



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Point of Care Ultrasound (POCUS) aplicado a la anestesia, el periodo perioperatorio y los cuidados intensivos. Diseño de un protocolo para su aplicación en la especie canina.

Point of Care Ultrasound (POCUS) for anesthesia, perioperative period and intensive care. Design of a protocol for its application in the canine species.

Autor/es

Eider Zarate Jubeto

Director/es

Alicia Laborda García

Facultad de Veterinaria

2019/2020

Índice

1	Resumen.....	1
2	Abstract	1
3	Introducción	2
3.1	<i>Historia de la ecografía a pie de cama o Point-of-care ultrasound (POCUS).....</i>	<i>2</i>
3.2	<i>Protocolo FORESIGHT en medicina humana</i>	<i>4</i>
3.2.1	Sondas ecográficas que se utilizan en el protocolo FORESIGHT	4
3.2.2	Evaluación del aparato respiratorio	4
3.2.2.1	Evaluación de hallazgos compatibles con neumotórax	5
3.2.2.2	Evaluación ecográfica del derrame pleural	6
3.2.2.3	Evaluación del parénquima pulmonar.....	7
3.2.2.4	Control de la correcta intubación endotraqueal	7
3.2.3	Evaluación del sistema circulatorio.....	8
3.2.3.1	Vistas paraesternales cardíacas y métodos de evaluación de la contractilidad	8
3.2.3.2	Vistas apicales cardíacas	11
3.2.3.3	Vista subxifoidea	13
3.2.3.4	Evaluación de la variación de la integral de velocidad respecto al tiempo (IVT) ...	14
3.2.3.5	Acceso vascular	14
3.2.4	Evaluación abdominal.....	15
3.2.4.1	FAST	15
3.2.4.2	Control del ayuno preoperatorio	16
3.2.5	Medición del nervio óptico para el control de la presión intracraneal	16
3.3	<i>Ultrasonografía realizada por no especialistas en veterinaria de pequeños animales</i>	<i>17</i>
4	Justificación y Objetivos.....	19
5	Metodología	20
6	Resultados y discusión: Propuesta de protocolo FORESIGHT en veterinaria.....	20
6.1	<i>Sondas ecográficas para en el protocolo FORESIGHT veterinario.....</i>	<i>21</i>
6.2	<i>Evaluación del aparato respiratorio</i>	<i>21</i>
6.2.1	Evaluación de hallazgos compatibles con neumotórax	22
6.2.2	Evaluación ecográfica del derrame pleural.....	23
6.2.3	Evaluación del parénquima pulmonar	24
6.2.4	Control de la correcta intubación endotraqueal	24
6.3	<i>Evaluación del sistema circulatorio.....</i>	<i>26</i>
6.3.1	Vistas cardíacas y métodos de evaluación de la contractilidad	27
6.3.2	Vistas subxifoidea	30
6.3.3	Estado del volumen intravascular y mecanismo de hipotensión	31
6.3.4	Evaluación de la variación de la integral de velocidad respecto al tiempo (IVT).....	31
6.3.5	Acceso vascular	31
6.4	<i>Evaluación abdominal</i>	<i>32</i>
6.4.1	FAST.....	32
6.4.2	Control del ayuno preoperatorio	32
6.5	<i>Control de la presión intracraneal</i>	<i>33</i>
7	Conclusiones.....	35

8	Conclusions.....	36
9	Valoración personal	36
10	Bibliografía	37

1 Resumen

La tecnología ecográfica ha ido mejorando hasta convertirse en una herramienta diagnóstica irremplazable, ya que se trata de una técnica no invasiva, a tiempo real y puede realizarse en cualquier lugar sin causar efectos nocivos. Por ello, su uso ha ido extendiéndose en distintas especialidades como en la reproducción, la anestesia o en la traumatología. Pero, además, en medicina humana cada vez es más frecuente que personal no especializado se forme en su utilización mediante métodos simplificados como el FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma, Triage and Tracking) o el FORESIGHT (Focused PeriOperative Risk Evaluation Sonography Involving Gastro-abdominal, Hemodynamic, and Trans-thoracic Ultrasound). En veterinaria en cambio, el único protocolo disponible es el FAST, por ello el objetivo de este trabajo es trasladar el protocolo FORESIGHT, dirigido a especialistas en anestesia, a la especie canina. Para ello, se ha realizado una búsqueda bibliográfica a través de bases de datos, buscadores y libros especializados. Tras este primer paso, se ha realizado un borrador que ha sido analizado por especialistas en ecografía y anestesia para evaluar la utilidad de cada uno de los puntos de la adaptación del protocolo. El resultado, es una guía práctica de ecografía clínica para utilizarse en el periodo perioperatorio, que evalúa de forma sistemática una serie de patologías concretas asociadas a las complicaciones anestésicas más frecuentes en veterinaria. Como conclusión, en este trabajo se ha analizado la importancia de la ecografía como herramienta diagnóstica rápida y su aplicación en la monitorización perioperatoria en la especie canina. Se trata de un primer paso para la posible publicación de la guía FORESIGHT-VET que debería validarse clínicamente para su aplicación estandarizada en medicina veterinaria.

2 Abstract

Ultrasound technology has been improved to become an irreplaceable diagnostic tool, as it is a non-invasive, real-time technique that can be performed anywhere without causing harmful effects. Therefore, its use has become widespread in different specialties such as reproduction, anesthesia and traumatology. Furthermore, in human medicine, it is increasingly common for non-specialist personnel to be trained in its use through simplified methods such as FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma, Triage and Tracking) or FORESIGHT (Focused PeriOperative Risk Evaluation Sonography Involving Gastro-abdominal, Hemodynamic, and Trans-thoracic Ultrasound). In veterinary medicine, however, the only protocol available is FAST, for this reason the goal of this study is to transfer the FORESIGHT protocol, aimed for anesthesia specialists, to the canine species. First, a bibliographic search was carried out using databases, search engines and specialized books. With the gathered insight, a draft was generated to be

analyzed by specialists in ultrasound and anesthesia, to evaluate the use of each point of the suggested new protocol. The result is a practical guide of clinical ultrasound for its use in the perioperative period that systematically evaluates a series of specific pathologies associated with the most frequent anesthetic complications in veterinary medicine. As a conclusion, this project has analyzed the importance of ultrasound technology as a rapid diagnostic tool and its application in perioperative monitoring in the canine species. This is a first step towards the possible publication of the FORESIGHT-VET guide that should be clinically validated for standardized application in veterinary medicine.

3 Introducción

3.1 Historia de la ecografía a pie de cama o Point-of-care ultrasound (POCUS)

El primer ecógrafo vio la luz en 1950, aunque no fue hasta 1960 cuando se empezó a usar de forma limitada, principalmente para uso experimental. Este instrumento presentaba diversas barreras que le impedían extender más su uso; como su complejidad, su tamaño, la necesidad de sumergir en agua el sujeto a ecografiar, la dificultad en la interpretación de las imágenes que creaba y las limitadas regiones que podían ser ecografiadas. En la década de los 70, la ecografía comenzó a adaptarse a distintas especialidades. A principio de los 80, hubo mejoras en la tecnología hasta llegar la ecografía a tiempo real, que permitía ver imágenes ecográficas sin retraso entre la generación de la señal y la aparición de la imagen. Antes de que se obtuviese la ecografía a tiempo real, los ultrasonidos solo se usaban en los pacientes más graves o urgentes, siendo impensable su uso *in situ* o a pie de cama (Kendall, Hoffenberg, y Smith, 2007).

En los años 80 y 90 se trabajó para mejorar los ecógrafos, obteniendo instrumentos más pequeños, rápidos y portátiles. Hubo importantes avances como las sondas multifrecuencia, sondas anales y vaginales, y la introducción del Doppler color. Estas mejoras permitieron el uso a pie de cama. Al mismo tiempo que mejoraba la tecnología ecográfica, estaba produciéndose una mejora parecida en la aplicación clínica. Desde finales de 1980 hasta 1990, se realizaron varias investigaciones en Japón, Asia, Estados Unidos y Alemania evaluando la utilidad de la ecografía en pacientes traumatizados, especialmente para detectar hemoperitoneos y hemopericardios. Estos estudios terminaron creando la descripción de *Focused Assessment with Sonography for Trauma*, más conocida como la técnica FAST. La descripción de esta técnica supone una revolución en el uso de la ecografía, puesto que se crea un protocolo para que la ecografía sea utilizada por médicos no ecografistas, y se comienza a formar profesionales médicos específicamente para el uso de técnicas concretas sin ser especialistas en diagnóstico por imagen (Kendall, Hoffenberg y Smith, 2007).

Los ecógrafos dejan de ser material específico de un área separada del hospital donde hay que remitir a los pacientes, y los centros médicos comienzan a poner esta tecnología a disposición de internistas, intensivistas y anestesistas, para la realización de diagnósticos rápidos y para ayudarse en diversos procedimientos terapéuticos (ej. punciones ecoguiadas), sin la necesidad de recurrir al especialista (Whitson y Mayo, 2016).

El American College of Surgeons National Ultrasound comienza a crear varios cursos para que los cirujanos, especialistas en urgencias e intensivistas practiquen y apliquen la ecografía en distintas ocasiones. En conclusión, el protocolo FAST es el primer examen para víctimas de traumatismos aplicado por cirujanos y médicos de urgencias y se convierte en el protocolo *standard* de ecografía de urgencias (Kendall, Hoffenberg y Smith, 2007).

Recientemente, en la misma línea, en el diagnóstico médico se ha empezado a obtener más información sobre el paciente a través de la ecografía mediante la técnica *point-of-care ultrasound* (POCUS), traducido al español como ecografía en el punto de atención, ecografía a pie de cama o ecografía clínica. Se trata de una modalidad que ha emergido para facilitar las evaluaciones prediagnósticas. La técnica POCUS se basa en el uso de ecógrafos portátiles *in situ*, a pie de cama, para fines diagnósticos y terapéuticos (Ramsingh et al., 2019) por profesionales médicos formados para el uso de estas técnicas, pero no especialistas en diagnóstico por imagen. En los últimos años la técnica POCUS, se ha extendido a partir de las áreas de cuidados intensivos, urgencias y quirúrgicas, a otras especialidades como la medicina de familia y la anestesia, y hoy en día está claro que la ecografía tiene el potencial de ayudar al médico, en contextos perioperatorios (Ramsingh et al., 2015).

Esto enfatiza la utilidad del P-POCUS para los anestesistas. En 2015, se publicó un plan de estudio denominado Focused PeriOperative Risk Evaluation Sonography Involving Gastro-abdominal, Hemodynamic, and Trans-thoracic Ultrasound (FORESIGHT), como una estrategia eficaz para la educación en P-POCUS. Este proyecto buscó abordar las limitaciones del P-POCUS con los siguientes objetivos: en primer lugar, para que los sanitarios entrenen el protocolo FORESIGHT a través de una plataforma en línea gratuita y de acceso abierto; en segundo lugar, lanzar un servicio clínico P-POCUS para mejorar la calidad de atención; en tercer lugar, evaluar la precisión del diagnóstico, a través de la sensibilidad del P-POCUS y en cuarto lugar comparar la precisión del diagnóstico de P-POCUS con la precisión del diagnóstico tradicional (Ramsingh et al., 2019).




3.2 Protocolo FORESIGHT en medicina humana

La formación de los anestelistas para la realización de bloqueos nerviosos y accesos vasculares ecoguiados hace que se comiencen a introducir los ecógrafos portátiles en el ámbito perioperatorio. Parece entonces lógico el desarrollo de nuevos protocolos para sacar el máximo partido a estos equipos y poder formar a gente no especializada con conocimientos técnicos específicos de algunas patologías, con el objetivo de diagnosticarlas con la mayor brevedad posible. El protocolo FORESIGHT consiste en obtener imágenes correspondientes a las siguientes cuatro áreas: el sistema respiratorio, donde se evalúan enfermedades pulmonares, del espacio pleural y se verifica la correcta posición del tubo endotraqueal; el circulatorio, donde se valoran algunas alteraciones cardiacas y hemodinámicas, y el acceso al sistema vascular; una evaluación abdominal, en busca de líquido libre y contenido gástrico y por último, el sistema nervioso central, para tomar una medida indirecta de la presión intracraneal. En la página web foresightultrasound.com realizada por la Facultad de Anestesiología de la Universidad de Loma Linda está disponible todo el protocolo paso por paso, pero en este trabajo resumiremos los puntos más importantes.

3.2.1 Sondas ecográficas que se utilizan en el protocolo FORESIGHT

En la siguiente tabla (*Tabla 1*) se pueden ver las sondas del ecógrafo que se utilizan en medicina humana para la obtención de las imágenes.

Tabla 1- Sondas utilizadas en el protocolo FORESIGHT, mostrando su frecuencia (MHz) y profundidad de alcance (cm).

Tipo de sonda	Sonda de ecocardio ("phased array")	Convex	Lineal
Imagen			
Frecuencia	3-5-5 MHz	4-7 MHz	10-27 MHz
Profundidad	8 a >20 cm	8-20 cm	<8 cm

3.2.2 Evaluación del aparato respiratorio

En el área respiratoria, el protocolo FORESIGHT de medicina humana se centra en buscar hallazgos que pueden indicar que el paciente padezca neumotórax o derrame pleural y la evaluación del parénquima pulmonar. Como valoración complementaria, se evalúa la correcta posición del tubo endotraqueal.

3.2.2.1 Evaluación de hallazgos compatibles con neumotórax

Utilizando la sonda lineal en la región torácica anterior, colocandola entre dos espacios intercostales hasta obtener la imagen denominada como signo del murciélago (*Figura 1*). Se verán; a ambos lados las dos costillas con sus sombras acústicas (alas del murciélago), en la parte superior del monitor se verá la capa muscular, justo debajo estará el tejido subcutáneo celular y entre ambas costillas se verá una línea hiperecogénica que pertenecerá a la línea pleural (la cabeza o lomo del murciélago) (López-Prats et al., 2018).

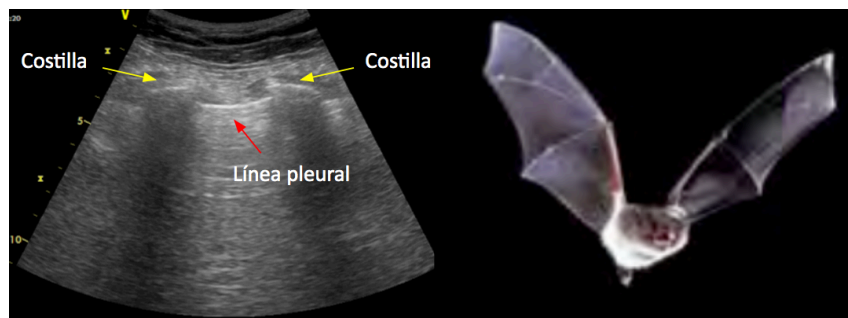


Figura 1- Signo del murciélago (Modificada a partir de López-Prats et al., 2018)

La presencia de deslizamiento pleural en este examen excluye el diagnóstico de neumotórax. En casos de pacientes que lo padecen, el deslizamiento pleural estará ausente pero este hallazgo no confirma el neumotórax, ya que puede ocurrir por diversas causas. A la hora de observar este desplazamiento pleural el personal puede encontrarse con dificultades, el modo M puede ayudar en estos casos, ya que si no hay deslizamiento se observará un patrón lineal que se conoce como “signo de código de barras” (López-Prats et al., 2018). La ausencia de deslizamiento pleural es una prueba específica, 88,8%, pero poco sensible; aunque aumenta con el aumento de volumen de neumotórax (Hwang et al., 2018). Otra imagen con la que puede descartarse el neumotórax es al observar lo que se conoce como “pulso pulmón”, porque las pulsaciones cardíacas transmitidas solo pueden verse si no hay neumotórax o aire que separe las capas pleurales (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020; López-Prats et al., 2018). En casos en los que las pleuras estén adheridas, transmitirán el impulso del latido cardíaco y en modo M se podrá observar un patrón lineal-lineal con zonas granulares puntuales por debajo de la línea, que representa la pleura, que coincidirán con el latido cardíaco (López-Prats et al., 2018). Esta prueba en cambio es menos específica que la anterior, 77,7%, y también aumenta su sensibilidad con el aumento del volumen del neumotórax (Hwang et al., 2018). Asimismo, existe un signo con 100% de especificidad, es el conocido como “punto pulmón” (Hwang et al., 2018; López-Prats et al., 2018). Es un signo específico de neumotórax y se trata de la zona de transición entre la zona con y sin neumotórax (López-Prats et al., 2018). Esto da

como resultado que la pantalla muestra la mitad de la imagen con un pulmón deslizante y colas de cometa, mientras que en la otra mitad de la imagen muestra una ausencia de deslizamiento pulmonar o una pleura parietal fija sin colas de cometa. Siguiendo el punto pulmón por toda la pared torácica el personal puede hacerse una idea del alcance del neumotórax (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020).

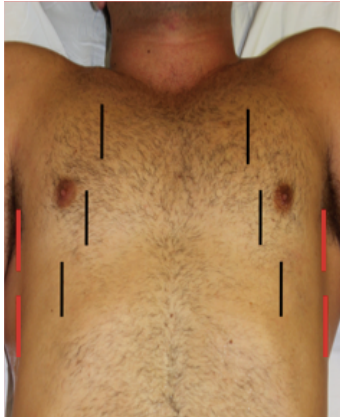


Figura 2- Localizaciones donde posicionar la sonda en la evaluación de neumotórax en medicina humana. (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020).

Posición del paciente en medicina humana y colocación de la sonda.

Paciente en decúbito supino. Hay que tener en cuenta que si el paciente se encuentra en otra posición, es importante ecografiar la parte superior, ya que es donde irá el aire. La sonda más recomendada es la lineal y se situará en posición de las 12 en punto en las localizaciones que se ven en la *Figura 2*. Se posiciona de forma que se ecografíe entre las costillas, quedando una costilla a cada lado del monitor. Se escanean 5 ubicaciones en cada pulmón, 3 en la zona anterior (rayas negras de la *Fig. 2*) y 2 en los laterales (rayas rojas de la *Fig. 2*).

3.2.2.2 Evaluación ecográfica del derrame pleural

Colocando la sonda como en el anterior apartado, si la pleura se encuentra en buen estado se verá con un grosor de 0,2-0,4 mm y de apariencia como una línea brillante hiperecogénica entre la pared costal y el artefacto del aire del pulmón. En cambio, si la distancia entre el pulmón y la pared torácica posterior en la base del pulmón es superior a 5 cm, se puede predecir que padece efusión pleural y se puede drenar al menos 500 mL de líquido pleural de forma segura. También puede calcularse el volumen de la efusión pleural mediante esta formula: Volumen (mL)= 16 x diámetro (mm).

Posición del paciente en medicina humana y colocación de la sonda. En decúbito supino o sentado. En la primera posición, puede examinarse los mismos puntos del examen del neumotórax, marcados como líneas rojas en la *Figura 2*, que nos proveerán de la mayoría de información. La posición sentada permite cuantificar la gravedad de la efusión evaluando la distancia entre el diafragma y el parénquima pulmonar. Pueden utilizarse tanto la sonda convex como la de ecocardio, ya que ambas tienen baja frecuencia que permite adecuar la profundidad de penetración del haz.

3.2.2.3 Evaluación del parénquima pulmonar

Se ha demostrado que el tejido pulmonar produce formas de imágenes ecográficas distintas según cuánto aire hay en él. Específicamente, cuando el contenido de aire disminuye (como en el edema pulmonar o cualquier enfermedad pulmonar intersticial) se crea un desajuste acústico necesario para reflejar el haz de ultrasonido y aparece un hallazgo de ultrasonido característico. Este reflejo del rayo crea algunos artefactos de reverberación de cola de cometa, llamados líneas B o cometas pulmonares. Una línea B es una imagen discreta, vertical, hiperecoica, similar a un láser, que surge de la línea pleural, se extiende hasta la parte inferior de la pantalla sin desvanecerse y se mueve sincrónicamente con la respiración. Cuando el contenido de aire disminuye aún más, como en las consolidaciones pulmonares, el pulmón puede visualizarse directamente como un parénquima sólido, como el hígado o el bazo.

Posición del paciente en medicina humana y posición de la sonda: la posición supina generalmente permite la mayor parte del examen del tejido pulmonar. El examen completo del parénquima pulmonar puede ser muy complicado, pero un examen básico en los 6 mismos puntos marcados como líneas negras (*Fig. 2*) que se utilizan para evaluar el neumotórax puede proporcionar la mayor parte de la información. Sonda convex o sonda de ecocardiografía.

3.2.2.4 Control de la correcta intubación endotraqueal

La intubación esofágica es una de las mayores causas de accidentes que provocan la muerte o daños neurológicos. Tradicionalmente, la confirmación de la correcta colocación del tubo se ha realizado visualmente comprobando que se ha introducido en la laringe. Sin embargo, la visualización resulta difícil en los casos que es complejo intubar (Herrería-Bustillo et al., 2016). Otro método que se considera estándar o (prueba de oro) en medicina humana, es la observación de la onda del capnógrafo (Adi, Chuan y Rishya, 2013). La guía de Soporte Vital Cardiovascular Avanzado (SVCA) del 2010 recomendaba esta técnica como la más fiable en medicina humana (Neumar et al., citado en Chou et al., 2011). Pero esta prueba también tiene sus limitaciones, cuando el gasto cardíaco es extremadamente bajo o en los primeros instantes del RCP o en casos en los que ha fracasado el RCP, el CO₂ exhalado (EtCO₂) es bajo o no detectable, lo que hace que el capnógrafo no sea útil (Herrería-Bustillo et al., 2016). Otros estudios, plantean utilizar técnicas como la observación de condensación en el tubo (Kelly et al., 1998), la auscultación del epigastrio o la auscultación pulmonar (DeBoer, Seaver, y Arndt, 2003) aunque ninguna de ellas sea concluyente. Hay varios estudios donde se hace uso de la ecografía para comprobar la correcta colocación del tubo endotraqueal (Díaz Águila, 2017; Akhgar et al.,

2019; Adi, Chuan y Rishya, 2013; Chou et al., 2011; Park et al., 2009). Esto es debido a que el POCUS detecta de forma fiable la intubación traqueal satisfactoria e identifica la intubación esofágica no deseada con una sensibilidad y especificidad del 100%.

Obtención de la imagen: Se utiliza la sonda lineal transversalmente en la parte anterior del cuello, justo arriba de la escotadura supraesternal antes de la intubación. Cuando el tubo endotraqueal pasa por la tráquea se verá una sombra hiperecogénica, en cambio cuando se realiza una intubación esofágica por error es más llamativo porque se visualiza como el tubo abre el esófago. También puede ecografiarse tras la intubación, de forma que si se visualiza aire (en forma de sombra hipoecogénica) dentro del esófago, el paciente estará intubado de forma incorrecta. En cambio, si solo se ve aire en la tráquea, la intubación será correcta.

3.2.3 Evaluación del sistema circulatorio

La ecografía es una excelente herramienta para examinar la función cardíaca y hemodinámica del paciente. En este apartado se valoran distintos cortes del corazón, pero también de otras estructuras que nos pueden ayudar a evaluar el estado de volemia del paciente y las distintas causas de hipotensión, dando especial importancia a la distinción entre diversos estados de shock.

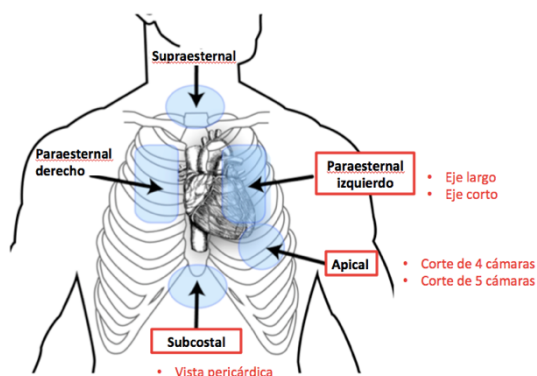


Figura 3- Ventanas en ecocardiografía. Se muestran en rojo las ventanas y vistas que se emplearán en el protocolo FORESIGHT. (Modificada a partir de Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020).

Una ecocardiografía transtorácica completa evalúa 5 ventanas (supraesternal, paraesternal derecha e izquierda, apical y subcostal) y 20 vistas. Para el protocolo FORESIGHT emplearemos 3 ventanas y 6 vistas (indicadas en rojo en la *Figura 3*).

Como punto adicional, por pertenecer al sistema circulatorio, se han incluido en este apartado los accesos vasculares, la única parte de este protocolo que no está orientada al diagnóstico o la confirmación diagnóstica de patologías, sino a la realización de un procedimiento.

3.2.3.1 Vistas paraesternales cardíacas y métodos de evaluación de la contractilidad

En la ventana paraesternal, el plano del ultrasonido es perpendicular a las estructuras cardíacas lo que permite verlas con gran resolución. Por ello, los exámenes cardíacos suelen empezar

desde esta posición. En este protocolo se emplean dos vistas de la ventana paraesternal izquierda: el eje largo y el eje corto.

- Vista paraesternal en eje largo del ventrículo izquierdo (vista longitudinal)

La vista paraesternal en eje largo del ventrículo izquierdo (VI), como puede observarse en la *Figura 4*, permite evaluar el tamaño de la aurícula izquierda (AI), estructura de la válvula mitral (no su flujo), tamaño/forma/contracción del VI, estructuras de la válvula aórtica (sin flujo) y aorta ascendente, y tamaño/forma/contracción del VD. Resulta especialmente importante el tamaño de la AI, que se trata de un marcador de presiones telediastólicas elevadas del VI. Al ser un recipiente de almacenamiento del VI, cualquier situación en la que la presión telediastólica del VI esté elevada se transmitirá a la AI. La AI manejará este aumento de presión dilatándose para poder contener más volumen. Desde esta vista, se puede medir el diámetro de la AI y determinar si está dilatada. Una medición de más de 5 cm se considera una alteración cardíaca severa.

Esta vista también permite calcular la fracción de acortamiento, que nos permitirá valorar la contractibilidad cardíaca. Esta se realizará tomando una imagen en modo M a través del VI a nivel papilar y comparando el diámetro interno del VI al final de la diástole (VIDd) con el diámetro del VI al final de la sístole (VISd), todo ello dividido por VIDd y multiplicado por 100. De esta forma, se obtiene la diferencia de diámetros y se conoce la contractilidad del ventrículo izquierdo. El valor fisiológico de la fracción de acortamiento está entre 25-45%.

Posición de la sonda: Sonda de ecocardiografía, 3º-4º espacio intercostal, lado izquierdo del esternón con el indicador de la sonda apuntando hacia las 10 en punto o hacia el hombro derecho.

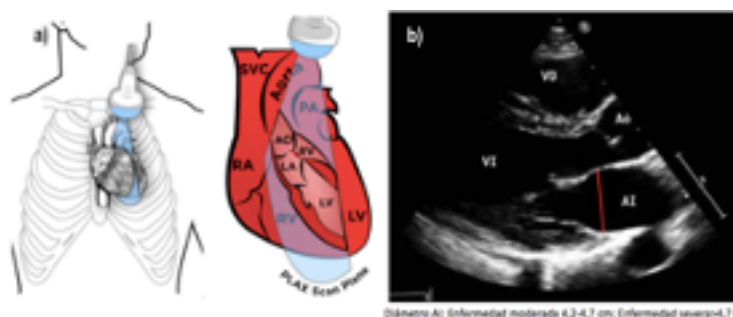


Figura 4- a) Posición para la obtención de la vista paraesternal izquierda eje largo (longitudinal), b) Imagen ecográfica obtenida. (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020).

- Vista paraesternal en eje corto del ventrículo izquierdo (vista transversal)

Esta vista (*Figura 5*) permite examinar la contractilidad y los diámetros de ambos ventrículos, además de detectar anomalías regionales en el movimiento de la pared. El VI puede ser ecografiado a distintos niveles: a nivel basal, que atravesaría lo más cercano al atrio; a nivel papilar y a nivel apical (corte más distal del atrio).

Especialmente importantes son las medidas del VI al final de la diástole, ya que representan el llenado del corazón izquierdo y puede indicar el estado de volemia del paciente. Cabe destacar que, aunque esta modalidad puede ayudar a predecir el volumen del VI, no indica una respuesta al volumen. Además, estas proyecciones también se pueden utilizar para evaluar la contractilidad cardíaca, midiendo el cambio del diámetro del VI desde la diástole a la sístole. Un diámetro telediastólico del VI de menos de 3,5 cm en la vista a nivel papilar, es un marcador de un estado hipovolémico grave.

Puede calcularse el cambio de área fraccional (CAF) que indicará la contractibilidad del miocardio: $CAF = (\text{Área diastólica final} - \text{área sistólica final}) / \text{área diastólica final} \times 100$. Teniendo en cuenta que el valor fisiológico de CAF es $>50\%$ y el volumen del VI de $8-14 \text{ cm}^3$, si este último es menor a 8 cm^3 el VI estará disminuido y si es mayor a 14 cm^3 estará dilatado.

Posición de la sonda: 3^º-4^º espacio intercostal, lado izquierdo del esternón con el indicador hacia las 2 en punto o hacia el hombro izquierdo. Para la toma de medidas telediastólicas del VI y cálculo del CAF se debe ajustar la posición de la sonda de forma que se obtenga una buena visión del nivel medio papilar. Apuntando hacia la cabeza, se visualizará la válvula mitral seguida de la aórtica, y hacia los pies, se verá el ápice del VI. Para verificar que la sección transversal es correcta, es necesario asegurarse de que los dos músculos papilares son iguales en tamaño.

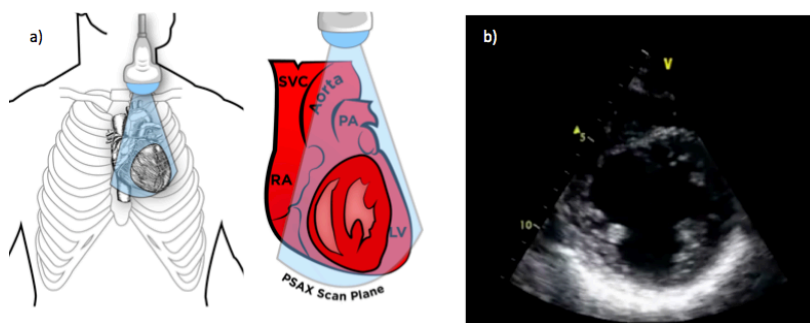








Figura 5- a) Posición de la sonda para la obtención de la vista longitudinal paraesternal izquierda (eje largo), b) Imagen ecográfica obtenida. (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020)

Con estos dos parámetros, el diámetro telediastólico del VI y el CAF, podemos distinguir entre los tipos más importantes de shock, lo que resulta de gran interés en anestesia y el periodo perioperatorio, ante un estado de shock hipotensivo (*Tabla 2*).

Tabla 2- Tipos de shock según el tamaño del ventrículo izquierdo y el cambio de área fraccional. (Modificada a partir de Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020)

TIPOS DE SHOCK	DTDVI	DTSVI	CAF	Diástole	Sístole
Shock Cardiogénico	↑↑↑↑	↑↑↑↑	↓↓↓↓		
Shock Hipovolémico	↓↓↓↓	↓↓↓↓	↑↑↑↑		
Shock Vasogénico	N	↓↓	↑↑		

DTDVI, diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo; DTSVI, diámetro teledistólico del ventrículo izquierdo y CAF, cambio de área diastólica fraccional.

3.2.3.2 Vistas apicales cardíacas

La ventana apical es empleada para evaluar enfermedades valvulares mediante Doppler. Esto es gracias a que el haz del Doppler es paralelo al flujo sanguíneo de las válvulas mitral, tricúspide y aórtica. Además de la evaluación de las válvulas cardíacas, las vistas apicales permiten: 1) evaluación de la función diastólica, 2) evaluación del tamaño y función del VD, 3) evaluación del movimiento de la pared segmentaria del VI, 4) evaluación de trombos en VI y 5) evaluación del tamaño de la AI y AD. Puede hacerse uso de Doppler de onda continua para evaluar la estenosis de las válvulas cardíacas y el Doppler pulsado para disfunciones diastólicas.

Se realizan dos vistas para obtener toda la información posible de esta ventana. Estas vistas son la vista de cuatro cámaras y la vista de cinco cámaras

1.- Cuatro cámaras. Esta es la mejor vista para evaluar la competencia de las válvulas mitral y tricúspide. Se recomienda evaluar en primer lugar la imagen 2D de las válvulas tanto estructuralmente como su movilidad. Después puede aplicarse el Doppler color en el área que se desee evaluar el reflujo de las válvulas y también puede utilizarse para examinar las posibles estenosis.

De forma secundaria, esta vista puede utilizarse también para valorar la función diastólica del VI, midiendo el grado de dilatación de la AI, similar a la vista longitudinal paraesternal izquierda. Además, podemos evaluar el movimiento sistólico de la pared libre del ventrículo derecho, el tabique interventricular y la pared lateral izquierda.

La comparación entre las dimensiones de ambos ventrículos es una buena forma de evaluar la función ventricular. El diámetro interno del VD no debe ser más de 2/3 del tamaño del VI, ni excederse más de 2/3 del ápex del VI. Además, si la pared interventricular muestra un VD aplanado o con forma de D puede indicar insuficiencia cardiaca del VD.

Esta vista permite evaluar también la funcionalidad del VD, que puede realizarse de tres formas. En primer lugar, observando el área de cambio fraccional del VD (ACFD) entre la diástole y la sístole, siendo >30% el valor fisiológico. El segundo método, consiste en observar el movimiento del anillo tricúspide en sístole, midiendo la distancia del anillo tricúspide al tracto de salida del VD, y comparando la medida en diástole y sístole. La función normal es un cambio de más de 1,6 cm. Finalmente, se puede usar el Doppler de onda de pulso para evaluar la velocidad de movimiento del anillo tricúspide en la sístole. La señal de onda de pulso se coloca directamente en la parte lateral del anillo tricúspide y se mide la velocidad del movimiento del tejido hacia la sonda durante la sístole. La velocidad fisiológica es > 15 cm/seg.

Posición de la sonda: Sonda de ecocardiografía. Zona izquierda del tórax buscando el punto de máximo latido, 6º espacio intercostal o un espacio intercostal por debajo del pezón izquierdo (Fig. 6). El indicador de la sonda debe apuntar a las 2-3 h.

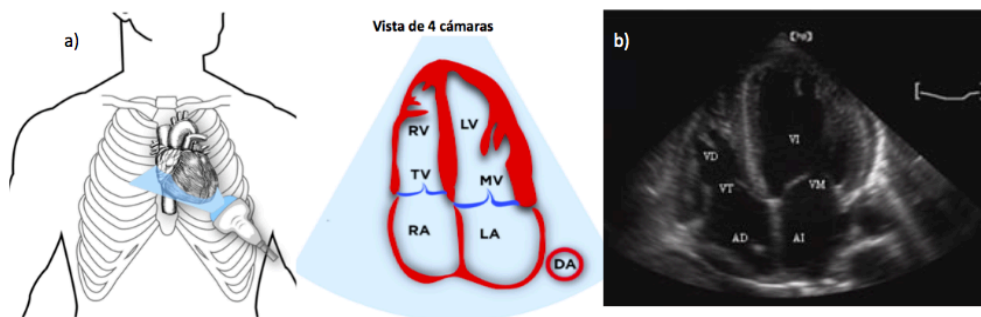


Figura 6- a) Posición de la sonda para la obtención de la vista de 4 cámaras y estructuras que se visualizan; RV, Ventrículo derecho; TV, Válvula tricúspide; RA, atrio izquierdo; LV, ventrículo izquierdo; MV, válvula mitral y LA, atrio izquierdo. b) Imagen ecográfica obtenida. (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020)

2.- Vista de 5 cámaras (5C): Al alterar la angulación del transductor de modo que el haz de ultrasonido tenga un ángulo más anterior hacia la pared torácica, se obtiene una vista de 5 cámaras. Específicamente, esto se hace disminuyendo el ángulo entre la sonda y la piel. La quinta "cámara" no es una cámara en absoluto, sino más bien es la imagen conglomerada del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI), la válvula aórtica y la aorta ascendente. Esta vista es útil para evaluar la estenosis aórtica (EA) y la insuficiencia aórtica (IA).

Esta vista también puede ser útil para monitorizar la variación de la integral velocidad-tiempo en el trato de salida del ventrículo izquierdo, como se explica en el *punto 3.2.3.4*.

Posición de la sonda: Sonda de ecocardiografía. Colocarse en la misma posición de la vista de 4 cámaras y girar la sonda hacia la zona anterior, hasta visualizar el tracto de salida de la aorta (*Figura 7*).

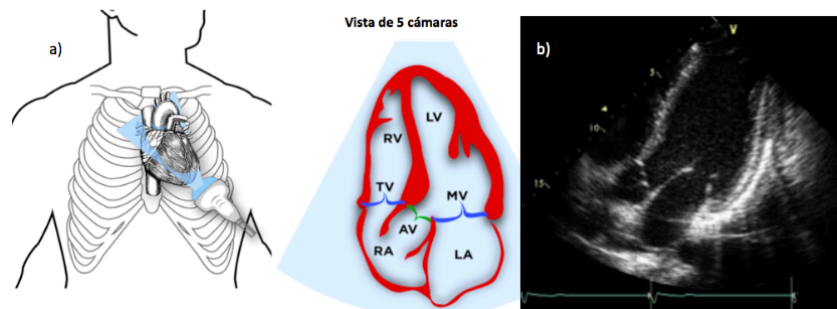


Figura 7- a) Posición de la sonda para la obtención de la vista 5 cámaras y estructuras que se visualizan; RV, Ventrículo derecho; TV, Válvula tricúspide; RA, atrio izquierdo; LV, ventrículo izquierdo; MV, válvula mitral; LA, atrio izquierdo y AV, válvula aórtica. b) Imagen ecográfica obtenida. (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020)

3.2.3.3 Vista subxifoidea

Esta vista permitirá obtener imágenes del pericardio y es la mejor vista para poder diagnosticar posibles derrames o efusiones pericárdicas. Girando la sonda 90°, también permitirá visualizar la vena cava inferior (VCI) y poder calcular el índice de colapsabilidad.

El diámetro de la VCI se correlaciona con la presión de los principales vasos que llegan al corazón y con la presión del sistema venoso (PVC). Esto se evalúa midiendo el diámetro de la VCI en una imagen estándar 2D o en modo M. En condiciones fisiológicas, la colapsabilidad de la VCI cambia como consecuencia de los cambios en la presión pleural por la respiración. En caso contrario, sugiere que la PVC es anormalmente alta.

Obtención de la Imagen: Sonda *phased array* o convex, debajo de la apófisis xifoidea (*Figura 8a*), casi paralela a la superficie de la piel, con el indicador dirigido a la posición de las 3 en punto. Para visualizar la VCI, la imagen se obtiene mediante una rotación de 90 grados en el sentido contrario de las agujas del reloj del transductor, haciendo que el indicador apunte hacia las 12 h (*Figura 8b*).

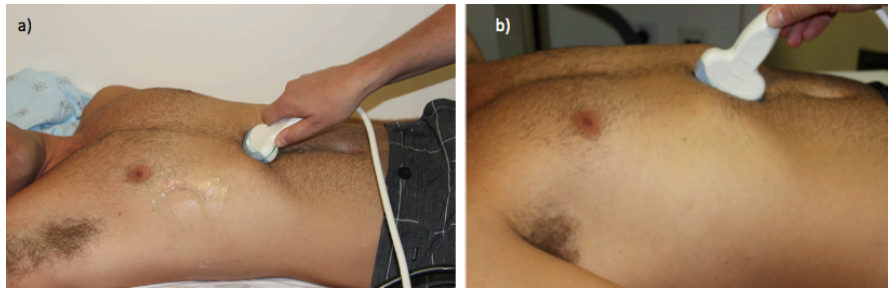


Figura 8- Posición para la obtención de vistas subxifoideas: a) para identificar derrames pericárdicos, b) para visualizar la vena cava inferior. (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020)

3.2.3.4 Evaluación de la variación de la integral de velocidad respecto al tiempo (IVT)

Para evaluar la capacidad de respuesta a la administración de fluidos en un paciente hipotenso, se puede utilizar una medición ecográfica. El flujo sanguíneo que transcurre a través de una válvula o arteria cardíaca puede ser medido por una onda Doppler que cuantifica la velocidad de cada latido. Esta forma de onda, generada por el ultrasonido Doppler se llama integral de velocidad respecto al tiempo (IVT). En otras palabras, IVT es la suma de las velocidades de los glóbulos rojos a medida que son expulsados con cada ciclo cardíaco, por lo que representa el volumen de eyección de cada ciclo cardíaco. Al monitorizar la variación en la IVT durante la inspiración y la espiración, cuando el paciente está siendo ventilado mediante presión positiva intermitente, se puede determinar qué pacientes son sensibles a los fluidos. Específicamente, una variación de IVT mayor al 12% sugiere que la persona es sensible a los fluidos.

Obtención de la imagen: Pueden obtenerse desde dos vistas:

- Vista apical de 5 cámaras (ver *punto 3.2.3.2*) realizando la medición con la sonda de ecocardiografía en el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI): Se coloca la sonda con Doppler de onda de pulso (PW) o en forma de onda continua (CW) en el centro del TSVI adyacente a la válvula aórtica. El cursor se coloca sobre la válvula aórtica y debe moverse unos pocos milímetros hacia el TSVI.
- Arteria periférica: La sonda de ultrasonido se coloca sobre una arteria principal (radial, braquial, femoral y/o carótida) de tal manera que el flujo de sangre sea lo más paralelo posible al haz de ultrasonido.

3.2.3.5 Acceso vascular

Tener acceso vascular es un procedimiento habitual y necesario para los médicos. Sin embargo, puede resultar complicado en pacientes crónicos u obesos. Además, la proximidad de estructuras como las grandes arterias del cuello o tórax, así como el vértice del pulmón da como

resultado complicaciones al realizar un cateterismo subclavio o yugular interno. La ecografía puede mejorar el acceso vascular de muchas maneras: proporciona conocimiento de la ubicación exacta de los vasos, permite la detección de variaciones anatómicas, ayuda a evitar las venas con trombosis preexistente, ayuda a identificar los vasos ocluidos, ayuda a posicionar la guía y el catéter correctamente tras la inserción inicial de la aguja, reduce los intentos de punción venosa y, finalmente, reduce las complicaciones generales.

Obtención de la imagen: Sonda lineal. Se debe minimizar la profundidad de forma que el vaso esté en medio del monitor y ajustar la ganancia para que la sangre se vea anecogénica.

Para distinguir entre venas y arterias, se puede presionar la zona con el ecógrafo y se verá como se colapsan las venas, pero no las arterias. Puede también usarse el color Doppler para distinguirlos, ya que la arteria tendrá un flujo pulsátil y la vena en cambio, presentará menor flujo, pero más continuo.

El acceso vascular puede conseguirse ecografiando desde la vista transversal o longitudinal. Desde la vista transversal, el transductor estará perpendicular al vaso de forma que el vaso se verá como un círculo. Esta vista, tiene la ventaja de poder observar las estructuras de alrededor pero no puede verse la aguja en toda su longitud. En cambio, desde la vista longitudinal puede observarse toda la aguja, pero sin poder ver las estructuras de alrededor.

3.2.4 Evaluación abdominal

3.2.4.1 FAST

El propósito de la ecografía a pie de cama en pacientes traumatizados es identificar rápidamente líquido (generalmente sangre) en los espacios peritoneal, retroperitoneal, pericárdico o pleural.

Se ha demostrado que el examen FAST puede detectar de forma muy fiable > 200 ml de líquido en las cavidades corporales. En la ecografía, el líquido es inicialmente anecoico, aumenta su ecogenicidad a las 2-4 h debido a la formación de coágulos y vuelve a verse más hipoeico tras la instauración de mecanismos fibrinolíticos (12-24h). El líquido libre adopta formas angulosas, en lugar de la forma circular típica de estar contenido por órganos o estructuras huecas, y se forma alrededor del intestino y las vísceras. Como regla general, el volumen de 150 mL líquido libre es equivalente a 1 cm de espacio hipoeico.

Como el protocolo FAST es ya un protocolo consensuado de uso común en veterinaria, no explicaremos aquí el utilizado en medicina humana. En el *punto 3.3* se resumen los protocolos AFAST y TFAST en veterinaria.

3.2.4.2 Control del ayuno preoperatorio

La aspiración de contenido gástrico puede ser una complicación perioperatoria grave asociada con una alta mortalidad y morbilidad.

Obtención de la imagen: En medicina humana se toman imágenes con el transductor convex y el paciente en decúbito supino y decúbito lateral derecho, obteniéndose con este último mediciones más sensibles. En ambas posiciones se obtienen ecografías donde la sección sagital del antro sea más pequeña y se mide el diámetro anteroposterior (AP) y craneocaudal (CC). Con estos dos diámetros mediante una fórmula se consigue el área de la sección ($CSA = (AP \times CC \times \pi) \times 4$). Dependiendo la sección, se sabe en qué estado está el estómago: si el área de sección es de 4 cm² o menor, indica que el estómago se encuentra vacío; si es de 10 cm², indica que hay un volumen entre 100 y 240 mL. En cambio, si es mayor a 10 cm², indicará que hay contenido de alrededor de 300 mL. También se han desarrollado otras fórmulas, para calcular el volumen, teniendo en cuenta el peso o la altura junto con la edad de la persona:

Volumen (mL) = $1199,99 + 483,09 \times \log(CSA \text{ supino}) - 5,84 \times \text{edad} - 9,94 \times \text{altura}$

Volumen (mL) = $-372,54 + 282,49 \times \log(CSA \text{ lateral}) - 1,68 \times \text{peso}$

3.2.5 Medición del nervio óptico para el control de la presión intracraneal

La presión intracraneal elevada puede ser una complicación mortal del traumatismo craneal agudo, pero desafortunadamente resulta muy difícil detectar el incremento de presión con solo un examen físico y su diagnóstico suele realizarse a través de tomografía computarizada (TC). Esta técnica presenta varias desventajas como mover al paciente de lugar, teniendo en cuenta que en muchas ocasiones esto no es posible durante la inestabilidad hemodinámica aguda (Blaivas et al., citado en Smith et al., 2017; Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020).

Recientemente, se ha sugerido utilizar la técnica POCUS para medir el diámetro del nervio óptico y usarlo como indicador de una elevada presión intracraneal. Hay estudios que han demostrado una sensibilidad del 98,6% y especificidad del 92,8%.

El nervio óptico está cubierto con una vaina de paquimeninge; la duramadre, y leptomeninge; aracnoides y piamadre (Lahunta, Glass y Kent, citado en Smith et al., 2017). Entre las vainas y el nervio se encuentra el compartimento subaracnoideo, contiguo al compartimento intracraneal, que contiene líquido cefalorraquídeo dentro de las trabéculas y los tabiques. En la hipertensión intracraneal, debido a la falta de distensibilidad cerebral hay desplazamiento de líquido cefalorraquídeo al espacio subaracnoideo, lo que hace que el espacio dentro de la vaina del nervio óptico se agrande. Si el aumento es bilateral y simétrico sugiere que padece hipertensión intracraneal, en cambio si ocurren cambios en el diámetro del nervio óptico de forma unilateral y asimétrico es más probable que sea un problema en el nervio óptico (Smith et al., 2017).

El límite superior fisiológico del diámetro del nervio óptico es de 5 mm en adultos, 4,5 mm para niños de entre 1-15 años, y de 4 mm en bebés de hasta 1 año.

Obtención de la imagen: Transductor de alta frecuencia transversalmente al párpado con el indicador hacia las 9 horas. Se debe apuntar en dirección caudal, de forma que la sonda quede a 60-70° respecto al párpado. Se tomará la medida 3 mm detrás del disco óptico.

3.3 Ultrasonografía realizada por no especialistas en veterinaria de pequeños animales

En veterinaria, la ecografía se utiliza en el día a día por personal no especializado con distintos objetivos como el de realizar bloqueos locorreregionales, confirmar la gestación o guiar una cistocentesis. Pero para realizar exámenes ecográficos más completos se necesita formación. En 2004, el Dr. Søren Boysen tradujo la guía práctica FAST de medicina humana a veterinaria (Boysen y Lisciandro, 2013). Ello abrió fronteras para la realización de exámenes ecográficos más completos por personal no especializado mediante la formación a través de la guía (Lisciandro, 2013). El protocolo FAST tiene como objetivo examinar la presencia de líquido libre en abdomen, cavidad pericárdica o pleural. La utilidad del protocolo se basa en la generalización de que la acumulación de líquido libre relacionada con un traumatismo refleja una lesión interna y la acumulación de líquido libre no relacionada con el trauma refleja otra patología. Se distinguen el protocolo FAST de abdomen o AFAST y el TFAST en el que se examina el tórax. Aunque para este último hace falta más experiencia que para AFAST (Lisciandro, 2011).

Para realizar el AFAST es recomendable que el paciente esté en decúbito lateral derecho y puede

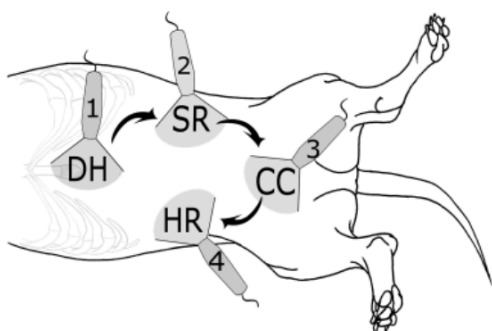


Figura 9- Esquema de las 4 localizaciones del AFAST y en la dirección en la que se realiza. Diafragmático-hepático (DH), Espleno-Renal (SR), Cisto-Cólico (CC) y Hepato-Renal (HR). (Lisciandro, 2013).

utilizarse tanto el transductor linear como el convex con frecuencia de 5-10 Hz. Se ecografarán 4 puntos del abdomen (*Figura 9*):

- En primer lugar, la vista Diafragmático-hepático (DH): la sonda se colocará caudal a la apófisis xifoidea realizando cortes longitudinales ya que se colocará la marca del transductor hacia la cabeza del perro de forma que el haz se dirija también hacia allí. En esta vista el objetivo será ver líquido libre, zonas anecogénicas, que suele verse entre el diafragma y el hígado y/o entre los lóbulos hepáticos. Además, se puede tener acceso a la cavidad torácica y al espacio pericárdico pudiendo identificar efusiones.

- La segunda localización es la Espleno-Renal (SR): la sonda se posicionará en el flanco izquierdo colocada longitudinalmente, con la marca hacia la cabeza, de forma que estará paralela a la columna vertebral y caudal al arco costal. Se buscará visualizar el bazo y el riñón izquierdo en el mismo corte, además se podrá observar la cavidad retroperitoneal.

- En la localización Cisto-Cólico (CC): la sonda se posiciona sobre la región urinaria por el lado derecho y dirigido hacia la mesa. Se buscan zonas anecogénicas entre el ápex de la vejiga y la pared ventral.

- En la localización Hepato-Renal (H-R): la sonda se coloca en el flanco derecho ventral al ombligo, en la zona craneal al abdomen medio. En esta vista se suelen visualizar asas intestinales y se busca fluido por ser la zona más declive y dependiente de la gravedad por la posición del perro.

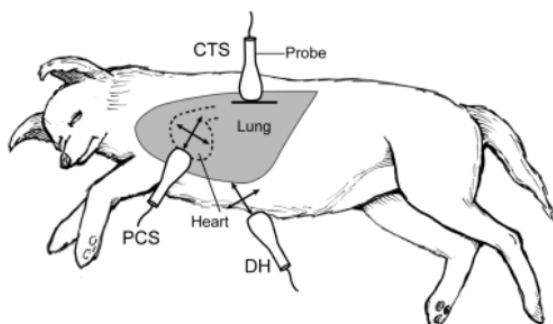


Figura 10- Esquema de los puntos del protocolo TFAST. Chest Tube Site (CTS), Sitio Pericárdico (PCS) y Diafragmático-Hepático (DH). (Lisciandro, 2011)

En el TFAST, como puede observarse en la *Figura 10*, se evalúa el tórax mediante la visualización de 5 puntos realizado en decúbito lateral derecho o esternal.

El primer punto que se ecografía es el Chest Tube Site (CTS) o la localización anatómica donde se coloca el tubo de drenaje torácico,

precisamente en el 7º-8º espacio intercostal. Este punto es el único estacionario, el transductor se mantiene horizontalmente, de este modo se evalúa el signo de deslizamiento o *cohetes pulmonares* excluyendo el neumotórax.

La segunda localización se trata del sitio pericárdico (PCS) donde la sonda ecográfica se posiciona entre el 5º-6º espacio intercostal y se mueve a través de las proyecciones de eje corto y largo para descartar líquido pleural y pericárdico (líneas en negrita con flechas de la *Figura 10*).

La proyección DH, también se utiliza para detectar la presencia de líquido pleural y pericárdico (Lisciandro, 2011). Hay que tener en cuenta, que tanto la CTS como la PCS se realizan de forma bilateral, con lo que habrá que reposicionar al paciente para su obtención, normalmente se mueve a recumbencia esternal.

4 Justificación y Objetivos

El uso de la ecografía por personal no especializado en diagnóstico por imagen, pero con un entrenamiento específico, es una práctica en auge en medicina humana, especialmente en urgencias y cuidados intensivos, atención primaria y anestesiología. Aporta mucha información al clínico sobre el estado del paciente, sin tener que ser referido al ecografista.

En la medicina veterinaria, está empezando a utilizarse debido a las múltiples ventajas que presenta. Es un procedimiento que no presenta efectos biológicos nocivos; es una herramienta segura tanto para el paciente como para el operador y por ello no es necesario emplearlo con protección especial. Por ello y por su habitual uso en otras especialidades, como en la reproducción, hace que sea un sistema útil en cualquier lugar y de fácil acceso. Por último, hay que añadir que al ser un método no invasivo, los animales lo toleran bien permitiendo diagnosticar enfermedades y observar su evolución terapéutica.

Teniendo en cuenta que en veterinaria, a diferencia de la medicina humana, sólo hay protocolos ecográficos diseñados para urgencias y emergencias (FAST) y que además el ecógrafo se está convirtiendo en una herramienta de uso común para muchos anestelistas veterinarios, empleándose de forma rutinaria para realizar bloqueos nerviosos y obtener acceso vascular. Este trabajo tiene como objetivo revisar el protocolo FORESIGHT (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020) existente en medicina humana y evaluar su utilidad en anestesiología perioperatoria en la especie canina, para realizar una propuesta de guía clínica aplicable a esta especie.

5 Metodología

Se ha realizado una revisión bibliográfica de la literatura científica disponible sobre técnicas POCUS: FORESIGHT en medicina humana y FAST en medicina veterinaria y debido a la estructura del trabajo de fin de grado, esta se ha incluido en la introducción. Posteriormente, basándose en el FORESIGHT de medicina humana y trasladándolo a veterinaria se propone una guía clínica ilustrada con imágenes ecográficas realizadas por Ana Vargas, que figura en los resultados.

Para ello se han utilizado revistas y libros con acceso a través de bases de datos y buscadores como Pubmed, Science Direct y AlcorZe, además de libros especializados como el *Diagnóstico Ecográfico en pequeños animales* escrito por Nyland y Mattoon en 2004. La búsqueda bibliográfica general se ha realizado con combinaciones de palabras clave como: “sonography”, “point-of-care ultrasound”, “anesthetic management” y “canine”. Una vez establecido el protocolo se han realizado búsquedas específicas de cada uno de los puntos en los que se divide el protocolo FORESIGHT aplicadas a la anatomía y fisiología canina.

Una vez elaborado el borrador de la propuesta, se ha consultado a expertos en ecografía veterinaria (Ana Vargas Romero) y anestesiología veterinaria (Alicia Laborda García), para realizar un análisis crítico punto por punto y modificar la propuesta inicial.

Las citas bibliográficas han sido referenciadas mediante el estilo de citación *Harvard*.

6 Resultados y discusión: Propuesta de protocolo FORESIGHT en veterinaria

Teniendo como referencia el protocolo FORESIGHT de medicina humana se ha realizado una propuesta de protocolo donde se analizan las localizaciones y parámetros más relevantes de la anatomía canina para un buen control anestésico perioperatorio. En cada localización se describen los beneficios y la técnica de uso.

Al tratarse de una adaptación a la especie canina debemos tener en cuenta la variedad de tamaños que nos podemos encontrar, con lo que todas las medidas deberían de ser relativas para poder ajustarse a cada paciente. Esto, unido a la necesidad de más estudios sobre los puntos de este protocolo en el ámbito veterinario, aumentan la complejidad de esta adaptación. Además, nuestros pacientes están cubiertos de pelo, lo que dificulta el contacto de la sonda con la piel. Por ello, es recomendable rasurar la zona o emplear alcohol antes de colocar la sonda con el gel ecográfico.




Al analizar el protocolo en medicina humana, pensamos que no es un protocolo destinado a realizarse de un modo metódico y rutinario, punto por punto, en nuestros pacientes, como ocurre con los protocolos FAST. Se trata más bien de distintas áreas en las que un anestesista puede formarse para evaluar patologías concretas cuando aparecen complicaciones perioperatorias (hipotensión, alteración cardíaca o respiratoria) o para completar una valoración (ej. estómago vacío, posición tubo endotraqueal).

A pesar de que durante todo el protocolo adaptado se explique la mejor posición del paciente para obtener cada imagen, hay que tener en cuenta que el protocolo está dirigido para ser empleado en complicaciones anestésica. Por ello, el paciente puede estar en una posición distinta, en la mayoría de los casos en decúbito supino, y el operario debería formarse para realizar el protocolo en esta posición.

6.1 Sondas ecográficas para en el protocolo FORESIGHT veterinario

En veterinaria, pueden ser utilizadas las mismas sondas que en medicina humana. Sin embargo, con la idea de simplificar al máximo el protocolo, y dado el tamaño de los pacientes, se ha preferido introducir el uso de la sonda microconvex en lugar de la convex, que resulta más voluminosa a la hora de ecografiar a los pacientes. Además, se ha prescindido de alguna medida con imágenes más complejas de adquirir, en las que haría falta la sonda de ecocardiografía. De esta forma, la mayor parte del protocolo podría realizarse con una sonda lineal y una sonda microconvex con software de cardiología, lo que simplificaría enormemente el protocolo y la inversión económica. En la siguiente tabla aparecen las diferentes sondas junto con su frecuencia y profundidad:

Tabla 3- Sondas utilizadas en el protocolo FORESIGHT en veterinaria, mostrando su frecuencia (MHz) y profundidad de alcance (cm).

Tipo de sonda	Sonda de ecocardio ("phased array")	Microconvex	Lineal
Imagen			
Frecuencia	3-5-5 MHz	2,5-6 MHz	10-27 MHz
Profundidad	8 a >20 cm	4-20 cm	<8 cm

6.2 Evaluación del aparato respiratorio

El sistema respiratorio es clave en las estrategias anestésicas con agentes inhalatorios en veterinaria, ya que las alteraciones que produzcan interferencias en la captación de gases

anestésicos tendrán como consecuencia un acto anestésico deficiente, con superficialización del plano anestésico, intoxicaciones etc. Por lo que se debe revisar cuidadosamente todo el sistema, incluso en cuadros de emergencias (Burzaco y Martínez, 2001).

El examen ecográfico se ha convertido en una herramienta valiosa a la hora de examinar el tórax y diagnosticar patologías torácicas en pequeños animales. El líquido pleural a menudo enmascara las lesiones intratorácicas en las radiografías. Sin embargo, sirve como ventana acústica en la ecografía torácica. La ecografía puede utilizarse para detectar, caracterizar y determinar la causa del líquido pleural; para diagnosticar neumotórax y patologías mediastínicas, pleurales y pulmonares, además de ver la integridad del diafragma (Neelis, Mattoon y Nyland, 2002). A la hora de realizar las ecografías pueden utilizarse distintas sondas; la sonda lineal de alta frecuencia (10-27 Hz) ofrece muy buena resolución y definición de las estructuras superficiales, siendo indicada para la visualización del deslizamiento pleural normal, el diagnóstico de neumotórax y los artefactos (líneas A y B). En cambio, se puede hacer uso de un transductor microconvex de baja frecuencia (2,5-6 Hz) para visualizar mejor las zonas profundas del pulmón, por lo que es más útil para el diagnóstico de consolidaciones y el derrame pleural (López-Prats et al., 2018).

6.2.1 Evaluación de hallazgos compatibles con neumotórax

Utilizaremos la posición CTS (*chest tube site*) del protocolo TFAST de veterinaria (*punto 3.3*), colocando la sonda lineal de forma longitudinal en el 7º-8º espacio intercostal, cortando los espacios intercostales para obtener la “imagen del murciélago” (*Fig. 1*). Ese punto está pensado para un posicionamiento en decúbito lateral. Según la posición del paciente, debemos buscar el aire en la zona superior. Se pueden analizar cuatro localizaciones en cada lado; craneodorsal, craneoventral, caudodorsal y caudoventral, para ello lo más común es hacer un barrido en zig zag en ambos pulmones (*Fig. 11*). Se debe emplear el modo M y si se observa el signo de “código de barras” indicará que hay ausencia de deslizamiento pulmonar (*Fig. 12*).



Figura 11- Dirección del barrido en zig-zag para la evaluación de hallazgos compatibles de neumotórax en el perro.

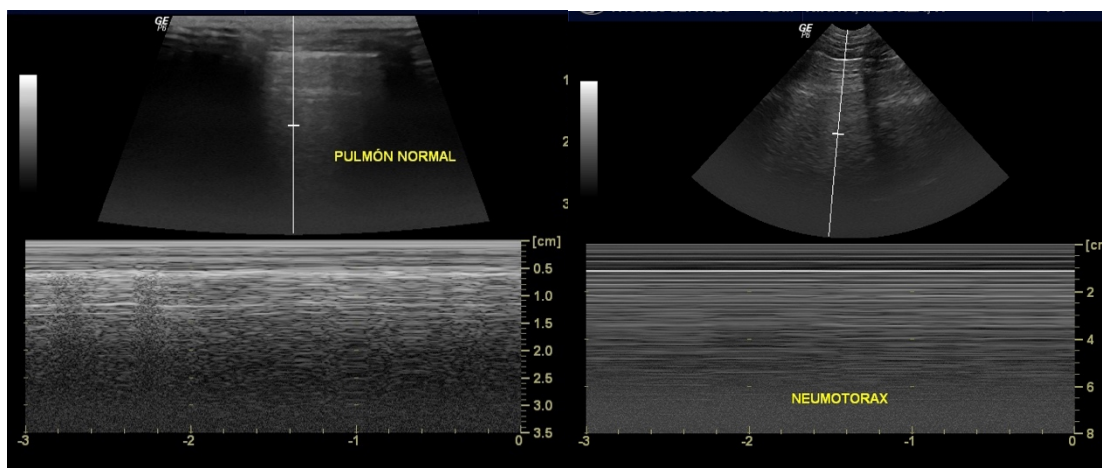


Figura 12- En la imagen de la izquierda se visualiza la ecografía de un pulmón sano, viéndose el signo del murciélago y en la imagen en modo M se ve similar a la “orilla del mar”. En cambio, en la imagen de la derecha puede observarse un pulmón con neumotórax, observándose el signo de “código de barras” en la imagen en modo M. (Imágenes obtenidas por Ana Vargas).

6.2.2 Evaluación ecográfica del derrame pleural

La segunda patología que se buscará con el protocolo, mediante la ecografía torácica, será la efusión pleural.

Para poder identificar imágenes compatibles con la efusión pleural pueden utilizarse sondas como la convex o la *phased array* (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020) y pueden ser de mayor frecuencia ya que el líquido ayuda en la propagación de las ondas (Neelis, Mattoon y Nyland, 2002). En un estudio realizado por Newitt, Cripps y Shimali en 2009 se vio que la mejor vista para ver la efusión pleural es la vista transesternal (Fig. 14); colocando la sonda ventral al esternón, perpendicular a la piel obteniendo planos transversales. Se busca que el corazón quede en el centro y se obtienen imágenes simétricas donde se observan las paredes torácicas a la misma distancia respecto al corazón. Además, en este estudio se buscó una formula común para distintos sujetos para calcular el volumen pleural a través de la ecografía, similar al que existe en medicina humana (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020). Sin embargo, a pesar de obtenerse una alta correlación ($r \geq 0,899$) entre la medición ecográfica y el volumen de líquido en perros individuales, no fue posible producir una ecuación útil para nuevos sujetos. A pesar de ello, la ecografía puede usarse para monitorizar semicuantitativamente el volumen de líquido pleural, de modo que la disminución en la medición lineal media obtenida, refleja una disminución en el volumen total de fluido (Newitt, Cripps y Shimali, 2009).

Obtención de la imagen: Utilizaremos la posición DH (diafragmático-hepático) (punto 3.3) del protocolo TFAST de veterinaria con la sonda microconvex (Fig. 13).

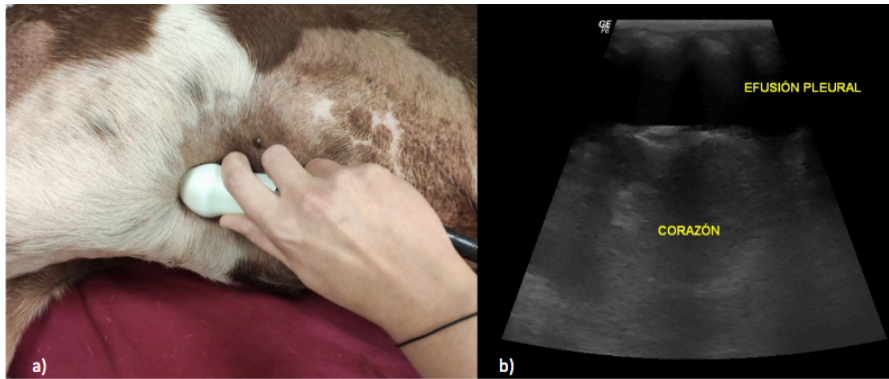


Figura 13- a) Posición DH donde se coloca la sonda microconvex para la evaluación de hallazgos compatibles con efusión pleural, b) Imagen ecográfica de efusión pleural, zona hipoeecogénica en la parte superior de la imagen, desde la vista transesternal a través de la cual puede verse el corazón en el medio. (Imagen obtenida por Ana Vargas).

6.2.3 Evaluación del parénquima pulmonar

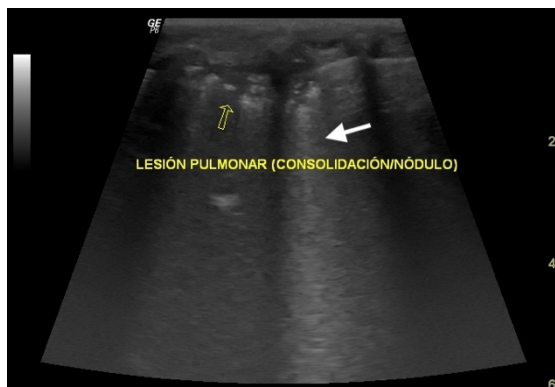


Figura 14- Nódulos hipereecogénicos (flecha amarilla), indicando la presencia de consolidaciones pulmonares junto con una cometa (flecha blanca). (Imagen obtenida por Ana Vargas).

Al disminuir el aire del parénquima pulmonar, aparecerán reverberaciones de cola de cometa o líneas B, explicadas en el apartado 3.2.2.3., y eso es lo que se buscará. Además, si el contenido de aire disminuye más, puede verse tejido de ecogenicidad parecida al hígado o al bazo (Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020).

Obtención de imagen: El posicionamiento de la sonda, para obtener imágenes como la Fig. 14, es el mismo que para la evaluación del neumotórax (Fig. 11). Si nuestro paciente es de gran tamaño conviene cambiar de la sonda lineal a la microconvex.

6.2.4 Control de la correcta intubación endotraqueal

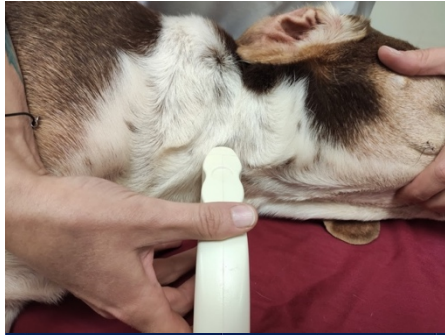
La intubación endotraqueal (ET) es una práctica muy frecuente en medicina veterinaria para proteger las vías aéreas en pacientes con el reflejo esofágico disminuido, para evitar la obstrucción de la vía aérea superior y para proporcionar oxigenoterapia, anestesia inhalatoria o para ventilar mecánicamente (Fudge, citado en Herrería-Bustillo, 2016). Si bien la intubación ET generalmente con una preparación adecuada y una buena visualización de las estructuras laríngeas es un procedimiento sencillo, puede ser un desafío en ciertas situaciones. La colocación incorrecta del tubo endotraqueal (TE) en el esófago puede aumentar la morbilidad y la mortalidad. Hay ciertas situaciones como cuando hay obstrucciones de las vías aéreas superiores

debido a masas, cuerpos extraños o secreciones; en animales con anatomía anormal o desafiante, como los perros braquicéfalos; o durante la reanimación cardiopulmonar (RCP) en los que puede haber dificultades en la colocación del TE (Herrería-Bustillo et al., 2016).

La principal ventaja del uso del ecógrafo para verificar la intubación es la capacidad de discernimiento entre la intubación traqueal o esofágica en animales que no ventilan, es decir, donde las otras técnicas no funcionan. (Chou et al., 2011). Entre otras ventajas citadas en la literatura, está la mayor disponibilidad en pequeñas clínicas veterinarias del ecógrafo (utilizado en muchas otras especialidades) frente al capnógrafo, por tratarse de material específico de monitorización anestésica de elevado coste (Adi, Chuan y Rishya, 2013). En un animal en apnea, ecografiar la tráquea permite detectar la intubación esofágica antes de conectar al paciente a un ventilador mecánico, evitando la ventilación forzada del estómago y las complicaciones que ello conlleva. Todo ello hace que sea un buen método para la confirmación de la correcta colocación del tubo endotraqueal en perros (Chou et al., 2011).

Las imágenes ecográficas pueden realizarse desde 3 posiciones distintas: colocando la sonda directamente en la tráquea, en la zona intercostal o en la zona diafragmática (Chou et al., 2011).

Las características ecográficas de una correcta intubación traqueal son las siguientes: en primer lugar, no se observa distensión esofágica, por lo tanto, el tubo se encuentra en el interior de la tráquea. En segundo lugar, se aprecia el deslizamiento de las pleuras en ambos hemitórax y se verifica la motilidad de ambos hemidiafragmas, descartándose la intubación selectiva (Muslu et al., citado en Díaz Águila, 2017). Teniendo en cuenta que las imágenes obtenidas desde la zona intercostal o diafragmática son imágenes indirectas, los resultados pueden verse afectados por enfermedades pulmonares subyacentes como neumotórax, neumonía o neoplasias (Chou et al., 2011). Por ello, nos decantaremos más por la ecografía traqueal. Si la intubación es correcta, se verá una línea curva hiperecoica seguida de una columna de gas que se asocia al artefacto de reverberación producido por la presencia de aire dentro de la tráquea intubada (*Figura 16*). Sin embargo, si se ha realizado una intubación esofágica, se verán dos líneas curvas hiperecoicas; una perteneciente a la tráquea con aire y otra al aire del esófago intubado (*Figura 16*) (Herrería-Bustillo et al., 2016).



Obtención de imagen: Sonda lineal colocada transversalmente a la tráquea, en la parte media del cuello (Fig. 15). El animal puede encontrarse en cualquier posición.

Figura 15- Sonda lineal colocada transversalmente sobre la tráquea de un perro posicionado en decúbito lateral izquierdo.

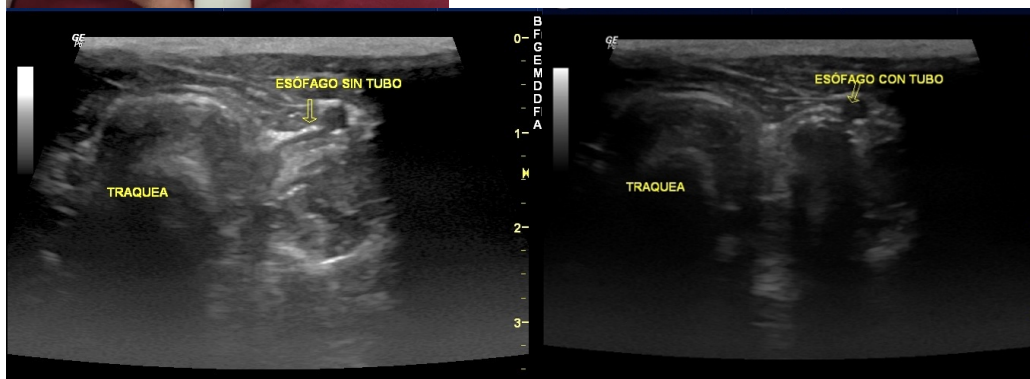


Figura 16- En la imagen de la izquierda, se observa la tráquea con un artefacto de reverberación (columna de gas) debido al aire que tiene en su interior y el esófago sin artefactos, ya que fisiológicamente no hay aire en su interior. En la imagen de la derecha se observa una intubación incorrecta, tanto el esófago como la tráquea muestran artefacto de reverberación debido al aire contenido en el tubo endotraqueal. (Imagen obtenida por Ana Vargas).

6.3 Evaluación del sistema circulatorio

Al igual que en medicina humana en este protocolo se han tratado de simplificar al máximo las ventanas y vistas utilizadas para evaluar el corazón y el estado hemodinámico del paciente, de acuerdo a las complicaciones perioperatorias más frecuentes en veterinaria. Como en otros puntos, hay que tener en cuenta que todas las mediciones máximas de diámetros, áreas, etc. que se utilizan en medicina humana, no tienen utilidad en veterinaria debido a las diferencias en los tamaños de estos pacientes, por lo que se deben relativizar en forma de ratios.

Para ello, se utilizarán tanto el modo bidimensional del ecógrafo como el modo M o unidimensional. Este último se podrá emplear para la medición de las dimensiones de las cámaras cardíacas, espesor de las paredes y movimiento de las válvulas (Veiga et al., 2016).

Este protocolo está pensado para aplicarse en el periodo perioperatorio, pero su máxima utilidad suele verse en el periodo intraquirúrgico cuando se presentan complicaciones cardíacas graves. Esto plantea grandes dificultades para el examen ecocardiográfico ya que normalmente se realiza en decúbito lateral para que el corazón se apoye en ese lado y aparte los lóbulos pulmonares. Sin embargo, intraquirúrgicamente, el paciente suele estar en decúbito supino y el corazón cae hacia la zona dorsal y si además si está con ventilación mecánica (muy frecuente en casos complicados), la reverberación del pulmón dificulta aún más el examen. Esto hace difícil

que se pueda obtener buenas imágenes en muchos casos y el personal debe familiarizarse con las alteraciones más comunes, por lo que hemos simplificado el examen todo lo posible.

Todo el protocolo podría hacerse con una sonda microconvex utilizando el software cardíaco del ecógrafo. Solo en caso de tener que utilizar el Doppler o en casos de animales de gran tamaño, se debería utilizar la sonda *phased array* de ecocardio.

6.3.1 Vistas cardíacas y métodos de evaluación de la contractilidad

La ventana paraesternal derecha permite examinar muchas de las estructuras cardíacas con una gran resolución, ya que al colocar el transductor en esta posición las estructuras están perpendiculares al haz y la sonda estará muy cerca del corazón. Por todo ello, esta ventana será la primera en observar al comenzar el examen cardíaco. Desde esta ventana se pueden obtener dos planos: el plano longitudinal y el plano transversal. Para la localización de esta ventana, paraesternal derecha, la sonda se sitúa entre el tercer y el sexto espacio intercostal derecho (generalmente, entre el cuarto y el quinto), entre el esternón y las uniones costochondrales. Puede ayudar a localizarlo la palpación del choque precordial derecho (Nyland y Mattoon, 2004).

Ventana paraesternal derecha, eje largo, vista de 4 cámaras: Se puede realizar con la sonda microconvex empleando el software de cardiología. En primer lugar, se obtendrán las vistas del eje longitudinal, orientando el haz ligeramente en sentido de las agujas del reloj y perpendicularmente al eje longitudinal del cuerpo, paralelo al eje longitudinal del corazón y con la marca del índice del transductor dirigida hacia la base del corazón. De este modo, se logrará la vista paraesternal eje largo 4 cámaras (*Fig. 17*). Se observarán los ventrículos a la izquierda de la pantalla y los atrios a la derecha, además de poder observar el estado de las válvulas cardíacas (Nyland y Mattoon, 2004).

Esta sería la mejor vista para evaluar la forma y la funcionalidad de las válvulas mitral y tricúspide. También nos da una idea del tamaño de las cámaras cardíacas (VD que sea 1/3 del VI, dilatación de aurículas...).

Ventana paraesternal, eje largo, vista de 5 cámaras: Se debe inclinar la sonda ligeramente, unos 5 o 10° hacia la derecha del animal, hacia la pared torácica, disminuyendo el ángulo entre la sonda y la piel para poder visualizar el tracto de salida del ventrículo izquierdo. Esta vista, permite evaluar la válvula aórtica, *Fig. 17*, y hacer la medición de la integral velocidad-tiempo (*punto 6.3.4*).

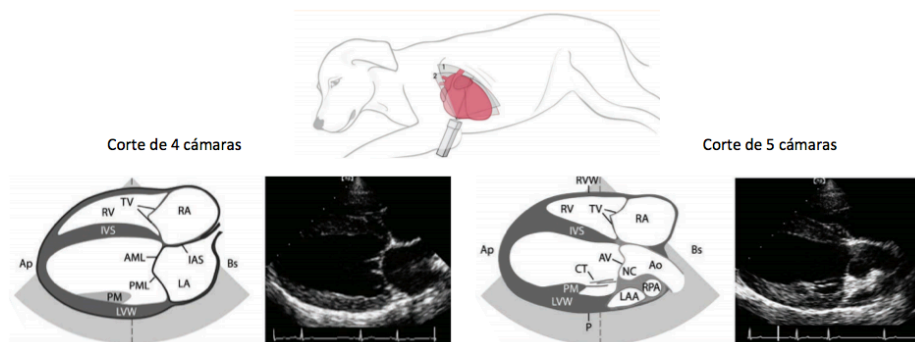


Figura 17- En la parte superior se indica la localización de la sonda para poder obtener imágenes desde la ventana paraesternal derecha eje largo. A través de la cual se obtiene la vista 4 cámaras (a la izquierda de la imagen) y 5 cámaras (a la derecha de la imagen). (Modificada de Penninck y D'Anjou, 2017)

Ventana paraesternal derecha, eje corto: Desde la vista longitudinal de 4 cámaras se rota el transductor 90° en sentido contrario a las agujas del reloj. De esta forma, el haz estará orientado perpendicular al eje longitudinal del corazón y con la marca del índice del transductor orientada cranealmente. La orientación correcta del eje se obtiene al identificar la simetría circular del

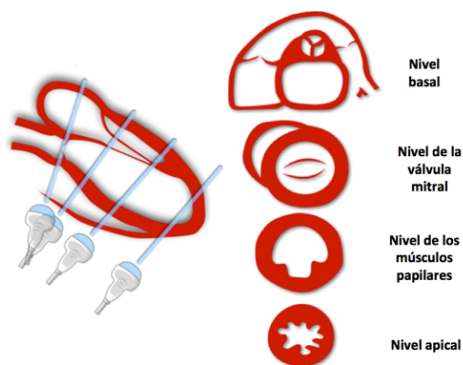


Figura 18- Cortes obtenidos desde la vista paraesternal eje corto. (Modificada de Department of Anesthesiology of Loma Linda University, 2020)

ventrículo izquierdo. Pueden obtenerse distintos planos (Fig. 18) angulando el haz desde el ápex, hasta la base pudiendo realizarse distintas mediciones (Nyland y Mattoon, 2004).

A nivel basal, obtenemos un corte transversal de la aorta (Ao) y la AI (Fig. 19). Este corte nos servirá para medir la relación entre el diámetro del atrio izquierdo y la aorta (Nyland y Mattoon, 2004).

Este ratio AI:Ao es el que emplearemos en lugar

de la medición del diámetro de la AI que se realiza en el protocolo FORESIGHT de medicina humana. Al igual que en humana, el riesgo de desarrollar insuficiencia cardíaca congestiva se incrementa con el aumento de tamaño del AI (Haendchen et al., citado en Meder et al., 2011) a causa de sobrecargas de volumen y/o presión (Kihara et al., citado en Meder et al., 2011). La medición del diámetro transversal interno de la aorta se realiza mediante una línea trazada entre las cúspides no coronarias y coronaria derecha, y el diámetro transversal interno del

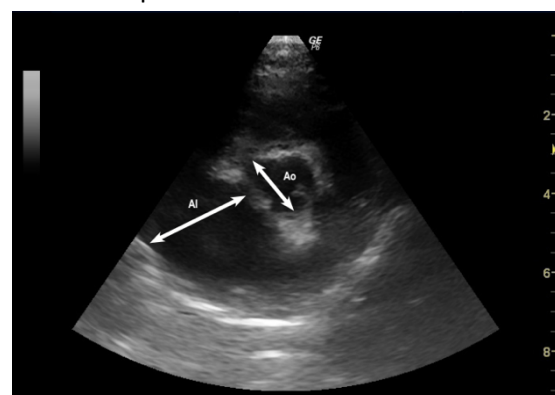


Figura 19- Imagen ecográfica paraesternal derecha eje corto a nivel de la aorta de un paciente con dilatación de AI, ya que si se mide como indican las flechas el ratio AI/Ao será mayor de 1,6. (Imagen obtenida por Ana Vargas).

atrio izquierdo se realiza trazando una línea paralela a la línea entre la cúspide no coronaria y coronaria izquierda, que se prolonga a través del cuerpo del atrio izquierdo. Se obtendrá un valor inferior a 1,6, a no ser que sufra dilatación atrial izquierda, en cuyo caso este valor será superior (Nyland y Mattoon, 2004).

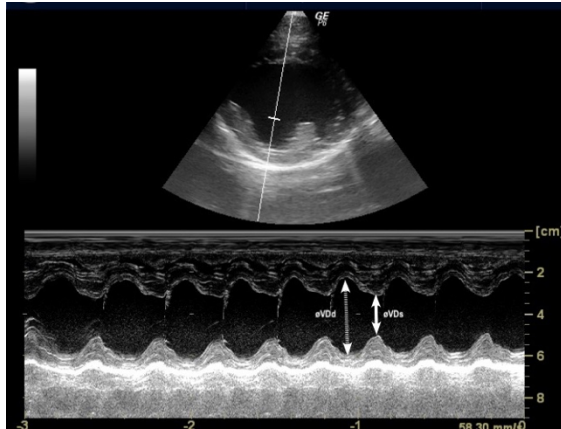


Figura 20- Imagen ecográfica paraesternal derecha eje corto a nivel de los músculos papilares del VD con el modo M (en la parte inferior de la imagen). Es un perro con contractilidad reducida, con lo que la fracción de acortamiento se verá reducida. øVDd, diámetro del VD en diástole y øVDs, diámetro del VD sistólico (Imagen obtenida por Ana Vargas).

A nivel de la válvula mitral, obtenemos un corte en el que se pueden ver ambos ventrículos. En este corte podemos ver si es correcta la relación entre ambos, siendo el tamaño del VD 1/3 del VI.

A nivel de los músculos papilares (imagen del “champiñón”, Fig. 20), se evalúan los índices de funcionalidad cardiaca, utilizando el modo M: fracción de eyección e índice de contractilidad (Nyland y Mattoon, 2004). Es la imagen que utilizaremos para evaluar los distintos tipos de shock. Para ello, se calculará

el CAF y el diámetro telediastólico y se empleará el mismo esquema descrito en medicina humana (ver tabla 2, página 11).

A nivel apical, podemos ver el llenado del VI, y comprobar el volumen sistólico y diastólico de este ventrículo.

La fracción de eyección es la medida del volumen diastólico final eyectado con cada latido del corazón expresada en porcentaje y refleja la fracción entre el volumen sistólico y diastólico final: Fracción de eyección = (volumen sistólico/ volumen telediastólico) x 100 (Kealy y McAllister, citado en Veiga, 2016). En la mayoría de los nuevos aparatos de ecocardiografía se calcula automáticamente el volumen VI, pero también se puede obtener elevando al cubo el diámetro transversal interno del VI al final de la sístole o de la diástole. Además, si se divide por 1,5 se consigue una estimación más precisa del volumen ventricular normal del perro. También existe la formula de Tichholz, en el que se tiene en cuenta que el eje corto del VI se ensancha más que el eje longitudinal cuando la cavidad ventricular aumenta de tamaño.

$$\text{Volumen diastólico} = \frac{7 (\phi \text{ final diastole})^3}{2,4 + \phi \text{ final de diastole}}$$

$$\text{Volumen sistólico} = \frac{7 (\phi \text{ final sístole})^3}{2,4 + \phi \text{ final de sístole}}$$

Otro método de medición de la funcionalidad del VI es la fracción de acortamiento, que se trata del cambio porcentual de tamaño entre el final de la diástole y el final de la sístole y en los perros oscila entre 25-45% (Nyland y Matton, 2004). Se calcula mediante esta fórmula:

$$\text{Fracción de acortamiento} = \frac{\phi \text{ diastólico VI} - \phi \text{ sistólico VI}}{\phi \text{ diastólico VI}} \times 100$$

A nivel de la válvula mitral, haciendo uso también del modo M (Fig. 21), se medirá la separación

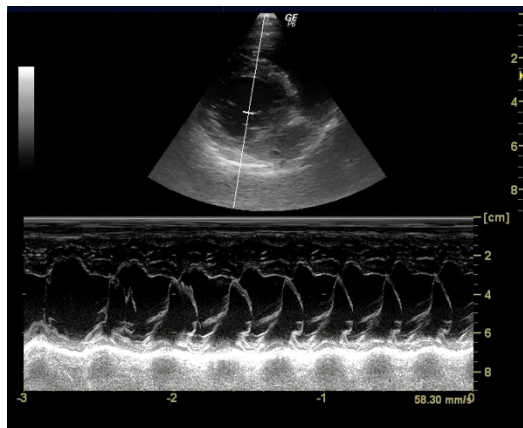


Figura 21- Paraesternal derecho eje corto a nivel de la válvula mitral con modo M, con EPSS < 6mm, con lo que este perro no padece dilatación excéntrica. (Imagen obtenida por Ana Vargas).

del punto E mitral, punto de máxima apertura diastólica inicial de las membranas de la válvula, al septo (EPSS) para valorar el grado de dilatación excéntrica que sufre el VI. El incremento de la EPSS es un buen indicador de disfunción VI global en perros, cuando es mayor de 6 mm. Hay estudios que afirman que el tamaño corporal no afecta al EPSS en el perro (Kirberger et al., citado en Nyland y Mattoon, 2004), sin embargo, hay otros como Cornell que aseguran que los valores normales de EPSS aumentan conforme aumenta

el tamaño corporal (Cornell, citado en Nyland y Mattoon, 2004).

6.3.2 Vistas subxifoidea

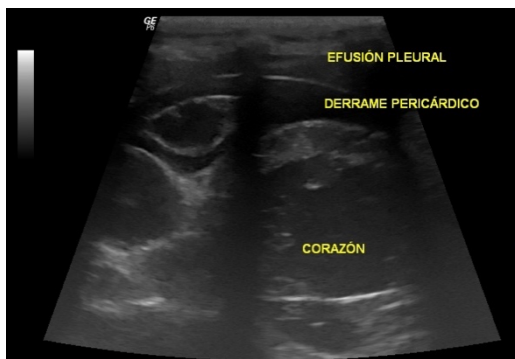


Figura 22- Derrame pericardico, zona hipoecogénica que puede observarse en la parte superior derecha de la imagen. (Imagen obtenida por Ana Vargas).

Para evaluar el derrame pericárdico utilizaremos el punto DH del protocolo TFAST (punto 3.3). Se observará hipoecoico el espacio comprendido entre el saco pericárdico y el epicardio (Figura 22), siempre que el paciente presente suficiente volumen, entre 10-15 mL, para su detección sonográfica (Shaw y Rush, 2007). Cuando existe suficiente volumen, el derrame pericárdico se

puede diagnosticar desde cualquier vista cardíaca. Hay que tener en cuenta que la vista subxifoidea suele tener limitaciones de acceso durante la cirugía, pudiendo colocar la sonda en cualquier otra zona que nos proporcione una imagen cardíaca.

Resumen ecocardiográfico: Nuestra recomendación a la hora de realizar una valoración rápida y completa del corazón sería comenzar el examen obteniendo una buena imagen del eje largo

en paraesternal derecha. Después pasar al eje corto y estudiar, desde nivel apical a nivel basal, los volúmenes del ventrículo izquierdo, la comparación entre ambos ventrículos, la valoración de los tipos de shock (volúmenes-contractilidad) y la valoración de la base cardiaca.

6.3.3 Estado del volumen intravascular y mecanismo de hipotensión

Además del volumen telediastólico del VI, en medicina humana se tenía en cuenta la colapsabilidad de la VCI desde la vista subxifoidea. En veterinaria es más fácil realizar esta medición a nivel abdominal (Donati et al., 2020).

Obtención de la imagen: Se coloca la sonda en la vista espleno-renal del protocolo AFAST (véase en el *apartado 2.3*) y una vez visualizado el riñón izquierdo se mueve en dirección caudal y se orienta hacia craneal para identificar la vena cava caudal (VCC) y la aorta, al igual que la parte caudal del riñón izquierdo. La VCC se identificará por su localización anatómica, pero si no puede realizarse una leve presión para ver su colapso y confirmar su identificación (Cambournac et al., 2018).

6.3.4 Evaluación de la variación de la integral de velocidad respecto al tiempo (IVT)

Como se ha explicado en el *punto 3.2.3.4* la ecocardiografía Doppler proporciona una estimación del volumen sistólico y, por tanto, gasto cardíaco, utilizando el cálculo del tiempo de velocidad. El uso de la IVT para la determinación de la capacidad de respuesta a los fluidos se ha utilizado anteriormente tanto en medicina humana como veterinaria. Al monitorizar la variación en la IVT durante la inspiración y la espiración, cuando el paciente está siendo ventilado mediante presión positiva intermitente, se puede determinar qué pacientes son sensibles a los fluidos. En la especie canina, una variación de IVT mayor al 15% entre inspiración y espiración sugiere que el paciente es sensible a los fluidos. (Bucci et al., 2017; Sano et al., 2018).

Obtención de imagen: Sonda de ecocardiografía. Vista paraesternal derecha, eje largo, posición de 5 cámaras, descrita en el *punto 6.3.1*. Tracto de salida del ventrículo izquierdo. Puede realizarse también con la sonda lineal longitudinal a una arteria periférica de gran calibre (carótida, femoral).

6.3.5 Acceso vascular

El acceso vascular puede ser de “vida o muerte” en urgencias, aunque a veces resulta complicado en pacientes hipovolémicos o hipotensos. Desafortunadamente los intentos de tener acceso vascular frecuentemente terminan produciendo hematomas, dificultando aún más el procedimiento. En veterinaria en ocasiones se prefiere cateterizar venas periféricas debido al mayor conocimiento, menor riesgo de dañar estructuras cercanas, y por su proximidad a la piel.

La cateterización de venas mayores como la vena yugular tienen acceso más directo a estructuras claves como el corazón, de este modo le provee ventajas terapéuticas comparado con la cateterización de venas periféricas. Chamberlin et al. han comprobado que cateterizar vasos guiados mediante ecografía resulta más rápido, con menos complicaciones y con menor número de intentos que cateterizando con la técnica habitual.

Obtención de imagen: Las imágenes pueden obtenerse tanto con la sonda convex como con la lineal y se debe colocar transversal o longitudinal al vaso que se quiere cateterizar. Además, al mismo tiempo que se realiza la ecografía puede ejercerse presión en el vaso para saber si lo que se observa es una vena, que se colapsará al ejercer la presión, o una arteria (Chamberlin et al., 2013).

6.4 Evaluación abdominal

6.4.1 FAST

Se puede observar si hay presencia de líquido libre en abdomen mediante la técnica FAST, anteriormente explicada en el *punto 3.3*.

6.4.2 Control del ayuno preoperatorio

Con la esperanza de reducir el riesgo de problemas de aspiración pulmonar en la clínica veterinaria se utilizan protocolos de ayuno preoperatorio (Shiun, Lo y Lin, 2006). El objetivo del ayuno del paciente antes de la cirugía es que el estómago se encuentre vacío en la inducción anestésica. Durante la inducción de la anestesia general, los reflejos protectores de las vías respiratorias se eliminan a propósito para permitir la colocación del tubo endotraqueal en la vía aérea. También se produce la relajación del esfínter esofágico, y si hay contenido gástrico, puede viajar en dirección retrógrada por el esófago hacia las vías respiratorias y los pulmones, sin protección del paciente, un proceso conocido como aspiración pulmonar. La aspiración puede producir inflamación e infección en el parénquima pulmonar, lo que resulta en un desajuste de la ventilación/perfusión, hipoxemia y la necesidad de ventilación mecánica con oxígeno adicional (Cieslak et al., 2020). Normalmente, el anestesista proporciona instrucciones estrictas sobre el ayuno que debe realizar el animal antes de ser sometido a una intervención quirúrgica, que pueden depender de la edad, la especie o el tipo de cirugía. También debe verificar el cumplimiento de ese ayuno cuando el animal es entregado por sus propietarios o recogido de hospitalización. Pero hay variedad de factores que pueden hacer que nos encontremos con pacientes que han ingerido alimento, como puede observarse en la *Figura 23*: cirugías de emergencia en las que no se puede realizar este ayuno previo, situaciones de descuido en las

que el animal roba comida sin conocimiento de propietarios o cuidadores, o la simple ocultación del hecho por ignorancia o por temor a que el animal no se intervenga. En estos casos, la ecografía puede resultar un instrumento muy útil para verificar el vacío del estómago.



Figura 23- Estómago lleno de contenido ocupando todo el monitor. (Imagen obtenida por Ana Vargas).

Obtención de imagen Las imágenes se pueden obtener con un transductor convex o lineal, dependiendo el paciente y sus dimensiones (Azócar, 2017). El paciente se colocará en decúbito lateral derecho y la sonda ecográfica se colocará caudal a la última costilla, direccionando hacia craneal (Fomiyana, 2016). La presencia de comida en el estómago tiene una apariencia ecográfica de vidrio esmerilado, al

mezclarse el contenido sólido con gas durante la deglución.

En la clínica veterinaria, no hemos encontrado fórmulas ecográficas para el cálculo exacto del volumen gástrico, pero suele ser suficiente con visualizar la existencia o no de contenido sólido y la separación de las paredes en el fundus para valorar el llenado del estómago.

6.5 Control de la presión intracraneal

En la clínica de pequeños animales, no hay ningún instrumento estandarizado para monitorizar la presión intracraneal, pero se asume que la forma más precisa para medirlo es un sistema intraparenquimal. Sin embargo, los sistemas invasivos únicamente se utilizan para realizar estudios científicos y no en la clínica habitual (Ilie et al., 2015). Otras técnicas útiles de monitorizar la presión intracraneal y diagnosticar la hipertensión intracraneal son las técnicas de resonancia magnética o la tomografía computarizada; pero son herramientas diagnósticas muy caras y además requieren anestesia o sedación, por lo que no se usan con este fin en veterinaria (Smith et al., 2017).

Hasta el 2003 los estudios que había sobre la anatomía ecográfica y la biometría del ojo en animales se reducían al examen de las dimensiones y componentes intraoculares (Cottrill, Banks y Pechman, citado en Chun Lee et al., 2003; El-Maghraby, Nyland y Bellhorn, citado en Chun Lee et al., 2003). Es en 2003 cuando se publica el estudio realizado por Chun Lee y otros investigadores, donde se evalúa la viabilidad de las mediciones ecográficas del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) en perros comparándolo con métodos directos.

Fue posteriormente, en 2015, cuando se estudió la relación entre la presión intracraneal y el diámetro del nervio óptico en perros vivos mediante imágenes ecográficas y un sistema de monitorización epidural intracraneal. En este estudio realizado por Ilie et al., se concluyó que el diámetro del nervio óptico está relacionado no linealmente y de forma positiva con la presión intracraneal, siendo mayor el aumento cuando la presión intracraneal aumentaba ≤ 40 mmHg (0,0534 mm/ 1 mmHg) que cuando aumentaba > 40 mmHg (0,0087 mm/ 1 mmHg). Las mediciones del nervio óptico se realizaron a 5 mm del cono óptico y también se registraron los diámetros máximos del nervio. En el estudio se concluyó que los cambios en la medición a 5 mm no se corresponden de forma adecuada con el incremento de la presión intracraneal, y recomiendan que se tenga en cuenta únicamente el diámetro máximo. Pero esta técnica, en perros, a diferencia de medicina humana, no tenía valores de corte de referencia de DVNO que sugieran hipertensión intraocular (Ilie et al., 2015). Por ello, en 2017 Smith et al. realizaron un estudio retrospectivo con el objetivo de conseguir un rango de referencia del diámetro del nervio óptico del perro medido por ecografía, obteniendo límites superiores e inferiores fisiológicos del nervio óptico según peso (Tabla 4).

Tabla 4- Diámetro del nervio óptico según el peso, con intervalo de confianza del 95% (Smith et al., 2017)

Peso (kg)	Limite inferior (mm)	Limite superior (mm)
2	0,91	1,75
5	1,00	1,84
10	1,15	1,99
15	1,31	2,14
20	1,46	2,29
25	1,61	2,44
30	1,76	2,59

También concluyeron que el diámetro del nervio óptico en perros aumenta linealmente con el peso. Al realizar un análisis de dominancia se vio que el 94,6% de la variabilidad era debida al peso. Sin embargo, hay que tener en cuenta que si el paciente difiere mucho de la condición corporal de los animales del estudio (entre 4 y 8 en una escala del 1 al 9) o en el límite de los pesos (menor a 2,6 kg o mayor que 73,8 kg) la interpretación deberá ser cautelosa, al igual que si están cerca de los límites del intervalo (Smith et al., 2017).

Obtención de la imagen: Se coloca la sonda transversalmente al párpado con el indicador hacia las 9 horas. Se debe apuntar con el transductor en dirección caudal, de forma que la sonda quede a 60-70° respecto al párpado (Fig. 25). En las imágenes ecográficas, se toma como referencia la cápsula posterior del cristalino, ya que se ve hiperecoica. El nervio se identifica caudal a la cápsula, cerca del disco óptico de la retina (Fig. 24). La profundidad se regula hasta que se visualice el ojo completamente, normalmente entre 3-5 cm (Smith et al., 2017).



Figura 24- Globo ocular (círculo hipoeecogénico en el centro) y el nervio óptico (parte inferior de la imagen, entre las flechas). (Imagen obtenida por



Figura 25- Posición de la sonda sobre el párpado del perro para poder obtener el diámetro del nervio óptico.

7 Conclusiones

1. La ecografía a pie de cama o POCUS (Point-of-care ultrasound), se basa en la utilización de la ecografía por personal no especializado pero formado específicamente para el diagnóstico de patologías concretas. Se trata de una técnica de gran proyección en medicina veterinaria. Abarca cada vez más especialidades (emergencias, cuidados intensivos, anestesia...) y se apoya en la rapidez, inocuidad y alta disponibilidad del ecógrafo portátil en las clínicas veterinarias.
2. El protocolo FORESIGHT (Focused PeriOperative Risk Evaluation Sonography Involving Gastro-abdominal, Hemodynamic, and Trans-thoracic Ultrasound), es una técnica POCUS dirigida a especialistas en anestesia en medicina humana y aplicada al periodo perioperatorio. Ha despertado gran interés en este colectivo y su formación se está integrando en el currículo de los anestesiistas. Por ello, resulta conveniente su adaptación a la medicina veterinaria, en este caso a la especie canina.
3. La adaptación a la especie canina del protocolo FORESIGHT es compleja y ha de tenerse en cuenta las peculiaridades de la anestesia y la ecografía en esta especie. Del mismo modo, se deben considerar las complicaciones perioperatorias más frecuentes, la distinta anatomía y el distinto posicionamiento quirúrgico, junto con la gran variabilidad de tamaño de los cánidos, entre otros factores.
4. Para poder aplicar este protocolo en un futuro de forma estandarizada en medicina veterinaria, será necesario contrastar este trabajo con otros especialistas en anestesiología y diagnóstico por imagen y comenzar la fase de validación, diseñando estudios clínicos en animales para valorar su eficacia en la especie canina.

8 Conclusions

1. Point-of-care ultrasound (POCUS) is based on the use of ultrasound by non-specialist personnel, who have been specifically trained to diagnose specific pathologies. It's a technique of great projection in veterinary medicine. It covers an increasing number of specialities (emergencies, intensive care, anesthesia, etc,) and it is based on the speed, safety and high availability of the portable ultrasound machine in veterinary clinics.
2. The FORESIGHT protocol (Focused PeriOperative Risk Evaluation Sonography Involving Gastro-abdominal, Hemodynamic, and Trans-thoracic Ultrasound), is a POCUS technique aimed at specialists in anesthesia in human medicine and applied to the perioperative period. It has aroused great interest in this group and its training is being integrated into the curriculum of anesthesiologists. Therefore, it should be adapted to veterinary medicine, in this case to the canine species.
3. The adaptation of the FORESIGHT protocol to the canine species is complex and the peculiarities of anesthesia and ultrasound in this species must be taken into account. Similarly, the most frequent perioperative complications, the different anatomy and the different surgical positioning must be considered, just as the great variability in the size of the dogs, among other factors.
4. To be able to apply this protocol in the future in a standardized manner in veterinary medicine, it will be necessary to contrast this work with other specialists in anaesthesiology and diagnostic imaging and to begin the validation phase, designing clinical studies in animals to assess its efficacy in the canine species.

9 Valoración personal

El motivo principal por el que elegí realizar este trabajo sobre el protocolo FORESIGHT, fue básicamente por lo novedoso que me pareció cuando se me planteó la posibilidad de tratarlo. Es cierto, que al ser un tema poco estudiado en medicina veterinaria se me planteaba como un reto al que decidí lanzarme.

Gracias a este trabajo he adquirido muchos conocimientos tanto de medicina humana como de veterinaria, ya que se trata de un trabajo completo en el que he tenido que profundizar en temas anatómicos, ecográficos y fisiológicos de la especie humana y canina. Además, el desarrollo de la parte bibliográfica me ha sido útil para mejorar mis habilidades en la búsqueda de información veraz y contrastada mediante diversas plataformas como Pubmed, Science Direct y AlcorZe.

Me gustaría agradecer especialmente a Alicia Laborda, por haberme planteado este tema y haberme proporcionado las directrices y los conocimientos necesarios para poder llevar a cabo

esta memoria. También querría dar las gracias a Ana Vargas por todas las imágenes aportadas y por haber dado su punto de vista desde el ámbito de la ecografía.

10 Bibliografía

- Adi, O., Chuan, T. y Rishya, M. (2013). "A feasibility study on bedside upper airway ultrasonography compared to waveform capnography for verifying endotracheal tube location after intubation". **Critical Ultrasound Journal**, 5(7). DOI: 10.1186/2036-7902-5-7
- Akhgar, A., Bahrami, S., Mohammadinejad, P., Khazaeipour, Z. y Hossein, H. (2019). "A New Formula for Confirmation of Proper Endotracheal Tube Placement with Ultrasonography". **Advanced Journal of Emergency Medicine**, 3(3) e25.
- Azócar, L. (2017). "Uso de ecografía en anestesia: Point of Care Ultrasound (POCUS)". **Revista Chilena de Anestesia**, 46, pp. 162-163.
- Boysen, S.R., y Lisciandro, G.R. (2013). "The Use of Ultrasound for Dogs and Cats in the Emergency Room". **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, 43(4), pp. 773–797.
- Bucci, M., Rabozzi, R., Guglielmini, C. y Franci, P. (2017). "Respiratory variation in aortic blood peak velocity and caudal vena cava diameter can predict fluid responsiveness in anaesthetised and mechanically ventilated dogs". **The Veterinary Journal**, 227, pp. 30-35.
- Burzaco, O. y Martínez, M.J. (2001). "La valoración preanestésica. Riesgo anestésico". **Consulta Difusión Veterinaria**, 9(78), pp. 49-62.
- Cambournac, M., Goy-Thollot, I., Violé, A., Boisvineau, C., Pouzot-Nevoret, C. y Barthélemy, A. (2018). "Sonographic assessment of volaemia: development and validation of a new methos in dogs". **Journal of Small Animal Practice**, 59, pp- 174-182.
- Chamberlin, S.C., Sullivan, L.A., Morley, P.S. y Boscan, P. (2013). "Evaluation of ultrasound-guided vascular access in dogs". **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, 23(5), pp. 498-503.
- Chou, H.-C., Tseng, W.-P., Wang, C.-H., Ma, M. H.-M., Wang, H.-P. , Huang, P.-C., Sim, S.-S., Liao, Y.-C., Chen, S.-Y., Hsu, C.-Y., Yen, Z.-S., Chang, W.-T., Huang, C.-H., Lien, W.-C. y Chen, S.-C.

(2011). "Tracheal rapid ultrasound exam (T.R.U.E.) for confirming endotracheal tube placement during emergency intubation". **Resuscitation**, 82(10), pp. 1279–1284.

- Chun Lee, H., Jung Choi, H., Cheol Choi, M. y Hee Yoon, J. (2003). "Ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal dogs". **Journal of Veterinary Science**, 4(3), pp. 265-268.

- Cieslak, J.R., Rice, A.N., Gadsden, J.C. y Vacchiano, C.A. (2020). "Does Ultrasonographic Measurement of Gastric Content Influence Airway Management Decisions?". **AANA Journal**, 88(2), pp. 107-113.

- DeBoer, S., Seaver, M., y Arndt, K. (2003). "Verification of endotracheal tube placement". **Journal of Emergency Nursing**, 29(5), pp. 444–450.

- Department of Anesthesiology of Loma Linda University. (2020). F.O.R.E.S.I.G.H.T.ULTRASOUND.COM. Disponible en: <https://www.foresightultrasound.com/> [Consultado: 27-07-2020].

- Díaz Águila, H. (2017). "Comprobación de la posición del tubo endotraqueal mediante ecografía clínica". **Gaceta Médica Espirituana**, 19(1).

- Donati, P.A., Guevara, J.M., Ardiles, V., Guillemi, E.C., Londoño, L. y Dublin, A. (2020). "Caudal vena cava collapsibility index as a tool to predict fluid responsiveness in dogs". **J Vet Emergency and Critical Care Society**, 1-10.

- Fomiyana García, H.L. (2016). **Estudio ecográfico del estómago, duodeno proximal y descendente en el perro de raza Bulldog Francés**. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

- Herrería-Bustillo, V., Kuo, K., Burke, P., Cole, R. y Bacek, L. (2016). "A pilot study evaluating the use of cervical ultrasound to confirm endotracheal intubation in dogs". **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, 00(0), pp. 1–5.

- Hwang, T. S., Yoon, Y. M., Jung, D.I., Yeon, S. C. y Lee, H. C. (2018). "Usefulness of transthoracic lung ultrasound for the diagnosis of mild pneumothorax". **J Vet Sci**, 19(5), pp. 660-666.

- Ilie, L., Thomovsky, E., Johnson, P., Bentley, R., Heng, H., Lee, H. et al. (2015). "Relationship between intracranial pressure as measured by an epidural intracranial pressure monitoring

system and optic nerve sheath diameter in healthy dogs". *American Journal of Veterinary Research*, 76(8), pp. 724-731.

- Kelly, J.J., Eynon, C.A., Kaplan, J.L., de Garavilla L. y Dalsey W.C. (1998). "Use of Tube Condensation as an Indicator of Endotracheal Tube Placement". *Annals of Emergency Medicine*, 31(5), pp. 575–578. Disponible en: [https://www.annemergmed.com/article/S0196-0644\(98\)70204-5/fulltext](https://www.annemergmed.com/article/S0196-0644(98)70204-5/fulltext) [Consultado 06-04-2020]

- Kendall, J.L., Hoffenberg, S.R. y Smith, S. (2007). "History of emergency and critical care ultrasound: The evolution of a new imaging paradigm". *Critical Care Medicine*, 35(5), pp. S126-S130.

- Lisciandro, G.R. (2011). "Abdominal and thoracic focused assessment with sonography for trauma, triage, and monitoring in small animals". *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 21(2), pp. 104-122.

- Lisciandro, G.R. (2013). "The Abdominal FAST³ (AFAST³) Exam". En: *Focused Ultrasound Techniques for the Small Animal Practitioner*. (1ª ed.). Wiley-Blackwell, pp. 17–43.

- López-Prats, J.L., Coca, A., Jaraba, S., Frías, M.A., Renter, L., Torrús, S., Rodríguez, J., Vázquez, J.L., Slöcker, M. y Reyes, S. (2018). *Ecografía torácica y vía aérea*. Disponible en: <https://secip.com/wp-content/uploads/2018/09/2-ECOGRAF%C3%8DA-TOR%C3%81CICA-Y-V%C3%8DA-AEREA.pdf> [Consultado: 27-07-2020].

- Meder, A.R., Adagio, L.M., Romero, J.E., Lattanzi, L.D. y Wheeler, J.T. (2011). "Asociación entre la relación Ao/AI – Ao/VID en caninos con valvulopatía mitral adquirida". *Ciencia Veterinaria*, 13(1).

- Neelis, D.A., Mattoon, J.S. y Nyland, T.G. (2002). "Chapter 7- Thorax". En: Nyland, T.G. y Mattoon, J. S. *Small animal diagnostic ultrasound*. Saunders, pp. 188-216.

- Newitt, A L., Cripps, P.J. y Shimali, J. (2009). "Sonographic estimation of pleural fluid volumen in dogs". *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(1), pp. 86–90.

- Nyland, T.G. y Mattoon, J.S. (2004). *Diagnostico Ecográfico en pequeños animales*. (2ª ed.) Barcelona: Multimedia Ediciones Veterinarias.

- Park, S.C., Ryu, J.H., Yeom, S.R., Jeong, J.W. y Cho, S.J. (2009). "Confirmation of endotracheal intubation by combined ultrasonographic methods in the emergency department". ***Emerg Med Australas***, 21(4), pp. 293–297.
- Penninck, D. y D'Anjou, M. (2017). ***Atlas De Ecografía En Pequeños Animales***. España: Gráfica In Multimédica S.A.
- Ramsingh, D., Rinehart, J., Kain, Z., Strom, S., Canales, C., Alexander, B., Capatina, A., Ma, M., Le, K.V. y Cannesson, M. (2015). "Impact Assessment of perioperative Point-of-Care Ultrasound Training on Anesthesiology Residents". ***Anesthesiology***, 123(3), pp 670-82.
- Ramsingh, D., Runyon, A., Gatling, J., Dorotta, I., Lauer, R., Wailes, D., Yang, J., Austin, B., Stier, G. y Martin R. (2019). "Improved diagnostic accuracy of pathology with the implementation of a perioperative point-of-care ultrasound service: quality improvement initiative". ***Reg Anesth Pain Med***, 0, pp. 1-7.
- Sano, H., Seo, J., Wightman, P., Cave, N. J., Giese, M. A., Johnson, C. B. y Chambers, P. (2018). "Evaluation of pulse pressure variation and pleth variability index to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated isoflurane-anesthetized dogs". ***Journal of Veterinary Emergency and Critical Care***, 28(4), pp. 301–309.
- Shaw, S.P. y Rush, J.E. (2007). "Canine Pericardial Effusion: Diagnosis, Treatment, and Prognosis". ***Compendium***, 29 (7), pp. 405-412.
- Shiun, X.-W., Lo, X.-J. y Lin, O. (2006). "Ayuno preoperatorio en perros (Preoperative fasting in dogs)". ***Revista Electrónica de Clínica Veterinaria***, 1(1), 5.
- Smith, J.J., Fletcher, D.J., Cooley, S.D., y Thompson, M.S. (2017). "Transpalpebral ultrasonographic measurement of the optic nerve sheath diameter in healthy dogs". ***Journal of Veterinary Emergency and Critical Care***, 28(1), pp. 31–38.
- Veiga, A.L., Corredor-Castillo, A.S., Cardoso, F., Ramos, C.C. y Malavasi, C.E. (2016). "Ecocardiografía en clínicas veterinarias de pequeños animales: informe práctico para los estudiantes en fase de pasantía profesional". ***Revista electrónica de Veterinaria***, 17(12).
- Whitson, M.R. y Mayo, P.H. (2016). "Ultrasonography in the emergency department". ***Critical Care***, 20 (227).