIMAL DE COMPAÑÍA	
Especie	
Raza	
Sexo	
Nombre	
Edad:	

He sido invitado para que mis animales o los animales a mi cargo participen en la investigación.

Que se hará
Entiendo que se le realizará un estudio ultrasonográfico y una toma de muestra de sangre para el análisis de creatinina sérica, BUN y urea.

Duración
Las pruebas y toma de muestras tomará un tiempo máximo de 2 horas. No será necesario visitas de control o revisión.

Muestras

He sido informado de que las muestras a tomar pueden incluir: sangre completa (5 mililitros).
He sido informado que las muestras se van a descartar al finalizar el estudio.

Molestias

He sido informado de que las molestias pueden incluir:

- Irritación en la zona depilada.
- Hematoma subcutáneo en lugar de la venopunción.
- Hemorragia escasa en lugar de venopunción.

Riesgos

He sido informado de que los riesgos son mínimos y pueden incluir hemorragia. Que los cuidados en el caso de que ocurran son presión en la zona de venopunción. Que el responsable de este cuidado es el M.V. Luis Fernando Suárez Gallego. Y que con los recursos con los que se dispone son Todos los necesarios para controlar la posible hemorragia.

Beneficios

Sé que no hay beneficio económico para mí, pero que si tendré acceso a los resultados de los exámenes realizados para conocer el estado de salud de mi mascota.

Responsables (s)

Se me ha proporcionado el nombre de un investigador responsable y que puede ser fácilmente contactado usando la información que se me han dado.

Confidencialidad

Los datos obtenidos serán almacenados en hojas de calculo para su posterior procesamiento estadístico y podrán tener acceso a ellos los investigadores del presente estudio.

He leído la información proporcionada o me la han leído.

He tenido la oportunidad de preguntar sobre la investigación y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado.

Me han proporcionado una copia del consentimiento informado

Como propietario o responsable, consiento voluntariamente que mi mascota o animal de compañía participar en esta investigación y entiendo que tengo el derecho de retirarla en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera su cuidado médico veterinario y/o zootecnista.

Firma del propietario o responsable: _____

Dirección: _____

Teléfono fijo o celular: _____

Correo electrónico: _____

Se crea en _____ el día _____ del mes de _____ de 2019.