



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA



**DIAGNÓSTICO IMAGENOLÓGICO Y MANEJO INICIAL DEL PACIENTE CANINO
POLITRAUMATIZADO**

“por”

Joaquín ARIGÓN SCAGLIONI

TESIS DE GRADO presentada
como uno de los requisitos para
obtener el
título de Doctor en Ciencias
Veterinarias
Orientación: Medicina Veterinaria

MODALIDAD: Revisión
bibliográfica.

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2023**

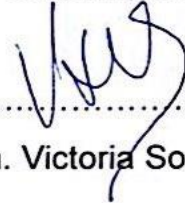
PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa



.....
Dr. Guillermo Cazzuli

Segundo miembro (Tutora)



.....
Dra. Victoria Sorriba

Tercer miembro



.....
Dra. Natalie Ruiz

Cuarto miembro (Co-Tutora)



.....
Dra. Flavia García

Quinto miembro (Co-Tutora)



.....
Dra. Grazziana Cigliuti

Fecha: 05/10/23

Autor:



.....
Joaquín Arigón Scaglioni

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora Dra. Victoria Sorriba y co-tutoras Dra. Flavia García y Dra. Grazziana Cigliuti por el tiempo invertido en esta tesis, su dedicación, todos los conocimientos aportados, por acompañarme durante este proceso con un trato cálido, respetuoso y por ser una fuente de motivación para terminar mi carrera de grado.

A los/as docentes del área de imagenología por compartirme sus conocimientos siendo estos claves para poder elaborar esta tesis de grado, su tiempo, respeto y excelente trato, llevándome a superarme como persona, haciendo de este proceso una gran experiencia.

A mi madre y padre por brindarme la oportunidad y las herramientas necesarias para poder realizar una carrera profesional. A mis hermanos por ayudarme a crecer como persona, por su apoyo incondicional y cariño.

A mi pareja por su apoyo, ayuda y paciencia durante este proceso. A mis amigas y amigos por estar siempre a mi lado durante este largo camino.

Un agradecimiento especialmente a los/as docentes, funcionarios/as y personal de biblioteca de la facultad de veterinaria por su gran vocación y compromiso con los estudiantes en su formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo general	10
2.2. Objetivos particulares	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
4.1. Atención primaria veterinaria	14
4.2. Valoración Secundaria	19
4.3. Triage inicial del paciente politraumatizado	21
4.4. MÉTODOS DE IMAGEN PARA LA EVALUACIÓN DEL PACIENTE POLITRAUMATIZADO	25
4.4.1. Ecografía	25
4.4.2. Radiografía	45
4.4.3. Tomografía	55
4.4.4. Resonancia Magnética	63
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	64
6. BIBLIOGRAFÍA	66

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Escala Animal Trauma Triage (ATT) score (Ash et al., 2018).	23
Tabla 2. Escala modificada de Glasgow (Ash et al., 2018).	24
Tabla 3. Escala APPLE score full (Hayes et al., 2010).	25
Ilustración 1. Ventanas acústicas con las imágenes ecográficas del protocolo AFAST de 5 vistas (Lisciandro, 2020).	29
Ilustración 2. Score de líquido libre abdominal con sus ventanas acústicas (Lisciandro, 2020).	30
Ilustración 3. Ventanas acústicas para protocolo TFAST (Lisciandro, 2011).	31
Ilustración 4. Representación de ventanas acústicas del TFAST con las imágenes ecográficas y radiográficas de la zona en estudio (Lisciandro, 2020).	32
Ilustración 5. Representación esquemática de los distintos cortes ecocardiográficos con sus correlaciones normales y posibles variaciones patológicas (Lisciandro, 2020).	33
Ilustración 6. Signos ecocardiográficos sugerentes de cardiopatías (Lisciandro, 2020).	34
Ilustración 7. Representación esquemática y radiográfica de las ventanas acústicas del protocolo Vet BLUE (Lisciandro, 2020).	37
Ilustración 8. Signos patológicos evaluados en el estudio ultrasonográfico pleuropulmonar (Lisciandro, 2020).	38
Ilustración 9. Imagen ecográfica en modo B y M de vena cava caudal en ventana transhepática derecha (Donati et al., 2020).	39
Ilustración 10. Esquema de irrigación arterial de parte inferior del cerebro (polígono de Willis) (Duque et al., 2009).	41
Ilustración 11. Evaluación mediante Doppler color y espectral de los flujos arteriales del polígono de Willis (Duque et al., 2009).	41
Ilustración 12. Visualización ultrasonográfica de pacientes con contusión pulmonar en distintas etapas del ciclo respiratorio antes y después de ser sometidos a ventilación mecánica (Tusman et al., 2015).	43
Ilustración 13. Bazo observado en vivo y visto mediante ecografía utilizando medio de contraste. Se evidencia sangrado activo con extravasación de medio de contraste (Lin et al., 2013).	44
Ilustración 14. Imagen radiográfica compatible con hernia diafragmática en incidencia latero lateral (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).	48
Ilustración 15. Imagen radiográfica compatible con hernia diafragmática en incidencia dorsoventral (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).	48
Ilustración 16. Imagen radiográfica de efusión pleural en canino pitbull de 4 años (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).	49
Ilustración 17. Radiografía torácica con signos de neumotórax, neumomediastino y enfisema subcutáneo (Servicio de Imagenología, Fvet, Udelar).	50
Ilustración 18. Imagen radiográfica con signos de neumotórax, contusión pulmonar y colapso de lóbulo pulmonar caudal izquierdo en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).	51

Ilustración 19. Imagen radiográfica con signos compatibles con neumomediastino, neumotórax y enfisema subcutáneo en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).	52
Ilustración 20. Imagen radiográfica de luxación coxofemoral izquierda en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).	53
Ilustración 21. Imagen radiográfica de luxofractura de L3-L4 con acabalgamiento en incidencia ventrodorsal en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar)	55
Ilustración 22. Imagen radiográfica de luxofractura de L3-L4 con acabalgamiento en incidencia laterolateral en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).	55
Ilustración 23. Esquema de escáner tomográfico helicoidal, el cual consta de varias filas de detectores. A medida que el tubo gira 360 grados la camilla ingresa al interior del gantry obteniendo múltiples cortes anatómicos (Bertolini & Prokop, 2011).	57
Ilustración 24. Imagen tomográfica A: se evidencia en el hemitórax derecho neumotórax y en el hemitórax izquierdo se visualizan 2 lesiones ovoides pseudoquísticas, una localizada profunda en el parénquima pulmonar (lesión tipo 1) y otra en el espacio subpleural a nivel paraespinal (lesión tipo 2). Imagen tomográfica B: se evidencian lesiones tipo 1 y 2 (Bertolini et al., 2020)	60
Ilustración 25. Imagen tomográfica A: se evidencia lesión tipo 3 con neumotórax y hemorragia parenquimatosa pulmonar. Imagen B: se evidencia lesión tipo 4 señaladas con las flechas blancas (Bertolini et al., 2020).	60
Ilustración 26. Cocker spaniel de 9 meses que sufrió politraumatismo. Clínicamente demostraba pérdida de propiocepción en miembro posterior derecho. Radiografía laterolateral en región toracolumbar demuestra fractura del cuerpo vertebral de L1, luxación articular L1-L2 y fractura en proceso espinal de L2. En la tomografía se observa fractura conminuta del cuerpo vertebral de L1.	62

RESUMEN

El paciente politraumatizado es una de las consultas más frecuentes en la emergencia veterinaria. Aunque estos pacientes han sido estudiados durante muchos años, siguen siendo un desafío para los médicos intensivistas debido a las diversas lesiones en los distintos órganos y sus complicaciones. Debido a esto se siguen buscando nuevos tratamientos y métodos diagnósticos. A pesar de los avances tecnológicos, el examen clínico y los protocolos de atención del paciente politraumatizado no se han suplantado. Los análisis paraclínicos (de laboratorio e imagen) tomaron un rol importante en el diagnóstico y monitorización de estos pacientes. El objetivo de esta revisión fue brindar las bases y los alcances de los principales métodos diagnósticos imagenológicos junto a un recordatorio del examen clínico inicial del paciente politraumatizado. Se describieron las bases físicas, ventajas y desventajas de cada herramienta imagenológica, las precauciones a tener en cuenta previo a realizar dichos estudios y se realizó una breve introducción a los protocolos imagenológicos relacionados a los pacientes politraumatizados. Se observó que toda la bibliografía consultada destaca el rol fundamental de la atención inmediata del paciente politraumatizado utilizando el protocolo de atención "ABDCE del trauma". Además, se recolectaron datos estadísticos obtenidos en estudios internacionales sobre tipos de trauma, etiología e implicancias orgánicas vinculadas a los mismos, resaltando la importancia de este tipo de estudios para la elaboración de una estrategia de prevención y atención. También se destacó el rol de la medicina humana en el desarrollo de la medicina veterinaria en cuanto al tratamiento y monitorización del paciente crítico. Se estudió la capacidad diagnóstica de cada una de las herramientas imagenológicas, junto al uso de sus protocolos para el paciente crítico, sobre todo los protocolos ultrasonográficos, que podrían ser utilizados por personal de centros de emergencia mientras se realiza el tratamiento o maniobras de emergencia, mejorando la calidad de atención al paciente; demostrándose como conclusión de este trabajo la gran importancia de los métodos de diagnóstico imagenológico en los pacientes caninos politraumatizados.

SUMMARY

Polytrauma patients are one of the most common consults in the veterinarian emergency centers. Even though these patients have been studied for many years they're still a big challenge to intensive care personal due to the many lesions and complications. Due to this, new treatments and diagnostic methods continued to be sought. Despite the technological advances, the clinical exam and the treatments protocols are still the main tools in the care of the polytrauma patients. Paraclinical analysis (laboratory and imaging) played an important role in the diagnosis and monitoring of these patients.

The objective of this bibliographical review was to provide the bases and diagnostic scope of the main imaging diagnostic methods together with a reminder of the initial clinical examination of the polytraumatized patient. The physical bases, advantages and disadvantages of each imaging tool would be described, as well as the precautions to take into account prior to carrying out these studies, and a brief introduction to the imaging protocols related to polytraumatized patients was made. It was observed that all the bibliography consulted highlights the fundamental role of the immediate care of the polytraumatized patient using the "ABDCE trauma" care protocol. In addition, statistical data obtained from international studies on types of trauma, etiology and organic implications linked to them were collected, highlighting the importance of this type of study for the development of a prevention and care strategy. The role of human medicine in the development of veterinary medicine was also highlighted in terms of the treatment and monitoring of critically ill patients. The diagnostic capacity of each of the imaging tools was studied, along with the use of their protocols for critical patients, especially ultrasonographic protocols, which could be used by emergency center personnel while treatment or emergency maneuvers are performed improving the quality of patient care; The conclusion of this work demonstrates the great importance of imaging diagnostic methods in polytraumatized canine patients.

1. INTRODUCCIÓN

Un traumatismo es toda aquella lesión infringida al cuerpo, pudiendo ser leve o grave (Magán & García, 2019).

El paciente politraumatizado es aquel con dos o más lesiones traumáticas periféricas, viscerales o mixtas, que presentan una repercusión respiratoria o circulatoria, cuya gravedad dependerá del número de órganos afectados y de la magnitud de la agresión (Mouly, 2018).

El politraumatismo representa una de las urgencias más frecuentes dentro de una unidad de cuidados intensivos (Torrente & Bosch, 2011). Los daños implicados en el paciente traumatizado son una de las principales causas de muerte en la urgencia veterinaria (Magán & García, 2019). En Estados Unidos es la segunda causa de muerte dentro de la medicina veterinaria, principalmente a consecuencia de accidentes vehiculares, caídas de altura, proyectiles, lesiones contusas o penetrantes debido a mordidas entre perros y empalamiento (Davros Gregory, Cockrell & Hall, 2022).

Debido a la severidad de estos cuadros se debe actuar en base a protocolos de atención con el objetivo de prevenir sus complicaciones y disminuir su mortalidad (Magán & García, 2019). Estos protocolos ya están estandarizados y validados en medicina veterinaria con el fin de guiarnos a una atención más eficiente. La atención comienza aplicando el "ABCDE del trauma", el cual se debe realizar lo más rápido posible para diagnosticar y saber cómo tratar al paciente para salvarle la vida (Crowe, 2006). Luego, para un mayor alcance diagnóstico del paciente politraumatizado, se recurre a los análisis paraclínicos. Los métodos imagenológicos son herramientas fundamentales y complementarias a la evaluación clínica. Los principales son: la ecografía, la radiografía, la tomografía y la resonancia magnética.

En este trabajo se describirán los puntos más importantes sobre la atención primaria y secundaria de los pacientes politraumatizados y se hará énfasis en las precauciones, beneficios y limitaciones de los métodos imagenológicos en pacientes críticos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Realizar una revisión bibliográfica actualizada sobre las principales herramientas diagnósticas imagenológicas y el manejo inicial del paciente canino politraumatizado.

2.2. Objetivos particulares

- Describir las bases de la atención primaria y secundaria en las primeras horas del paciente politraumatizado.
- Presentar los distintos sistemas de triaje en pacientes veterinarios.
- Desarrollar los fundamentos y principales usos de las herramientas diagnósticas imagenológicas en el paciente canino politraumatizado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La búsqueda bibliográfica se realizó en dos idiomas: español e inglés.

Se utilizaron buscadores científicos como Pubmed, SciELO, Springer Link y Google Académico como principales motores de búsqueda. Fueron empleadas palabras claves como “emergencia”, “imagenología”, “cuidados intensivos”, “politraumatismo en caninos”, entre otras. Se seleccionaron publicaciones arbitradas teniendo en cuenta aquellas con fecha de publicación más reciente.

Se consultaron libros de referencia actualizados relacionados con emergencia, medicina intensiva e imagenología.

Esta revisión fue complementada con bibliografía de medicina humana debido al mayor desarrollo de la temática con respecto a medicina veterinaria.

Se obtuvieron datos e imágenes radiográficas del Servicio de Imagenología del Centro Hospital Veterinario de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República (UdelaR).

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El paciente politraumatizado es aquel que sufre múltiples traumas en distintas partes del cuerpo, como trauma craneoencefálico, torácico, abdominal, pélvico, entre otros (Magán & García, 2019). La severidad y las consecuencias del trauma estarán condicionadas por la fuerza y naturaleza de este, junto a las características de especie, raza, edad, peso, tamaño y condición corporal del paciente involucrado. Las características de las lesiones y sus complicaciones están relacionadas con el tipo de trauma (Mouly, 2018).

Se describen tres tipos de traumas (Mouly, 2018):

- 1- Trauma romo o contuso
- 2- Trauma perforante-lacerante
- 3- Trauma mixto

1- Trauma romo o contuso

Ocurre cuando el traumatismo es consecuencia de un cuerpo de superficie más o menos extensa que adquiere particular violencia o fuerza, la cual se ejerce sobre la pared del cráneo, el tórax o el abdomen. Tiene como característica que los signos externos son apenas significativos, no así las lesiones internas (Grandini-González, 2004).

En un estudio fueron evaluadas las lesiones que podrían ocurrir en un trauma romo. Como población de estudio se incluyeron 235 perros que sufrieron un trauma romo, siendo el 91,1% de ellos a consecuencia de accidentes vehiculares. Las lesiones torácicas más comunes fueron las contusiones pulmonares con un 58%, seguidas de neumotórax con un 47%, fracturas costales 23% y finalmente el hemotórax con un 18%. En el compartimento abdominal las lesiones más habituales fueron el hemoperitoneo, las hernias abdominales y la ruptura del tracto urinario (Simpson, Syring & Otto, 2009). Otro estudio concluye que los pacientes que sufren un trauma romo tienen mayor probabilidad de ingresar a la unidad de cuidados intensivos para ser atendidos las 24 horas ya que suelen presentar lesiones craneoencefálicas, torácicas y abdominales (Davros et al., 2022). En comparación con el trauma penetrante, en el trauma romo se observó con mayor frecuencia la efusión peritoneal, efusión pleural y la ausencia de deslizamiento pleural en la evaluación ecográfica, siendo este un signo sugerente de neumotórax. También en este mismo estudio se evidenció que en los traumas contusos las principales complicaciones que se relacionan con un aumento en la mortalidad son la coagulación intravascular diseminada, el síndrome distrés respiratorio agudo, la necesidad de ventilación mecánica con presión positiva o vasopresores y el paro cardiopulmonar (Davros et al., 2022).

En un estudio retrospectivo donde se estudiaron perros lesionados por accidentes automovilísticos, se observó que de un total de 600 animales solo el 31% presentaban como única alteración heridas superficiales. El 87% de los animales presentó daño en el esqueleto, en el 12% de los animales hubo trauma torácico (neumotórax, hemotórax y contusión pulmonar) y solo el 5 % presentó trauma abdominal. La fisura de la cápsula o el parénquima hasta la fragmentación de un lóbulo hepático fueron las lesiones más frecuentes, seguidas por lesiones en vejiga, diafragma y riñones. En los casos que fallecieron, el 24% tenían solo lesiones abdominales y el 39% presentaban lesiones abdominales y torácicas (Kolata & Johnston, 1975).

En el trauma como consecuencia de accidentes automovilísticos, según Londoño (2022), se puede evidenciar uroabdomen con azotemia o hipercalemia, que por lo general está asociado al trauma a nivel abdominal o pélvico. Generalmente el uroabdomen es a consecuencia de una lesión en vejiga, pero también puede ser por daños en otras estructuras dentro del aparato urinario.

En otro estudio, Gordon, Thacher & Kapatkin (1993) describieron que, en las caídas de altura, un 15% de los perros involucrados tuvieron lesiones abdominales, siendo mayor la probabilidad de sufrir lesiones si la altura de caída era superior a tres pisos.

El maltrato de los perros por parte de los humanos es otra causa de trauma como. En este tipo de trauma, documentado por Munro & Thrusfield (2001), se evidenció que las lesiones abdominales internas se presentaron con menor frecuencia que las lesiones superficiales o las fracturas. En este estudio se constató que 13 de 217 perros presentaron ruptura de un órgano, incluidos bazo, hígado, vejiga y riñón.

2- Trauma penetrante- lacerante

El trauma penetrante-lacerante se genera principalmente por elementos cortopunzantes o proyectiles. Las causas más frecuentes de este tipo de trauma son las mordeduras, seguidas por las heridas de bala y el empalamiento con evisceración. En términos generales, en comparación con el trauma contuso, en el trauma penetrante se observó mayor supervivencia (Davros et al., 2022).

Las heridas por mordeduras pueden generar trauma como y penetrante, por lo que se deben explorar las heridas superficiales debido a posibles daños profundos. En ciertas circunstancias se prefiere realizar una exploración quirúrgica debido a la contaminación bacteriana que proviene de la boca del animal y del ambiente, que puede desencadenar la formación de abscesos u otras complicaciones como septicemia. Dichas lesiones son más frecuentes en tórax (Shamir, Leisner, Klement, Gonen & Johnston, 2002).

En un estudio retrospectivo realizado por Fullington & Otto (1997) sobre heridas de armas de fuego en 84 animales, se encontró que 32 animales tuvieron lesiones torácicas y 14 lesiones abdominales, siendo estas las que presentaron mayor compromiso cardiovascular al momento del ingreso al centro de cuidados intensivos.

En otro estudio Baker et al. (2013) describieron que solo el 38% de los perros que sufrieron lesiones por proyectiles de alta velocidad y de gran calibre sobrevivieron. La región anatómica frecuentemente afectada en este estudio fue el tórax, presentándose en el 50% de los perros. La principal causa de muerte fue por la herida de bala en la región del tórax y en la cabeza. Perros con heridas en miembros tuvieron mayor tasa de sobrevivencia. Los casos que presentaron múltiples heridas tuvieron un peor pronóstico con menos posibilidades de supervivencia.

En medicina humana se vio que la incapacidad de controlar hemorragias y las lesiones intrabdominales debido a traumas lacerantes o penetrantes son el 80% de las causas de muerte intrahospitalaria (Lisciandro et al., 2009). En estudios realizados en pacientes politraumatizados se vio que las hemorragias no solo son una consecuencia de un daño estructural en distintos órganos y vasos sanguíneos, sino que sumado a esto hay una alteración en los mecanismos de la coagulación asociada a la lesión del glicocalix endotelial aumentando la mortalidad en estos pacientes (Johansson, Stensballe & Ostrowski, 2017).

3- *Trauma mixto o complejo*

Es producido por la asociación de dos o más mecanismos de trauma. Comprende excoriaciones y heridas contusas y punzantes, aplastamiento, arrastre por accidentes automovilísticos y caídas desde altura (Vargas-Alvarado, 2000). Los traumas mixtos son los que presentan lesiones de mayor severidad y se relacionan con un peor pronóstico y menor probabilidad de sobrevivencia (Davros et al., 2022).

Tanto en el perro como en el gato, el trauma torácico se diagnostica con mayor frecuencia que el trauma abdominal, probablemente por el compromiso respiratorio evidente (Silverstein & Hopper, 2017). Dentro de las alteraciones traumáticas en el tórax, la más frecuente es la contusión pulmonar pudiendo ocasionar hemorragias y edemas intersticiales y alveolares con destrucción del parénquima que se generan en el momento del trauma y tienden a ser progresivos en las primeras 24 a 48 horas poniendo en peligro inminente la vida del paciente (Silverstein & Hopper, 2017). La causa más común de contusión pulmonar son los accidentes automovilísticos. Las lesiones que frecuentemente acompañan las contusiones pulmonares son: neumotórax, fracturas de costillas, traumatismos craneoencefálicos y fracturas en otras regiones anatómicas. Las contusiones pulmonares pueden comprometer la vida del paciente estando relacionado con la severidad de estas, sumado a las otras alteraciones vinculadas al paciente politraumatizado, en caso de sobrepasar las crisis agudas suelen resolverse en 7 a 10 días. Puede haber insuficiencia respiratoria aguda e hipoxemia progresiva en casos de contusiones extensas, debido a una alteración en la relación ventilación/perfusión (V/Q), edema pulmonar, aumento de la presión intrapulmonar y pérdida de la distensibilidad (compliance) pulmonar y generarse una disminución del surfactante pulmonar a las 24-48 horas de ocurrida la contusión. Esto lleva a hipoxia, hipercapnia y aumento en el trabajo respiratorio (Mouly, 2018).

Debido a la potencial gravedad y complejidad del paciente politraumatizado se debe guiar la atención médica en base a protocolos para abarcar todos los puntos a evaluar. La primera hora posterior al traumatismo es la de mayor importancia para realizar los primeros pasos de atención. El objetivo debe ser mantener una correcta perfusión y oxigenación tisular (Magán & García, 2019). El encare comienza con la atención primaria y atención secundaria.

4.1. Atención primaria veterinaria

Debido a la alta morbilidad y mortalidad del paciente politraumatizado se establecen estrategias y protocolos que buscan la correcta aproximación diagnóstica y tratamiento con el fin de mejorar los resultados para los pacientes (Marsden & Tuma, 2022).

La revisión primaria del paciente politraumatizado debe enfocarse en el diagnóstico y tratamiento de condiciones que ponen en peligro inminente la vida del paciente. En la atención primaria se busca de manera ordenada, rápida y eficaz contemplar el “ABCDE del trauma”. La sigla corresponde a A: vías aéreas, B: respiración (ventilación), C: estado cardiovascular, D: discapacidad (estado neurológico), E: evaluación externa en todas las áreas; este orden siempre debe respetarse, comenzando por la evaluación de las vías aéreas y avanzado una vez que se complete el diagnóstico y tratamiento de dicha sigla pudiendo avanzar con las siguientes. La participación de un equipo médico en la atención del ABCDE permite realizarla en menor tiempo y con mejores resultados (Marsden & Tuma, 2022).

El diagnóstico se debe realizar en menos de dos minutos dándonos una idea de cómo comenzar el tratamiento médico para salvarle la vida al paciente. Cualquier trastorno vinculado a estos puntos debe abordarse en los primeros 5 minutos de atención. Por ejemplo, permeabilizar la vía aérea si hay una obstrucción debe ser la primera medida a tomar previo a evaluar el patrón respiratorio, y si existiera por ejemplo un neumotórax debe ser resuelto antes de continuar con el aparato cardiovascular (Crowe, 2006).

Lo primero que se evalúa es el aparato respiratorio para determinar si el paciente está en hipoxemia o está hipoventilando. Una hipoxemia prolongada puede provocar insuficiencia multiorgánica, por lo que debe tratarse de inmediato. Existen algoritmos para dirigir el tratamiento con el fin de establecer un efectivo flujo de sangre oxigenada a todos los tejidos para prevenir complicaciones que podrían causar la muerte del paciente (Crowe, 2006).

ABCDE del trauma:

A= Vía aérea

Valorar la permeabilidad de la vía aérea:

- Si el paciente respira la vía aérea está permeable.

- Si el paciente no respira la vía aérea no está permeable y es prioritario colocar un tubo endotraqueal inmediatamente y comenzar rápidamente a ventilar de manera asistida con una bolsa con oxígeno suplementario antes de continuar con la evaluación. Se puede utilizar el dispositivo mascarilla-válvula-bolsa si se adecua a las características del paciente. Si la permeabilidad de la vía aérea es dudosa se debe reevaluar o proceder a intubar (PHTLS: Prehospital trauma life support 2014).
- En caso de no poder intubar la vía aérea por un cuadro obstructivo se deberá realizar una cricotiroidotomía o traqueostomía para asegurar la vía aérea. Se recomienda la cricotiroidotomía ya que la técnica es más fácil y requiere menos tiempo para su realización (Marsden & Tuma, 2022).

B= Respiración

Si el animal tiene las vías aéreas permeables y respira, se debe evaluar la frecuencia y el patrón respiratorio (en pacientes sanos el patrón normal es el costo-abdominal), si presenta disnea (inspiratoria/espiratoria/mixta) y la saturación parcial de oxígeno (SpO₂) (procurar que sea mayor o igual a 95%). Es de gran importancia evaluar la coloración de las mucosas y realizar la auscultación traqueal y torácica. Las mucosas cianóticas representan un signo tardío y grave de hipoxemia. Si la auscultación torácica no es normal y presenta esfuerzo ventilatorio se deberá administrar oxígeno y ver respuesta clínica hasta poder hacer una evaluación etiológica más rigurosa, que quedará en segundo plano hasta terminar de realizar la evaluación y tratamiento primario (Silverstein & Hopper, 2017).

La taquipnea (frecuencia respiratoria mayor a 40 respiraciones por minuto) puede indicar la presencia de hipoxemia a causa de patología pleuropulmonar y shock, aunque también puede estar asociada con dolor, hipovolemia, distensión abdominal y miedo. Los animales con taquipnea con compromiso respiratorio generalmente tendrán un aumento en el esfuerzo ventilatorio (Silverstein & Hopper, 2017).

En caso de esfuerzo inspiratorio es importante revisar nuevamente vías aéreas y considerar ocupaciones pleurales. Los esfuerzos espiratorios se relacionan a alteraciones bronquiales o pulmonares (Crowe, 2006). La bradipnea puede indicar obstrucción de vías aéreas superiores o inferiores. Una respiración lenta y apneica puede ser indicativo de paro respiratorio inminente, requiriendo asistencia inmediata (Silverstein & Hopper, 2017). Una respiración con un patrón restrictivo se relaciona con enfermedad del parénquima pulmonar y ocupaciones pleurales donde se ve un aumento de la frecuencia respiratoria para mantener la ventilación alveolar a pesar de la menor capacidad de expansión pulmonar. Si se sospecha de ocupación pleural en el canino se debe realizar inmediatamente la toracocentesis para estabilizar su ventilación (Silverstein & Hopper, 2017).

Dentro de las patologías vinculadas a la ocupación pleural a consecuencia de un episodio traumático se encuentran:

- Hemotórax: Efusión pleural cuyo hematocrito es mayor a un 10%. Puede ser a consecuencia de traumas, coagulopatías, hernias diafragmáticas e hiatales, tromboembolismo pulmonar, torsión lobar pulmonar, pancreatitis, entre otras (Silverstein & Hopper, 2017).
- Quilotórax: De color blanco o rosado, de aspecto opaco. Suele haber predominio de linfocitos, tiene altas concentraciones de triglicéridos. Las causas más frecuentes son enfermedad cardíaca, obstrucción del conducto torácico, ruptura traumática del conducto torácico, neoplasia mediastínica craneal, torsión lobar pulmonar y hernia diafragmática, entre otras (Silverstein & Hopper, 2017).
- Neumotórax: Presencia de aire en el espacio pleural asociado a trauma contuso o penetrante. El neumotórax cerrado se puede dar a consecuencia de fracturas de costillas las cuales lesionan el parénquima pulmonar o se puede presentar en contusiones pulmonares a glotis cerrada en las cuales aumenta la presión de las vías aéreas generando un barotrauma en las vías de conducción o los alvéolos. Esto resulta en la salida de aire al espacio pleural (Mouly, 2018). Debido a la comunicación entre ambas hojas pleurales en el mediastino, usualmente suele ser bilateral (Magán & García, 2019).
Los neumotórax se clasifican en:
 - Neumotórax cerrado: Cuando existe un escape de aire a nivel del parénquima pulmonar, el árbol bronquial o el esófago y se acumula en cavidad pleural (Magán & García, 2019).
 - Neumotórax hipertensivo o a tensión: Ocurre cuando en la zona de fuga el tejido solo permite la entrada de aire a la pleura, actuando como una válvula de un solo sentido, generando presiones intrapleurales supraatmosféricas (Mouly, 2018).
 - Neumotórax abierto: Cuando el aire tiene acceso a través de la pared torácica al espacio pleural (Mouly, 2018).

En caso de sospecha de ocupación pleural se deberá estabilizar al paciente antes de continuar con su evaluación.

Ante un neumotórax hipertensivo o a tensión se recomienda realizar una toracocentesis con catéter de alto calibre dejándolo expuesto a presión atmosférica (así se transforma en normotensivo) hasta colocar un tubo de tórax (Silverstein & Hopper, 2017).

En la literatura de medicina humana, cuando se trata de un neumotórax abierto debido a un trauma penetrante se recomienda cubrir la herida con un apósito estéril sellándolo a la piel por tres bordes, dejando uno libre (parche de tres puntas) o un parche comercial con una válvula de salida de aire (Molnar, 2017). Luego se procede a la colocación del tubo torácico y, si se cree necesario, posterior a la evaluación primaria y secundaria se realizará la exploración de la cavidad torácica y la reparación quirúrgica del defecto en tórax.

Frente a un hemotórax masivo se recomienda colocar un tubo torácico, pudiéndose considerar la transfusión o autotransfusión y la posibilidad de realizar una cirugía de urgencia (Crowe, 2006).

En pacientes con traumatismos de tórax puede ocurrir lo que se conoce como “tórax flotante” (“Flail chest”). Este está ocasionado por fracturas costales segmentarias que provocan el movimiento paradójico de este segmento de la caja torácica respecto al resto de la misma durante el ciclo respiratorio (Vignoli & Graham, 2022). Ante la presencia de tórax flotante con contusión pulmonar severa se deberá administrar oxígeno, analgesia, estabilización provisoria de pared torácica y, en caso de ser necesario, ventilación mecánica. La presencia de tórax flotante en pacientes mordidos por perros se ha visto asociada a daño torácico profundo, por lo que se recomienda la toracotomía exploratoria (Frykfors von Hekkel, Pegram & Halfacree, 2020)

C= Circulación

Evaluación para identificar la mala perfusión de los tejidos, la cual va a originar una disminución de la entrega de oxígeno terminando en una hipoxia tisular crítica que desencadena una cascada de eventos que podría llevar a una disfunción orgánica múltiple y muerte. Las situaciones que pueden causar pobre perfusión tisular y signos clínicos de shock incluyen: hipovolemia, enfermedad cardíaca, arritmias cardíacas y estados de vasodilatación, como sepsis o síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) (Silverstein & Hopper, 2017).

El médico debe valorar el estado circulatorio global del paciente controlando la auscultación cardíaca, el pulso, la temperatura, el color, el grado de humedad de las mucosas y el tiempo del llenado capilar. Al realizar la evaluación primaria es importante que el veterinario tenga presente que en los animales en estadios iniciales de shock (compensado) pueden evidenciarse solo cambios leves en sus parámetros cardiovasculares. Puede ocurrir que recién en los estadios finales del shock (descompensado) haya cambios notorios en estos parámetros (Mouly & Donati, 2020). Las membranas mucosas se pueden encontrar cianóticas indicando hipoxemia o pálidas con tiempo de llenado capilar demorado (más de 3 segundos) indicando hipoperfusión/anemia. Se realiza la palpación del pulso para evaluar frecuencia, ritmo y amplitud o fuerza. Ritmos regulares, rápidos y débiles nos pueden indicar que el paciente está en estado de shock; ritmos rápidos sin alteraciones en los otros parámetros podrían indicar dolor o miedo. Un pulso débil y lento se da en casos de bradicardia o aumento en el tono vagal; pulsos irregulares se dan en casos de arritmias. También se pueden hacer otras valoraciones para verificar el retorno venoso como el control del tiempo de ingurgitación de la vena yugular, y en pacientes con ocupaciones pleurales también se valora el tiempo de colapso yugular luego de la oclusión, donde se evidencia que la ocupación pleural lo prolonga (Silverstein & Hopper, 2017).

El profesional debe identificar y controlar la hemorragia externa en la valoración primaria. El control de la hemorragia se incluye en el apartado de circulación porque

si no se controla lo antes posible una hemorragia abundante, la posibilidad de que el paciente fallezca aumenta drásticamente (Crowe, 2006).

Como metas de resucitación en el perro se considera: lograr que el paciente se encuentre de sensorio alerta, frecuencia cardiaca menor o igual a 140 lpm, mucosas rosadas, tiempo de llenado capilar 1-2 segundos, temperatura 38 a 39°C, presión arterial sistólica (PAS) mayor a 90 mmHg, SpO2 mayor de 92%, hematocrito mayor a 25%, hemoglobina mayor a 7g/dl, proteínas totales 4 g/dl, lactatemia menor a 2,5 mmol/l, presión venosa central de 3 a 8 cmH2O y diuresis de 1-2 ml/kg/hr (Mouly, 2018).

En el shock hemorrágico se debe intentar llegar a una PAS mayor a 80-90 mmHg, administrar hemoderivado o realizar autotransfusión, considerando también el uso temporal de vendaje compresivo y el empleo de fármacos antifibrinolíticos como el ácido tranexámico (Mouly & Donati, 2020). En caso de no lograr la compensación rápida del paciente se debe evaluar el control quirúrgico del sangrado (Silverstein & Hopper, 2017). Otros motivos por los cuales se recomienda la laparotomía exploratoria en trauma abdominal son:

- Hemoabdomen progresivo (Magán & García, 2019).
- Trauma penetrante (Mouly, 2018).
- Evisceración (Silverstein & Hopper, 2017).
- Peritonitis (Silverstein & Hopper, 2017).
- Neumoperitoneo (Lisciandro et al., 2009).
- Ruptura de tracto gastrointestinal o injuria severa en víscera maciza (Crowe, 2006).

D= Estado neurológico o de conciencia

La evaluación de la función cerebral es un indicador indirecto de la oxigenación cerebral. Debe incluir la valoración de lesiones cerebrales y medulares. El objetivo es determinar el nivel de conciencia del paciente y evaluar el riesgo de hipoxia. Se debe sospechar un aumento de la presión intracraneal (como consecuencia de un trauma craneoencefálico) en todo paciente con alteración grave del estado mental. Los problemas que afectan el sistema nervioso y que requieren estabilización inmediata son las convulsiones, la alteración del estado mental (estupor y coma) y la parálisis aguda grave con pérdida de nocicepción. Las convulsiones prolongadas se deben tratar de forma inmediata, ya que pueden causar hipertermia, edema cerebral y daño cerebral irreversible (PHTLS: Prehospital trauma life support 2014).

Se debe aplicar la Escala de coma de Glasgow modificada antes de administrar sedantes para determinar el pronóstico del paciente. Esta escala será explicada en profundidad más adelante.

Se debe valorar el sensorio, la respuesta a estímulos auditivos, visuales y sensoriales. El sensorio puede variar de excitado a coma, pasando por varios estados intermedios como puede ser un sensorio alerta, deprimido y estupor. En caso de sospecha de lesión medular traumática, se debe inmovilizar al paciente sobre una tabla y minimizar el movimiento del animal (Silverstein & Hopper, 2017).

E=Exposición

Para evitar la hipotermia, el paciente debe ser abrigado (por ejemplo, con mantas) mientras se realiza una exploración rápida de las distintas regiones del cuerpo para evaluar lesiones que deberán ser tratadas en la revisión primaria. Por ejemplo, en el abdomen si se observa una hemorragia se debe evaluar en el apartado C, en casos de fracturas se debe realizar la inmovilización de esta (controlando el dolor y la hemorragia), se debe buscar y tratar lesiones musculoesqueléticas como fractura pélvica, síndrome de aplastamiento/rabdomiólisis que puede llevar a la injuria renal aguda por mioglobinuria y trastornos electrolíticos. Debe realizarse un examen neurológico y evaluar la circulación sanguínea en los miembros, considerar colocación de sonda nasogástrica para evitar aspiración (contraindicado en casos de fracturas maxilofaciales y fractura de base de cráneo) y considerar radiografía de tórax, pelvis, ecografía abdominal y otros análisis de sangre (PHTLS: Prehospital trauma life support 2014).

4.2. Valoración Secundaria

Luego de completada la valoración primaria, identificadas y tratadas todas las lesiones con riesgo vital e iniciada la reanimación, se comienza la valoración secundaria. Su objetivo es identificar las lesiones o problemas que no se identificaron en la valoración primaria. Durante este proceso se evalúa el aparato respiratorio, cardiovascular, neurológico y urinario y se realiza una anamnesis dirigida "A.M.P.L.E." (Allergies, medications, past medical history, last meal, events leading up to): alergias, medicamentos, historia clínica pasada con antecedentes médicos y quirúrgicos, última comida (muchos pacientes traumatizados precisan cirugía y la ingesta reciente de alimentos aumenta el riesgo de aspiración durante la inducción de la anestesia), micción y descripción del evento traumático. Se realiza un examen físico completo "desde la punta de la nariz a la punta de la cola" (Silverstein & Hopper, 2017). La inspección visual de la cabeza y la región facial puede revelar la presencia de contusiones, erosiones, cortes, asimetrías óseas, hemorragias, fracturas óseas de cara y cráneo o anomalías oculares, de orejas y mandíbula. Se debe explorar con atención debajo del pelo del paciente para detectar lesiones de tejidos blandos. Comprobar el tamaño de las pupilas y su reactividad a la luz, simetría, posición, forma circular o irregular. Palpar con cuidado los huesos de la cara y cráneo para identificar crepitación, desviación, hundimiento o movilidad anormal.

Se reevalúa columna cervical y cuello, examinando nuevamente vía aérea, estructura vascular y médula espinal. La exploración visual del cuello permitirá detectar contusiones, erosiones, heridas y deformidades. La palpación puede demostrar enfisema subcutáneo de origen laríngeo traqueal y pulmonar. La crepitación laríngea junto a ronquera y enfisema subcutáneo forman la triada clásica de una fractura laríngea. La presencia de dolor a la palpación de la columna cervical puede señalar la presencia de fractura, luxación o lesión ligamentosa. La palpación debe realizarse

con cuidado asegurándose de mantener una posición neutra alineada de la columna cervical (PHTLS: Prehospital trauma life support 2014).

A nivel de tórax es necesaria una exploración visual minuciosa para detectar deformidades, zonas de movilidad paradójica, contusiones y erosiones que pueden indicar la presencia de lesiones subyacentes. Otros signos que se deben buscar son la asimetría del movimiento torácico y el abultamiento o hundimiento intercostal. De palpase fracturas costales debe pensarse en una probable contusión pulmonar subyacente (crepitante a la auscultación), así como neumotórax (con ruidos respiratorios atenuados o ausentes y/o enfisema subcutáneo). El taponamiento cardíaco se caracteriza por tonos cardíacos distantes a la auscultación (PHTLS: Prehospital trauma life support 2014).

Se debe empezar el examen abdominal por la inspección visual. Las erosiones o las equimosis indican la posibilidad de una lesión subyacente. La palpación debe realizarse de forma exhaustiva para detectar dolor, defensa muscular abdominal y masas. Luego de realizar el examen físico abdominal se puede considerar la realización de ecografía o lavado peritoneal diagnóstico, si no se realizó previamente (PHTLS: Prehospital trauma life support 2014).

La pelvis se debe inspeccionar en busca de erosiones, contusiones, heridas, fracturas abiertas y signos de distensión. Se palpa la pelvis tan solo una vez para detectar inestabilidad con cuidado porque se podría provocar una hemorragia interna de existir fractura, valorando la presencia de dolor y de movilidad anormal. El médico debe sospechar una hemorragia cuando existan signos de inestabilidad (PHTLS: Prehospital trauma life support 2014). Las fracturas de pelvis en un paciente politraumatizado se correlacionan con la severidad del trauma, estando asociado con la presencia de complicaciones como hemorragias y compromiso abdominal y torácico. En todo traumatismo pélvico se debe sospechar hematoma o hemorragia retroperitoneal, siendo esta la complicación más frecuente y la principal causa de muerte. Esto ocurre debido a lesiones de plexos venosos y arteriales ubicados próximo a la pelvis (Mouly, 2018).

Luego del examen de la columna vertebral para detectar dolor y deformidades, se examinan las extremidades del paciente, explorándose todos y cada uno de los huesos y articulaciones mediante inspección visual para identificar deformidad, hematoma o equimosis, y mediante palpación para determinar la presencia de crepitación, dolor o movilidad anormal. Ante la sospecha de una fractura hay que inmovilizar la extremidad hasta lograr la confirmación radiológica. El médico debe comprobar también la circulación y realizar el examen neurológico sensitivo motor del extremo distal de cada extremidad (PHTLS: Prehospital trauma life support 2014).

La exploración neurológica durante la valoración secundaria debe ser realizada con mucho más detalle que en la valoración primaria. Debe incluir la puntuación de la

Escala de Glasgow, la evaluación de la función motora y sensitiva y la observación de la respuesta pupilar. Cuando explora las pupilas del paciente el médico debe evaluar su simetría en tamaño y respuesta a la luz. Las pupilas que reaccionan a la luz con velocidad diferente se consideran asimétricas. La asimetría pupilar en el paciente traumatizado inconsciente puede indicar hipertensión intracraneal o una compresión del 3er par craneal causado bien por edema cerebral o por un hematoma intracraneal rápidamente expansivo. Una lesión ocular directa puede causar también una anisocoria. Una exploración somera de la función sensitiva permite detectar la presencia de disminución o pérdida de la sensibilidad de las extremidades, así como identificar zonas que requieren una exploración más atenta (PHTLS: Prehospital trauma life support 2014).

4.3. Triage inicial del paciente politraumatizado

El propósito del triaje es clasificar a los pacientes según la urgencia de atención. Es utilizado cuando la demanda y las necesidades clínicas superan los recursos del centro de atención médico. Mediante esta herramienta se busca poder manejar adecuadamente y con seguridad el flujo de pacientes, brindando una asistencia eficaz y eficiente. Se busca que sea una herramienta fácil de utilizar, rápida, que permita estimar los recursos que va a requerir el paciente y que nos permita llegar a un pronóstico inicial de gravedad (Soler, Gómez, Bragulat & Álvarez, 2010).

Al ingreso del paciente, luego de obtener una breve historia clínica (reseña, motivo de consulta y cuadros médicos concurrentes) se debe hacer un examen físico enfocado, esto hace referencia a priorizar ciertos sistemas como el respiratorio, cardiovascular y neurológico. Este examen nos orientará sobre el estado general del paciente y la prioridad de atención que necesita. Se constata que hay ciertos cuadros clínicos que requieren una atención inmediata, encontrándose dentro de estos el trauma (Silverstein & Hopper, 2017).

Estos sistemas de triaje tienen pautas claras sobre cómo evaluar al paciente y clasificarlo según su gravedad y prioridad de atención.

La Escala de Triage de Manchester, utilizada en medicina humana, clasifica la prioridad de atención en base a cuatro colores y su tiempo de atención según el color correspondiente:

- Rojo significa prioridad de atención inmediata.
- Naranja atención dentro de los 15 minutos del ingreso.
- Amarillo dentro de los primeros 30 a 60 minutos del ingreso.
- Verde dentro de los 120 minutos del ingreso.
- Azul dentro de los 240 min del ingreso, siendo este el menos grave (Soler et al., 2010).

Estos sistemas se basan en signos vitales y algunos algoritmos de los motivos de consulta.

En medicina veterinaria, el primer sistema de triaje vinculado a un trauma agudo fue el Animal Trauma Triage (ATT) realizado para la investigación clínica, predicción de resultados e identificación de pacientes que requieren intervención médica o quirúrgica inmediata (Silverstein & Hopper, 2017).

Score en trauma

En la actualidad existen a disposición scores pronósticos para pacientes politraumatizados, los cuales permiten la identificación temprana del paciente que morirá o requerirá eutanasia, la proyección de los tiempos de hospitalización y la evaluación de la respuesta al tratamiento mediante datos objetivos, pudiendo repetirse estos scores a lo largo de la terapia durante las primeras horas de hospitalización.

Hay tres tipos de scores que se pueden aplicar, el uso de uno de ellos no excluye la utilización de los otros, sino que se utilizan como complemento para llegar a un pronóstico más certero. Existen scores que se basan en el examen físico del paciente como el Animal Trauma Triage (ATT) y la Escala de coma Glasgow modificada (GSm). Se pueden aplicar asimismo scores que se basan en la utilización de métodos paraclínicos utilizando parámetros como calcio iónico, lactato, exceso/déficit de bases, saturación venosa central de oxígeno, etc. Hay scores híbridos que utilizan tanto parámetros clínicos como paraclínicos, por ejemplo el Acute Patient Physiologic and Laboratory Evaluation (APPLE Score).

Scores basados en examen físico

El ATT evalúa seis áreas a las cuales les asigna un valor numérico comprendido entre 0 y 3, correspondiendo el valor más alto a la peor condición (Tabla 1). Estos valores se le asignan a las lesiones y su gravedad en cada sistema (Ash, Haye, Goggs & Sumner, 2018). Las evaluaciones se realizan en base a la perfusión (evaluando el color de las mucosas con su humedad, el tiempo de llenado capilar, temperatura rectal y pulso femoral), el sistema cardíaco (evaluando frecuencia cardíaca y presencia/ausencia de arritmias), el sistema respiratorio (evaluando patrón ventilatorio, auscultación pulmonar y frecuencia respiratoria) y el compromiso físico funcional del ojo, músculo, tegumento, esqueleto y sistema neurológico. Los valores obtenidos se suman de modo que el score total puede comprender valores entre 3 y 18, siendo este último valor el de peor pronóstico. El paciente puede ser reevaluado durante el tiempo de hospitalización y se estima que por cada punto que incrementa el ATT score, existen 2,3 a 2,6 veces menos chances de sobrevivida al trauma dentro de los 7 días postrauma (Rockar, Drobatz & Shofer, 1994).

Appendix

Table A1: Animal trauma triage score

Grade	Perfusion	Cardiac	Respiratory	Eye/muscle/integument	Skeletal	Neurological
0	mm pink & moist CRT ~ 2 sec Rectal temp 37.8°C (100°F) Femoral pulses strong or bounding	HR: Dog: 60–140 Cat: 120–200 Normal sinus rhythm	Regular resp rate with no stridor No abdominal component to resp	Abrasion, laceration: none <u>or</u> partial thickness Eye: no fluorescein uptake	Weight bearing in 3 or 4 limbs, no palpable fracture or joint laxity	Central: conscious, alert →sl dull; interest in surroundings Periph: normal spinal reflexes; purposeful movement and nociception in all limbs
1	mm hyperemic or pale pink; mm tacky CRT 0–2 sec Rectal temp 37.8°C (100°F) Femoral pulses fair	HR: Dog: 141–180 Cat: 201–260 Normal sinus rhythm or VPCs <20/min	Mildly incr resp rate & effort ± some abdominal component Mildly incr upper airway sounds	Abrasion, laceration: full thickness, <u>no</u> deep tissue involvement Eye: corneal laceration/ulcer, not perforated	Closed appendicular/rib fx or any mandibular fx Single joint laxity/luxation incl. sacroiliac joint Pelvic fx with unilateral intact ilium-acetab Single limb open/closed fx at or below carpus/tarsus	Central: conscious but dull, depressed, withdrawn Periph: abnormal spinal reflexes with purposeful movement and nociception intact in all 4 limbs
2	mm v pale pink & v tacky CRT 2–3 sec Rectal temp <37.8°C (100°F) Detectable but poor femoral pulses	HR: Dog: >180 Cat: >260 Consistent arrhythmia	Mod incr resp effort with abdmn component, elbow abduction Moderately incr upper airway sounds	Abrasion, laceration: full thickness, deep tissue involvement, and arteries, nerves, muscles intact Eye: corneal perforation, punctured globe or proptosis	Multiple grade 1 conditions (see above) Single long bone open fx above carpus/tarsus with cortical bone preserved Non-mandibular skull fx	Central unconscious but responds to noxious stimuli Periph: absent purposeful movement with intact nociception in 2 or more limbs <u>or</u> nociception absent <u>only</u> in 1 limb; decr anal and/or tail tone
3	mm gray, blue, or white CRT >3 sec Rectal temp <37.8°C (100°F) Femoral pulse not detected	HR: Dog: <60 Cat: <120 Erratic arrhythmia	Marked resp effort or gasping/agonal resp or irregularly timed effort Little or no detectable air passage	Penetration to thoracic/abd cavity Abrasion, laceration: full thickness, deep tissue involvement, and artery, nerve, or muscle compromised	Vertebral body fractures/luxation except coccygeal Multiple long bone open fx above carpus/tarsus Single long bone open fx above tarsus/carpus with loss of cortical bone	Central: nonresponsive to all stimuli; refractory seizures Periph: absent nociception in 2 or more limbs; absent tail or penial nociception

© 2018 American Veterinary Medical Association. All rights reserved. For personal use only. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the American Veterinary Medical Association.

K. Ash et al.

Tabla 1. Escala Animal Trauma Triage (ATT) score (Ash et al., 2018).

La Escala de Coma Glasgow modificada (Tabla 2) evalúa el estado de la conciencia, la actividad motora y los reflejos tronco cerebrales, a los cuales se les asigna un puntaje entre 1 y 6. El score total varía entre 3 y 18 puntos, cuanto más puntaje se obtenga mejor será el estado y el pronóstico del paciente. La Escala de Coma Glasgow modificada permite predecir la probabilidad de sobrevivida en las primeras 48 h post trauma craneoencefálico. En base al resultado obtenido se puede establecer si el pronóstico es grave (3 a 8 puntos), malo-reservado (9 a 14 puntos) o bueno (15 a 18 puntos). Se estima que por debajo de 8 puntos el 50% de la población con trauma craneoencefálico muere (Ash et al., 2018).

Actividad del motor	Puntaje
Marcha Normal, reflejo espinal normal	6
Hemiparesia, tetraparesia o actividad de descerebración	5
Rigidez extensora intermitente en decúbito	4
Rigidez extensora constante en decúbito	3
Rigidez extensora constante en decúbito con opistótonos	2
Recostado, hipotonía de los músculos, reflejos espinales deprimidos o ausentes	1

Tronco encefálico	Puntaje
Reflejos pupilares a la luz y reflejos oculocefálicos normales	6
Reflejos pupilares lentos a la luz y reflejos oculocefálicos normales a reducidos	5
Miosis bilateral que no responde con reflejos oculocefálicos normales o reducidos	4
Pupilas puntiformes con reflejos oculocefálicos reducidos o ausentes	3
Midriasis unilateral que no responde con reflejos oculocefálicos reducidos o ausentes	2
Midriasis bilateral que no responde con reflejos oculocefálicos reducidos o ausentes	1

Nivel de consciencia	Puntaje
Períodos ocasionales de alerta y de respuesta al entorno.	6
Depresión o delirio, capaz de responder, pero la respuesta puede ser inapropiada	5
Semicomatoso, responde a estímulos visuales	4
Semicomatoso, responde a estímulos auditivos	3
Semicomatoso, responde solo a estímulos nocivos repetidos	2
Comatoso, que no responde a estímulos nocivos repetidos	1

Pronóstico
3-8 : Grave.
9-14 : Pobre a moderado.
15-18 : Moderado a bueno.

Tabla 2. Escala modificada de Glasgow (Ash et al., 2018).

Scores basados en examen físico y exámenes paraclínicos

El más conocido es el APPLE score. Hay dos variantes que se diferencian en la cantidad de parámetros tomados. Uno es el APPLE score fast, que solo se calcula con glucemia, lactatemia, albúmina, recuento plaquetario y estado de la consciencia, permitiendo su realización en veterinarias con menos herramientas diagnósticas. El otro es el APPLE score full que es más complejo, ya que evalúa además valores de creatinina, recuento de glóbulos blancos, albúmina sérica, bilirrubina total, saturación parcial de oxígeno (SpO2), frecuencia respiratoria, estado de la consciencia, presencia/ausencia de líquido libre en cavidades, edad y lactatemia. Todos estos resultados son evaluados en su conjunto y no de forma individual, ya que todos los parámetros se complementan para determinar el pronóstico del paciente. Para obtener el dato de probabilidad de supervivencia del paciente como un valor medido en porcentaje se deben registrar los valores de mayor gravedad de cada ítem a lo largo de 24 h y el puntaje correspondiente se incorpora en una fórmula cuyo resultado es el porcentaje de probabilidad de supervivencia tal como se muestra en la Tabla 3 (Hayes et al., 2010).

			creatinine (mg/dL)	1	8	9
			0-0.62	0.63-1.35	1.36-2.26	>2.26
		9	wbc (x10 ⁹ /l)	2	3	
		<5.1	5.1-8.5	8.6-18	>18	
6	7	9	albumin (g/dL)	2		
<2.6	2.6-3.0	3.1-3.2	3.3-3.5	>3.5		
10	4	1	SpO ₂ (%)			
<90	90-94	95-97	98-100			
			total bilirubin (mg/dL)	6	4	3
			0-0.23	0.24-0.46	0.47-0.93	>0.93
			mentation score	5	7	8
			0	1	2	3
			respiratory rate (bpm)	3	5	6
			<25	25-36	37-48	49-60
			age (years)	6	8	7
			0-2	3-5	6-8	>8
3	4		fluid score			
2	1		0			
			lactate (mg/dL)	2	3	6
			<18.0	18.0-71.2	71.3-90.1	>90.1

Footnote: See Table 3 for calculation of 'fluid score' and 'mentation score'. A value of zero is ascribed for each parameter in the central zone. 'Mentation score' is collected at admission, for all others utilise the most abnormal value identified over the 24 hour period following admission. If history and physical exam fail to prompt assessment of SpO₂ or fluid score, assign zero.

Tabla 3. Escala APPLE score full (Hayes et al., 2010).

Los análisis paraclínicos son herramientas fundamentales y complementarias a la evaluación clínica. A continuación, se hará énfasis en los métodos diagnósticos imagenológicos destacando las ventajas, desventajas, usos y recomendaciones de estas herramientas para el paciente politraumatizado, siendo este el tema central de la tesis.

4.4. MÉTODOS DE IMAGEN PARA LA EVALUACIÓN DEL PACIENTE POLITRAUMATIZADO

Las herramientas diagnósticas imagenológicas utilizadas en el paciente politraumatizado incluyen: la ecografía, la radiografía, la tomografía y la resonancia magnética.

4.4.1. Ecografía

La ecografía genera la imagen a través de la emisión de ondas sonoras de muy alta frecuencia (ultrasonido) y la recepción de los ecos de estas ondas sonoras una vez que interactúan con los tejidos corporales (Díaz-Rodríguez, Garrido-Chamorro & Castellano-Alarcón, 2007). Las ondas sonoras son generadas en el transductor a través de la aplicación de corriente eléctrica a los cristales piezoeléctricos provocando que se deformen, vibren y emitan las ondas de sonido. De igual manera esos cristales reciben ecos de sonido que son reflejados por los distintos tejidos y los transforma en energía eléctrica generando una imagen en el monitor del ecógrafo (Thrall & Widmer, 2018). Las ondas de sonido se describen mediante ciertos parámetros principales: frecuencia, amplitud, periodo, longitud de onda y velocidad.

La *frecuencia* determina la cantidad de ondas emitidas por segundo, es expresada en hertz (Hz) donde 1 Hz equivale a 1 ciclo/seg (Díez-Bru,1992). En los equipos de diagnóstico médico se utilizan frecuencias entre 2 Megahertz y 13 Megahertz (1 Mhz equivale a 1000000 Hz).

La *amplitud* corresponde a la altura de la onda y está correlacionada con la intensidad o «volumen» del sonido (Díez-Bru ,1992).

Un *periodo* es el tiempo que tarda en completarse un ciclo (Díez-Bru ,1992).

La *longitud de onda* se refiere a la distancia (expresada en milímetros) que esa onda va a recorrer en un ciclo o período (Thrall & Widmer, 2018).

La *velocidad* corresponde a la velocidad a la que viaja la onda de sonido por un medio acústico. Esta va a depender del tejido, de su densidad física y de su rigidez (dureza). Esto se debe a la disposición molecular de los distintos medios. En medios sólidos las moléculas se encuentran estrechamente unidas, lo cual permite la transmisión del sonido con mayor velocidad, en medios gaseosos las moléculas están muy separadas y el sonido se transmite de forma más lenta (Thrall & Widmer, 2018).

Debe tenerse en cuenta que al interaccionar el ultrasonido con los tejidos puede ocurrir una atenuación (disminución de intensidad) del mismo. El grado de atenuación es directamente proporcional a la frecuencia del haz; en un medio dado, las frecuencias más altas se atenúan mucho más que las frecuencias bajas. Los factores que contribuyen a la atenuación son la absorción, la reflexión y la dispersión del haz de sonido. (Thrall & Widmer, 2018).

A su vez, los tejidos van a oponer cierta resistencia al pasaje del ultrasonido dependiendo de la densidad física que presenten y la velocidad a la que el ultrasonido lo atraviese. A esta propiedad se le denomina impedancia acústica y hace referencia a las características de reflexión o transmisión de un tejido (Nyland & Mattoon, 2016).

En la ecografía existen artefactos que son aquellas partes de las imágenes que no representan de manera precisa la anatomía o fisiología del paciente. Estos artefactos en ciertas circunstancias pueden ser de utilidad (Thrall & Widmer, 2018). Los *artefactos* más conocidos son:

Sombra acústica posterior: se da por la interacción del ultrasonido con estructuras de alta reflectividad las cuales reflejan o absorben casi totalmente el ultrasonido, generando una sombra acústica posterior que impide la evaluación de las estructuras a profundidad (Nyland & Mattoon, 2016).

Refuerzo acústico posterior: son zonas con aumento de ecogenicidad debido a que se encuentran a profundidad de estructuras que atenúan poco al ultrasonido (Nyland & Mattoon, 2016). Un ejemplo es la vesícula biliar la cual atenúa menos el ultrasonido (por la presencia de contenido líquido), siendo las ondas sonoras que atraviesan la vesícula biliar (en comparación con las que atraviesan el parénquima hepático) de mayor intensidad que luego son captadas por el transductor (Thrall & Widmer, 2018).

Reverberación acústica: se da debido a la reflexión del ultrasonido múltiples veces entre dos estructuras altamente reflectoras. Aparece como múltiples focos hiperecogénicos dispuestas de forma regular. Una de las estructuras reflectoras

puede ser el transductor y la otra puede ser por ejemplo un órgano hueco con gas (Thrall & Widmer, 2018).

Líneas B o colas de cometa: se considera como una variación de la reverberación y está dada por la reverberación entre dos estructuras muy cercanas. Puede verse por burbujas con gas o pequeñas estructuras metálicas. Suelen ser líneas hiperecoicas dispuestas de forma vertical (Thrall & Widmer, 2018).

La ecografía presenta ciertas ventajas con respecto a las otras herramientas diagnósticas dentro del área de la imagenología.

Estas *ventajas* son:

- Es un método de evaluación que no emite radiación ionizante, utiliza el ultrasonido el cual es inocuo para el paciente y es de relativo bajo costo (Magán & García, 2019).
- Permite la localización de las lesiones en los órganos utilizando distintos tipos de cortes anatómicos guiados por la posición del transductor (Nyland & Mattoon, 2016).
- Permite la evaluación estructural de los parénquimas observando, entre otras características, el tamaño, ecoestructura y ecogenicidad, pudiendo guiar en algunos casos el diagnóstico (Nyland & Mattoon, 2016).
- Es un estudio dinámico que permite evaluar la progresión de distintas patologías (Magán & García, 2019).
- En caso de ser necesario se puede realizar el estudio mientras se llevan a cabo maniobras de urgencia y tratamientos (Walters et al., 2018).
- Permite la evaluación tanto del compartimento abdominal como torácico (Boysen, 2021).
- En la mayoría de los casos se puede hacer el estudio sin la sedación del paciente (Díaz-Rodríguez et al., 2007).
- Se puede realizar punción ecoguiada para la caracterización de masas/lesiones o efusiones o de manera terapéutica (drenaje de efusiones) (Díaz-Rodríguez et al., 2007).

Las *desventajas* de esta herramienta diagnóstica son:

- Necesidad de capacitación y experiencia por parte del operador junto al conocimiento de los artefactos ecográficos para realizar un correcto diagnóstico (Magán & García, 2019).
- La presencia de gas en el tejido subcutáneo (enfisema subcutáneo) limita la evaluación ecográfica (Magán & García, 2019).
- El uso de la ultrasonografía en el compartimento torácico tiene una utilidad limitada debido a la interacción del ultrasonido con el parénquima pulmonar aireado. Además, la ecografía pulmonar tiene poca sensibilidad y especificidad pudiendo llevar a diagnósticos erróneos (Boysen, 2021).
- No todos los ecógrafos presentan las prestaciones para utilizar los métodos de evaluación más actualizados (Magán & García, 2019).

Protocolos ecográficos de evaluación del paciente politraumatizado de urgencia

La ecografía es una de las herramientas más útiles dentro del manejo del paciente politraumatizado (Magán & García, 2019). Existen protocolos de evaluación rápida diseñados para ser utilizados por el personal de emergencia en pacientes descompensados que permiten evaluar parámetros hemodinámicos, entre otros:

FAST (AFAST-TFAST) / VET BLUE

El examen FAST (focused assessment with sonography for trauma) fue creado en 1990 como una herramienta para el diagnóstico rápido de líquido libre peritoneal, pericárdico y pleural en pacientes con traumas contusos o penetrantes. La utilidad de esta técnica se encuentra bajo la premisa de que, frente a un trauma, el líquido libre se relaciona con lesión traumática interna y no está vinculado con una patología previa. La T de FAST no solo hace referencia a Trauma, sino que también a Triage y Tracking (seguimiento) para pacientes no traumatizados y para la monitorización del paciente grave (Lisciandro, 2021).

La gran ventaja de este protocolo es que está diseñado para realizarlo en poco tiempo, estimándose un tiempo de realización de 3 minutos (Lisciandro, 2011).

Las siglas iniciales (A y T) del protocolo FAST hacen referencia a la cavidad en la cual el protocolo FAST está siendo aplicado. El AFAST se corresponde con el FAST a nivel abdominal y TFAST al FAST torácico (Lisciandro, 2021).

El protocolo ultrasonográfico Vet BLUE (veterinary bedside ultrasound examination) fue creado como otro sistema de evaluación pleuropulmonar, el cual complementa el TFAST utilizando otras ventanas acústicas en su evaluación (Mattoon, Marsden, Tuma, Sellon & Berry, 2021).

AFAST

El AFAST se debe realizar en un animal con dolor abdominal agudo, distensión abdominal o líquido abdominal palpable (signo de la onda).

Ventajas del AFAST:

- Detección de líquido libre en pacientes con trauma cerrado, con posibilidad de toma de muestra ecoguiada del líquido para su caracterización macro y microscópica.
- Monitoreo luego de las intervenciones quirúrgicas y guía para procedimientos diagnósticos percutáneos (biopsias, laparoscopias).

- Evaluación de necesidad de transfusiones sanguíneas mediante el score de fluido abdominal (AFS).
- Evaluación de la evolución o resolución de hemoperitoneo utilizando el AFS comparado.
- Detección de derrame pericárdico y pleural y de lesiones pulmonares mediante la ventana Hepato-diafragmática (DH).
- Detección de lesiones no traumáticas de tejido blando de los órganos blanco del AFAST (hígado, vesícula biliar, bazo, riñones, vejiga urinaria, útero e intestino) (Silva, 2021).

Limitaciones del AFAST:

- El líquido libre abdominal no puede ser caracterizado ecográficamente y requiere una toma de muestra para analizar.
- Es poco sensible en pacientes con trauma penetrante, ya que la sangre formará coágulos y se puede confundir con tejidos blandos (Silva, 2021).

El protocolo AFAST tiene 5 ventanas acústicas, las primeras 4 utilizadas para el sistema de puntuación de fluido abdominal y la 5ª vista como un bono (Ilustración 1). Las primeras 4 vistas se realizan en orden, primero la vista diafragmático-hepática (DH), luego la vista espleno-renal (ER), la vista cisto-cólica (CC), la vista hepato-renal-umbilical (HRU) en pacientes que se encuentran en decúbito lateral izquierdo y la vista espleno-reno-umbilical (SRU) cuando se encuentran en decúbito lateral derecho, seguida de la vista bono hepato-renal (HR) (Mattoon et al., 2021).

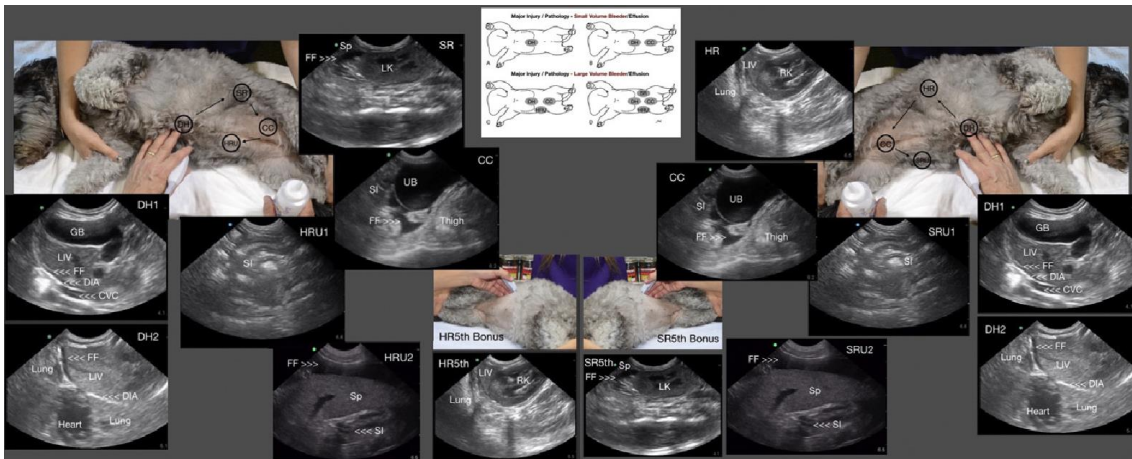


Ilustración 1. Ventanas acústicas con las imágenes ecográficas del protocolo AFAST de 5 vistas: Cisto-Colico (CC), SR (Espleno-Renal), HD (Hepato-Diafragmatico), HR (Hepato-Renal), HRU (Hepato-Reno-Umbilical) y SRU (Espleno-Reno-Umbilical (Lisciandro, 2020).

Para el score de fluido abdominal, a cada una de las cuatro primeras vistas se le asigna un "0" para negativo, "1/2" para pequeños positivos (dimensión máxima igual o

menos de 1 cm en perros), y "1" para un gran positivo (dimensión máxima mayor a 1 cm en perros) (Ilustración 2). La puntuación total oscila entre 0 y 4 (Lisciandro, 2020).

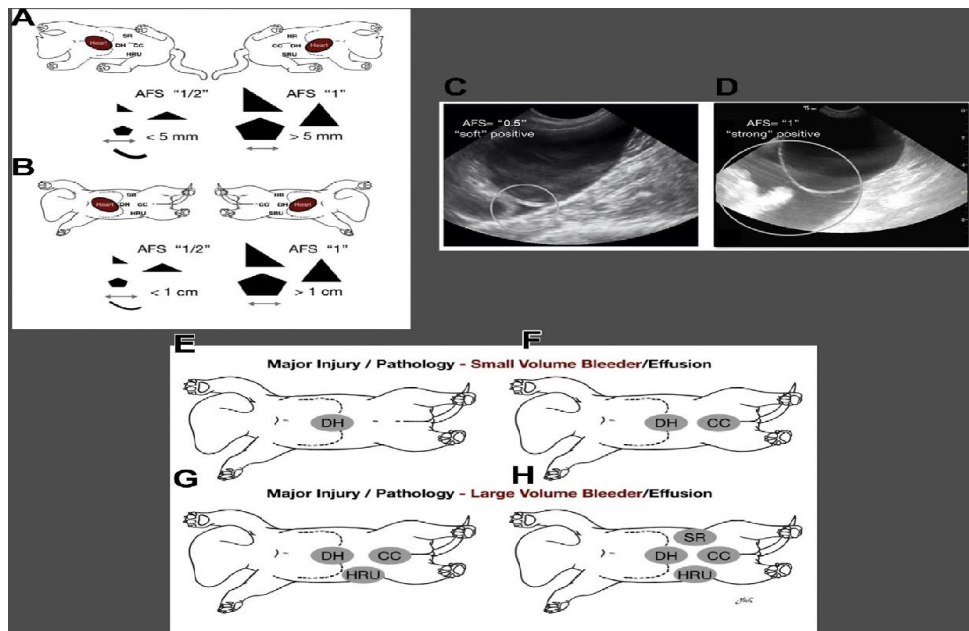


Ilustración 2. Score de líquido libre abdominal con sus ventanas acústicas. **Imagen A:** evaluación de score de fluidos en felinos. **Imagen B:** evaluación de esquema de fluidos en caninos. **Imagen C:** pequeño positivo (1/2 punto). **Imagen D:** gran positivo (1 punto). **Imagen E y F:** ventanas acústicas donde se evidencian frecuentemente las efusiones peritoneales leves. **Imágenes G y H:** ventanas acústicas donde se evidencian frecuentemente las efusiones peritoneales severas (Lisciandro, 2020).

Todos los pacientes que tengan AFAST deben ser asignados y puntuados con el sistema de puntuación de fluido abdominal (AFS). Con el sistema AFS se clasifica a los pacientes con sangrado como sangrado de volumen pequeño (AFS menor de 3) y sangrado de volumen grande (AFS igual o mayor de 3), determinando así la necesidad de transfusión sanguínea y/o de intervención quirúrgica. También nos da datos sobre la localización del sangrado y evolución del mismo (Mattoon et al., 2021). La investigación de Silva (2021) ha demostrado que los AFS 1 más comunes son el DH y CC.

En traumas penetrantes se vio que el AFAST fue menos confiable que el examen físico junto a la exploración de la herida y la radiografía abdominal como herramienta diagnóstica para realizar el triaje y determinar si es necesaria una laparotomía exploratoria. De todas formas, la presencia de neumoperitoneo en la exploración ecográfica es una señal de que hay que realizar una laparotomía exploratoria de emergencia. En términos generales se concluye que para un trauma contuso es de mayor utilidad el uso del protocolo AFAST que la radiografía, pero en caso de trauma

penetrante se prefiere el uso de radiografía como método diagnóstico (Lisciandro et al., 2009).

Mckenny y colaboradores (2001) en un estudio prospectivo realizado en personas determinaron que, ante la presencia de un score alto de líquido libre, un 87% de los pacientes requerían laparotomía exploratoria. También se determinó que el protocolo AFAST con el score de líquido libre fue más sensible para la determinación de la severidad del hemoperitoneo que la presión arterial sistólica y el déficit de base.

TFAST

El TFAST tiene 5 ventanas acústicas (Ilustración 3) que incluyen el sitio de tubo torácico (CTS) bilateralmente para neumotórax, el sitio pericárdico (PCS) para derrame pleural y pericárdico y evaluación cardíaca y la vista hepato diafragmática (DH) para derrame pericárdico, anomalías pulmonares a lo largo de la interfaz pulmonar diafragmática, vena cava caudal y sus venas hepáticas asociadas, ascitis, además de otras anomalías del tejido blando del hígado y vesícula biliar (Mattoon et al., 2021).

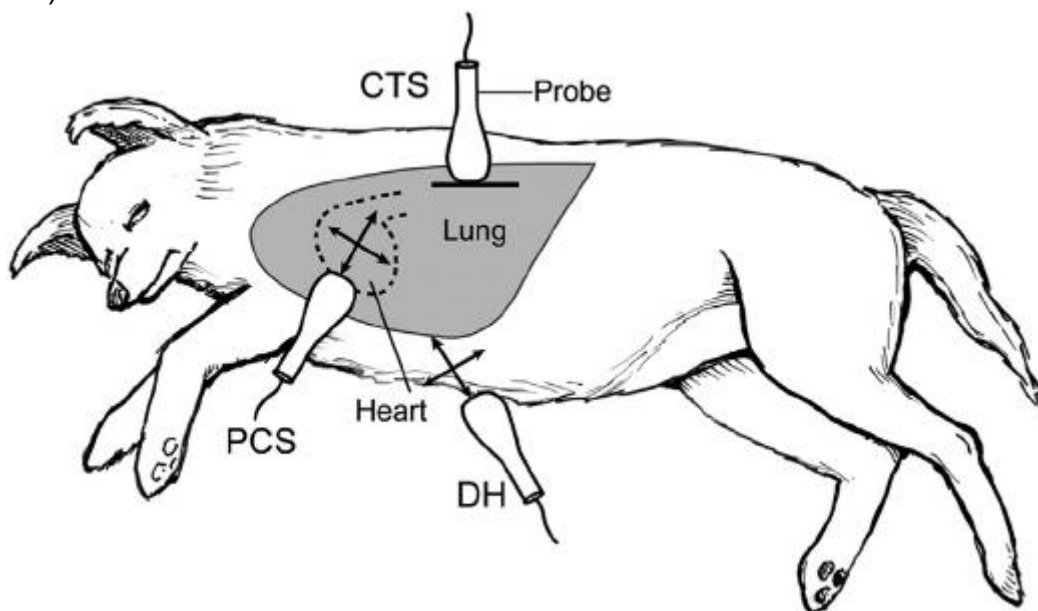


Ilustración 3. Ventanas acústicas para protocolo TFAST: CTS (sitio de tubo torácico), DH (Hepatodiafragmático), PCS (sitio pericárdico) (Lisciandro, 2011).

El TFAST es más seguro cuando se realiza en posición de pie o esternal (Ilustración 4) y la gravedad hace que el líquido se mueva ventralmente y el aire se desplace dorsalmente, viéndose mejor los derrames y el neumotórax.

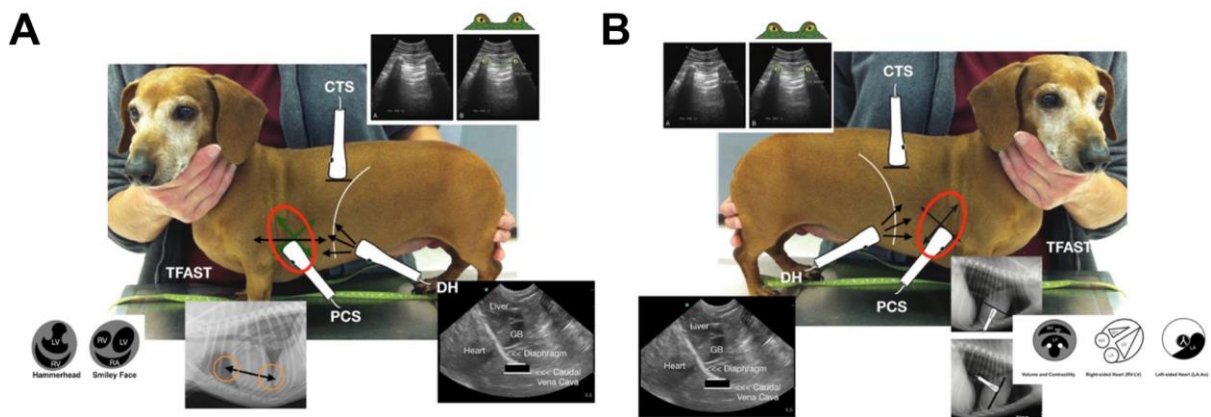


Ilustración 4. Representación de ventanas acústicas del TFAST con las imágenes ecográficas y radiográficas de la zona en estudio. **Imagen A:** se observan ventanas acústicas del TFAST en hemitórax izquierdo. **Imagen B:** se observan ventanas acústicas de TFAST en hemitórax derecho (Lisciandro, 2020).

Utilidades del TFAST:

- Diagnóstico de neumotórax mediante la ausencia de deslizamiento pleural.
- Valoración de la severidad del neumotórax a través de la localización del punto pulmonar en los 3 diferentes tercios del tórax.
- Diagnóstico de derrame pleural y valoración de su evolución.
- Diagnóstico de derrame pericárdico y/o taponamiento cardiaco.
- Diagnóstico de insuficiencia cardiaca izquierda y/o derecha.
- Diagnóstico diferencial entre enfermedad pulmonar cardiogénica y no cardiogénica y control de su evolución (en combinación con el Vet Blue).
- Determinación de volumen y contractilidad cardiaca.
- Visualización de derrame pericárdico, pleural y lesiones pulmonares profundas a través de la ventana DH a nivel de la línea diafragmática (Lisciandro, 2021).

Limitaciones del procedimiento:

- Requiere un entrenamiento adecuado.
- Para caracterizar el líquido libre torácico/pericárdico se debe obtener una muestra para análisis.
- No se puede obtener una exploración completa del pulmón, es necesario complementar la exploración con el Vet Blue.
- No reemplaza pruebas Gold standard como la tomografía computarizada y no reemplaza en su totalidad a las radiografías torácicas (Silva, 2021).

Para la evaluación cardíaca se busca obtener dos cortes, uno en eje corto y el otro en eje largo. Al ser una evaluación de urgencia, la cual en muchos casos no es realizada por cardiólogos o ecografistas se sugiere utilizar la ventana pericárdica derecha ya que requiere menos entrenamiento. Dentro del eje corto se debe evaluar la contractilidad y el volumen del ventrículo izquierdo, el ratio atrio izquierdo/aorta (A_i/A_o) (pudiéndose observar una dilatación de dicho atrio o un aumento en la presión de llenado) y la relación arteria pulmonar/aorta para la identificación de hipertensión

pulmonar. En el eje largo se observan las cuatro cámaras (ambos atrios y ventrículos) y el tracto de salida del ventrículo izquierdo. Este corte nos permite ver anomalías anatómicas y funcionales de estas estructuras (Ilustración 5) (Lisciandro, 2020).

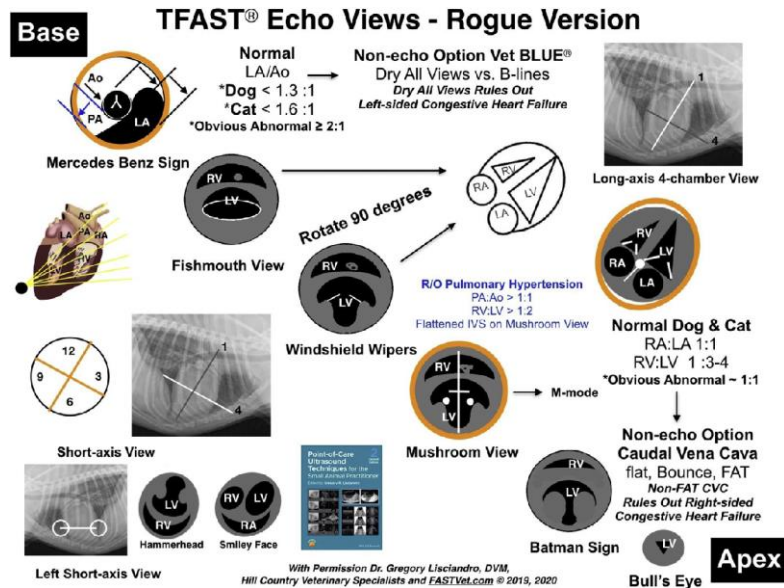


Ilustración 5. Representación esquemática de los distintos cortes ecocardiográficos con sus correlaciones normales y posibles variaciones patológicas (Lisciandro, 2020).

Utilizar el TFAST y el AFAST de manera metódica en el paciente politraumatizado es de gran importancia, ya que nos permite identificar comorbilidades, como puede ser una cardiopatía, y adecuar el tratamiento al paciente. En caso de evidenciar líneas B pulmonares se puede diferenciar si se trata de un edema pulmonar cardiogénico o de otra etiología no ligada a una cardiopatía mediante la evaluación del ratio (Ai/Ao). Si este es normal sugeriría que las líneas B no corresponden a un edema pulmonar cardiogénico. En casos de efusión peritoneal se podrá evaluar si se trata de una insuficiencia cardiaca derecha (dilatación de cámaras cardiacas y congestión hepática) u otra etiología no cardiogénica (hemoabdomen, uroabdomen, etc) (Ilustración 6) (Lisciandro, 2021).

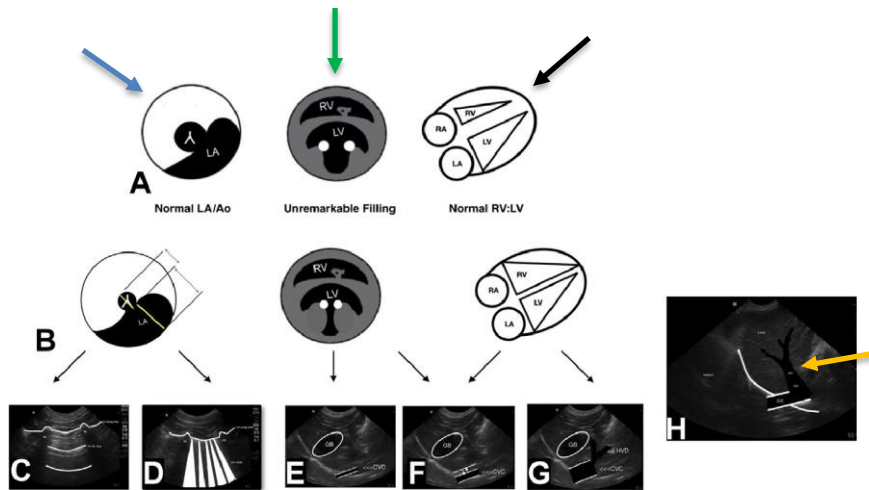


Ilustración 6. Signos ecocardiográficos normales y algunas alteraciones ecocardiográficas. **Imagen A:** corazón normal. *Flecha azul:* corte paraesternal derecho a la altura de la base del corazón (relación atrio/aorta normal). *Flecha verde:* corte paraesternal derecho en eje corto a nivel del ventrículo izquierdo (círculos blancos: músculos papilares). *Flecha negra:* corte paraesternal derecho en eje largo, donde se observan las relaciones de las dimensiones de los atrios y ventrículos. **Imagen B:** alteraciones ecocardiográficas. En eje corto en base del corazón se observa un auriculomegalia izquierda, la cual puede acompañarse con una ecografía pulmonar normal (**imagen C**) o un pulmón con signos alvolointersticiales (**imagen D**). En el eje corto de ventrículo izquierdo se puede observar la aproximación de los músculos papilares y el colapso de la luz ventricular, esta imagen se puede observar junto al colapso de la vena cava caudal la cual está representada como dos líneas blancas paralelas (**imagen E**). En el eje largo se observa dilatación de cámaras cardiacas derechas, la cual se correlaciona con un aumento del diámetro de la vena cava caudal y venas hepáticas (*flecha amarilla*) (**Imágenes G y H**) (Lisciandro, 2020).

Otra estructura que se debe evaluar es el pericardio. En un paciente politraumatizado se deberá evaluar la existencia de efusión pericárdica. La ventana hepatodiafragmática nos permite la valoración del pericardio y la visualización de la vena cava caudal que en casos de taponamiento cardiaco se observará distendida (Lisciandro, 2020).

Como hemos visto, es frecuente la presencia de neumotórax en pacientes politraumatizados. En cuanto al diagnóstico de esta patología, Boysen (2021) describe distintos signos ecográficos sugerentes de neumotórax, de los cuales muchos son extrapolados de medicina humana.

Estos signos son:

- *Ausencia de deslizamiento pleural:*

El deslizamiento pleural ocurre cuando las pleuras parietal y visceral están en su localización anatómica normal y la cavidad pleural con el líquido pleural se encuentran sin alteraciones. Cuando hay un neumotórax las pleuras van a estar separadas por una columna de aire, lo cual en la ecografía se traduce en modo B como la visualización de una línea ecogénica (pleura parietal) con ausencia de la visualización del roce entre las pleuras.

- *Ausencia de líneas B:*

Las líneas B son líneas ecogénicas que cubren todo el campo visual, manifestándose de manera vertical, partiendo desde la superficie de los campos pulmonares contra la pleura y desplazándose junto al deslizamiento pleural en el ciclo respiratorio.

Son generadas debido a patologías de diversa índole, por la pérdida de la aireación normal en el contexto del síndrome intersticial y la presencia de tejido inflamatorio y/o líquido en esa región del pulmón. En pacientes politraumatizados, con trauma torácico, se pueden encontrar líneas B a causa de contusión pulmonar.

Cuando nos encontramos frente a un neumotórax, las líneas B no se podrán evidenciar ya que el espacio pleural está ocupado con aire y esto limita la evaluación de la superficie pulmonar. En términos generales la presencia de líneas B descarta la posibilidad de neumotórax y la ausencia de deslizamiento pleural junto a la ausencia de líneas B es sugestivo de neumotórax.

- *Pulso pulmonar (Lung pulse):*

Se define como el movimiento rítmico de la pleura visceral (que se encuentra en sincronía con el ritmo cardíaco) en oposición con la parietal.

La presencia de este signo descarta la posibilidad de neumotórax en la región evaluada. Su ausencia puede ser sugerente de neumotórax, pero no específica de dicha patología.

- *Punto pulmonar (Lung point):*

Es el sitio dentro del tórax en el cual, en pacientes con neumotórax, la pleura visceral pulmonar contacta con la pleura parietal. Es identificada como la aparición del deslizamiento pleural adyacente a la imagen de pleura estática (sin deslizamiento pleural ni líneas B) por la presencia de neumotórax.

Utilizando esta técnica se puede estimar la magnitud del neumotórax moviendo el transductor desde el punto que se vio el signo hacia el hilio pulmonar buscando la reaparición del deslizamiento pleural o líneas B que denota la finalización del neumotórax.

- *Signo de la playa/Signo del código de barra (Modo M):*

Estos signos son el resultado de la visualización del deslizamiento pleural en modo M (movimiento).

En un pulmón sano, sin neumotórax o patología pleural se evidencia el “signo de la playa”. La porción inmóvil de la pared del tórax por arriba de la línea pleural crea líneas horizontales (mar) y por debajo de la línea pleural, el deslizamiento causa una imagen granular (arena).

En casos de neumotórax se muestra la imagen de “código de barra”. En estos casos el modo M solo muestra un patrón de líneas horizontales, paralelas por debajo de la línea pleural.

Esta técnica se recomienda utilizarla junto a las técnicas de modo B para el correcto diagnóstico.

- *Deslizamiento pleural inverso (Reverse Sliding Sign):*

Es el movimiento aparente de líneas A en dirección opuesta a la del pulmón durante la inspiración. Las líneas A son artefactos creados por la interfaz aire-tejido blando y se observan como reverberaciones horizontales de la línea pleural que se repiten a intervalos constantes.

- *Signo de cortina asíncrono (Asynchronous Curtain Sign):*

El signo de cortina es un artefacto creado por la superposición del aire pulmonar con los tejidos blandos abdominales. Este artefacto normalmente se mueve en la misma dirección que los tejidos blandos abdominales durante el ciclo respiratorio. Cuando hay neumotórax, esta sincronización se pierde, observándose un movimiento hacia craneal de la cortina de aire y hacia caudal de los órganos abdominales durante la inspiración y un movimiento hacia caudal de la cortina de aire y craneal de las vísceras abdominales en espiración. Este signo fue descrito solamente en medicina veterinaria.

- *Doble signo de cortina (Doble curtain sign):*

Es definido como la observación de órganos abdominales entre dos cortinas de aire (producida por neumotórax) en la ventana acústica de transición toracoabdominal.

VET BLUE

Es un protocolo de ultrasonido pulmonar que tiene un enfoque regional basado en patrones similares a los de la radiografía pulmonar. Tiene un sistema de puntuación de líneas B, y un patrón visual para la caracterización de las consolidaciones incluyendo el signo de escalonamiento pleural, el signo de tejido, signo del nódulo y el signo de cuña. El procedimiento debe realizarse idealmente de pie o en decúbito ventral que son las posiciones más cómodas y seguras para un paciente hemodinámicamente inestable (Mattoon et al., 2021).

Presenta 4 ventanas acústicas (Ilustración 7): *región caudo dorsal* (CD) en el 9º espacio intercostal donde se puede observar cranealmente el pulmón y caudalmente órganos abdominales o el signo de cortina pulmonar, *región perilhiar* (PH) localizada en el 6º y 7º espacio intercostal en el tercio medio del tórax, *región medial* (MD) que se localiza en la altura del codo, pudiendo utilizarse el corazón como punto de referencia ventral y *región o punto craneal* (CR) para la cual se debe encontrar la zona de transición deslizando el transductor a la altura de la entrada torácica y luego hacia dorsal donde se podrá observar arterias pulsátiles inmediatamente a la sombra acústica de la primera costilla (Silva, 2021).

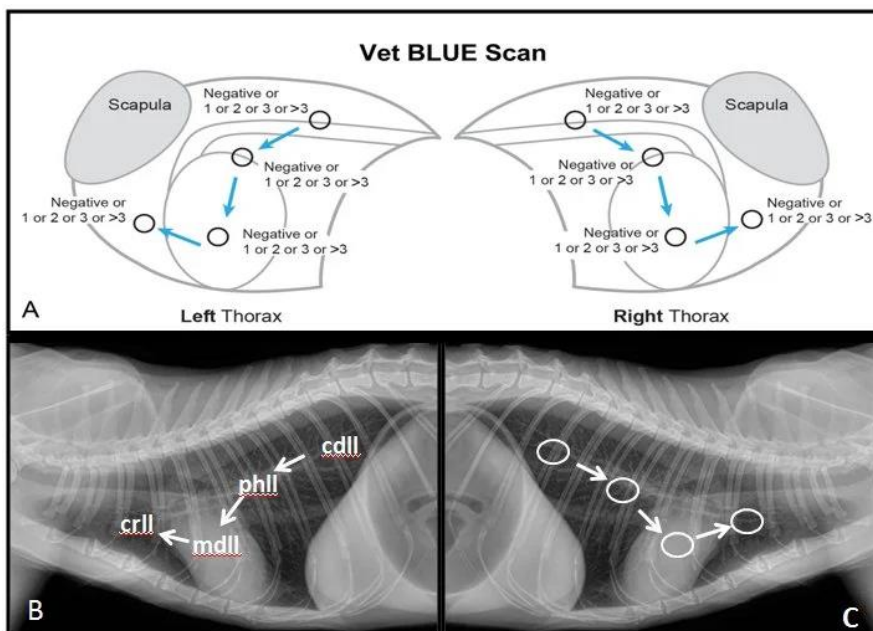


Ilustración 7. Representación esquemática y radiográfica de las ventanas acústicas del protocolo Vet BLUE. **Imagen A** representa el sistema de puntuación de líneas B para cada ventana ecográfica en ambos hemitórax. **Imágenes B y C** muestran las ventanas acústicas para la realización del protocolo: Cdll (punto caudo dorsal), Phll (punto perihilar), Mdll (punto medial), Crll (punto craneal) (Lisciandro, 2020).

Se pueden observar seis signos que van desde lo normal hasta lo patológico (Ilustración 8) (Lisciandro, 2021):

- Pulmón seco: superficie pulmonar normal, líneas A con deslizamiento pleural.
- Pulmón húmedo: síndrome alveolo-intersticial, se observan líneas B.
- Signos de fragmentación: consolidación con aireación, broncograma aéreo.
- Signo tisular: consolidación sin aireación, hepatización pulmonar.
- Signo de nódulo: consolidación organizada.
- Signo de cuña: tromboembolismo pulmonar.

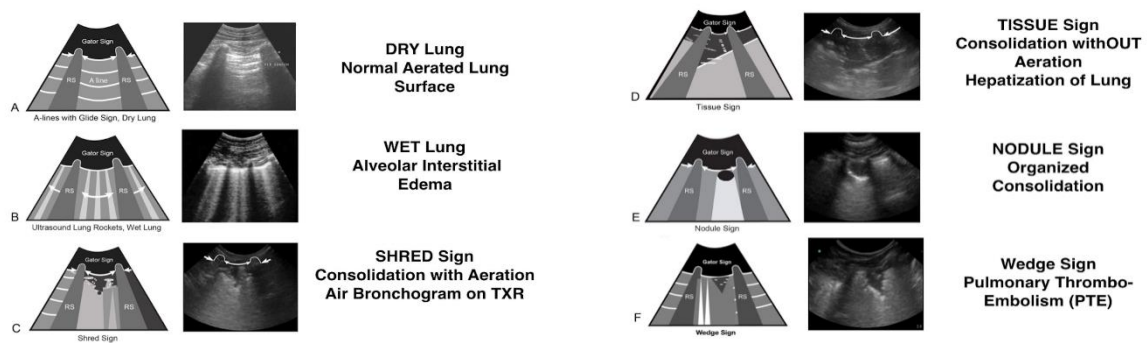


Ilustración 8. Signos patológicos evaluados en el estudio ultrasonográfico pleuropulmonar. **Imagen A:** pulmón normal. **Imagen B:** síndrome alveolo intersticial. **Imagen C:** signo de fragmentación/broncograma aéreo. **Imagen D:** hepatización pulmonar. **Imagen E:** signo nodular. **Imagen F:** signo de cuña (Lisciandro, 2020).

Normalmente se espera ver un pulmón seco en todas las regiones por lo que ver líneas B demuestra a un pulmón patológico. Las puntuaciones de 1 a 3 son positivos débiles y las puntuaciones mayores a 3 son positivos (Mattoon et al., 2021).

Ventajas del Vet BLUE:

- Diagnóstico rápido del síndrome alveolo intersticial en pacientes con signos respiratorios.
- Detección precoz de complicaciones respiratorias secundarias a sobrecargas de líquidos (insuficiencia cardíaca, sobrecarga de fluidos intravenosos).
- Diagnóstico y valoración de contusiones pulmonares.
- Diagnóstico de enfermedades respiratorias y su ubicación.
- Monitorización de la respuesta terapéutica en edemas pulmonares cardiogénicos y no cardiogénicos, contusiones pulmonares, neumonías, etc.

Limitaciones:

- No permite categorizar el tipo de líquido que se encuentra dentro del pulmón, ni realizar un diagnóstico definitivo de la etiología.
- No reemplaza a las radiografías torácicas ni a la tomografía computarizada para la detección de las patologías pulmonares.
- Es incapaz de detectar lesiones pulmonares centrales o profundas (Silva, 2021).

Uso del ultrasonido en parámetros dinámicos (Hemodinamia)

Con el transcurso del tiempo se han ido evaluando nuevas metodologías para determinar el estado hemodinámico de los pacientes críticos. Muchas de estas son en base a la ultrasonografía. El colapso de la vena cava caudal (Ilustración 9), puede predecir si el paciente con signos de hipoperfusión puede verse favorecido con la administración de fluidos intravenosos, definiéndolo como un paciente precarga

dependiente o si es no respondedor a fluido como paciente precarga independiente (Donati et al., 2020).

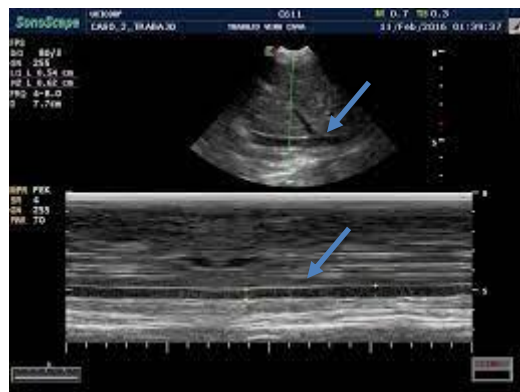


Ilustración 9. Imagen ecográfica en modo B y M de vena cava caudal (*flecha azul*) en ventana transhepática derecha (Donati et al., 2020).

Pacientes con hipovolemia severa pueden desarrollar falla orgánica múltiple si no son tratados de forma adecuada. Tanto la deficiente o exagerada administración de fluidos es perjudicial para el paciente con hipovolemia (Arnold, 2018).

En un estudio realizado en personas se vio que la sobrecarga de fluido puede producir una lesión renal aguda (Salahuddin et al., 2017), debido a la generación de edema intersticial renal que provoca un aumento de la presión intraparenquimatosa llevando a la disminución de la filtración glomerular (Joannidis et al., 2017).

En medicina humana se vio, además, que, mediante la ultrasonografía, utilizando variables dinámicas se podía predecir la respuesta a la administración de fluidoterapia en pacientes con signos de hipoperfusión, mientras que las variables estáticas como la presión arterial, frecuencia cardíaca y presión venosa central no brindan resultados confiables (Donati et al., 2020).

La evaluación ultrasonográfica del índice del colapso de la vena cava caudal es una de las variables dinámicas que permite la predicción de la respuesta a la administración de fluidos tanto en pacientes con ventilación mecánica como aquellos con ventilación espontánea. La gran ventaja de esta técnica es que no es invasiva y además no conlleva grandes costos (Mattoon et al., 2021).

La variación del diámetro de la vena cava caudal en un paciente con hipovolemia ocurre debido a los cambios de presión intratorácica en el ciclo respiratorio (Monnet, Marik & Teboul, 2016).

En perros ventilando de forma espontánea, ante una disminución de la presión intratorácica y un aumento de la presión intraabdominal durante la inspiración, hay un aumento del retorno venoso. Si hay una disminución de la presión intraluminal, con una presión extramural constante disminuye la presión transmural generando el colapso de dicha vena. Al mismo tiempo, en la inspiración hay un aumento en la

presión en atrio derecho y en consecuencia mayor presión en la vena cava caudal por aumento de la presión transmural, por estos motivos la vena cava tiende a colapsar en pacientes respondedores a fluidos causando un aumento en el índice de colapso de la vena cava caudal (Donati et al., 2020).

En pacientes con ventilación mecánica tiende a ser opuesto. Suele haber una distensión de la vena cava caudal durante la inspiración en vez de colapsar.

La técnica se puede realizar utilizando la ventana transhepática derecha con el paciente en decúbito lateral izquierdo, colocando el transductor entre el lóbulo caudal pulmonar derecho y el riñón derecho. Para dicha técnica se debe visualizar la vena cava caudal en un corte longitudinal. El índice se debe medir usando el modo M, 1,5 a 2 cm caudal a la inserción de la vena hepática derecha a la vena cava. Se debe tomar la medida en su mayor y menor diámetro sin incluir los bordes endoteliales. Para realizar el índice se debe aplicar la siguiente fórmula: $\text{diámetro máximo} - \text{diámetro mínimo} / \text{diámetro máximo} \times 100$. Se vio que el punto óptimo de corte para diferenciar entre precarga dependiente o independiente es 27% con un área bajo la curva ROC de 0,96.

Para confirmar la técnica se evaluó el gasto cardiaco antes y después de la administración de fluidos mediante ecocardiografía (Donati et al., 2020).

La ecocardiografía también se puede utilizar para realizar un monitoreo hemodinámico. El parámetro más conocido y utilizado es la fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo, el cual se calcula utilizando el modo M mediante la siguiente ecuación: $(\text{diámetro del ventrículo izquierdo en diástole} - \text{diámetro de ventrículo izquierdo en sístole} / \text{diámetro del ventrículo izquierdo en diástole}) \times 100$. El punto de corte para este parámetro es 41%. Esto se refiere a que el aumento de la fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo por encima del 41% nos podría indicar un estado de hipovolemia, estando este parámetro relacionado con el aumento compensatorio del inotropismo cardiaco. Hay que tener en cuenta que este parámetro también puede estar aumentado por otras causas como puede ser la cardiomiopatía hipertrófica entre otras. También se utiliza el diámetro a fin de diástole del ventrículo izquierdo, estando este relacionado con cuadros de hipovolemia. Se utiliza la integral velocidad tiempo en la aorta para valorar el gasto cardiaco y su respuesta a la administración de cargas de fluidos intravenosos (Oricco, Rabozzi, Meneghini & Franci, 2019).

Dentro de otros parámetros hemodinámicos evaluados mediante ultrasonografía se encuentra el uso de la ecografía doppler transcraneal, que permite determinar de forma indirecta y no invasiva la perfusión intracraneal, permitiendo un mayor entendimiento del estado del paciente politraumatizado. Para estimarla se utilizan parámetros como: velocidad de flujo (pico de velocidad sistólica y diastólica) e índices (índice de resistencia e índice de pulsatilidad) y se correlaciona con la presión de perfusión cerebral (Lisciandro, 2021).

Duque, Dominguez-Roldan, Ruiz, Zaragoza & Barrera-Chacon (2009) determinaron los rangos normales de dichos parámetros tomados de diferentes arterias como: la

arteria basilar, arteria craneal medial, arteria caudal craneal y arteria rostral craneal (Ilustración 11). El estudio fue realizado en 30 perros sanos tanto machos como hembras con una gran variedad de peso (11-95 lb) y edades entre 14 a 114 meses.

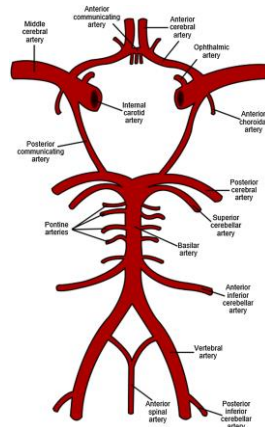


Ilustración 10. Esquema de irrigación arterial de parte inferior del cerebro (polígono de Willis) (Duque et al., 2009).

La identificación de dichas arterias se realizó utilizando la direccionalidad del flujo sanguíneo y la respuesta a la oclusión ipsilateral transitoria de la arteria carótida común.

En dicho estudio se evidenció que en la evaluación de la arteria cerebral rostral hubo una diferencia significativa en los valores de ambos índices (índice de resistencia e índice de pulsatilidad) y el pico de velocidad sistólica entre caninos menores de 33 lb y mayores de 33 lb. En la arteria basilar no se vieron variaciones según peso, género o edad.

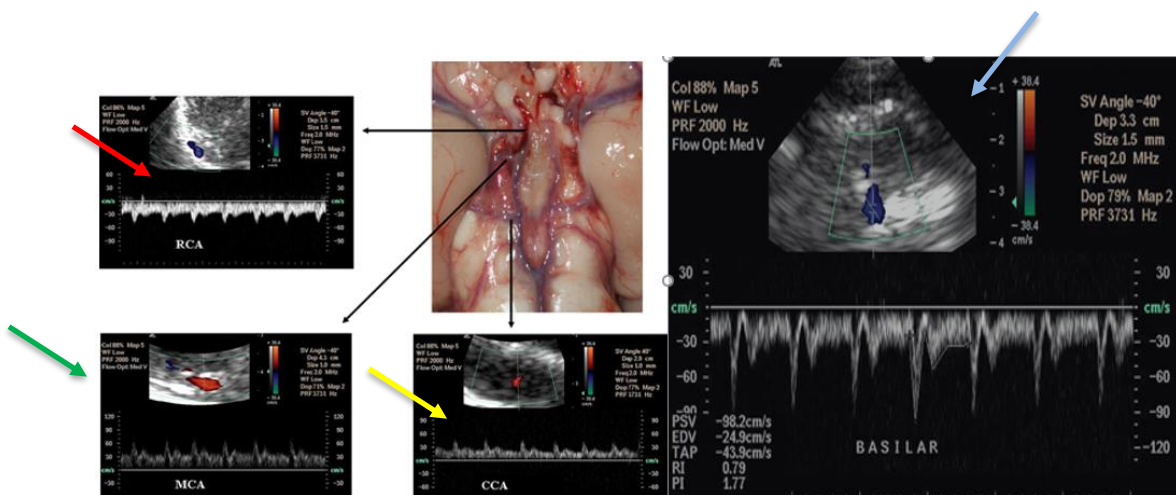


Ilustración 11. Evaluación mediante Doppler color y espectral de los flujos arteriales del polígono de Willis. Evaluación de arteria cerebral rostral (flecha roja), arteria cerebral media (flecha verde), arteria cerebral caudal (flecha amarilla), arteria bacilar (flecha celeste) (Duque et al., 2009).

Este estudio abrió camino hacia otros trabajos como el de Sasaoka et al. (2017) que demostraron que el uso de ultrasonografía transcraneal permite una rápida evaluación de forma no invasiva del flujo sanguíneo arterial. El aumento de la presión intracraneal generó un descenso de la presión de perfusión cerebral atenuando la forma de la onda arterial.

En dicho trabajo, se evaluaron dos variables de resistencia: el índice de pulsatilidad y el índice de resistencia. Adicionalmente se evaluó el ratio de velocidad media sistólica/diastólica siendo otra variable de resistencia vascular sensible a cambios en compliance arterial y resistencia de la arteria oftálmica, siendo este parámetro el que mostró resultados más confiables. El índice de resistencia fue reportado como un índice correlacionado con la presión intracraneana, medido de forma directa aumentando la presión intracraneal de forma experimental (Fukushima et al., 2000).

Otros usos del ultrasonido en pacientes politraumatizados

Otro uso de la ultrasonografía es la evaluación del reclutamiento alveolar en los pacientes humanos con atelectasia mediante ventilación mecánica (Tusman et al., 2015). Esta sería la única herramienta que permitiría la evaluación del tratamiento en vivo y sin utilizar radiaciones ionizantes como se utilizarían en la tomografía computarizada.

En ese estudio se emplearon distintas estrategias ventilatorias (ajustando volumen tidal, presión plateau y presión positiva a final de espiración) para la resolución de las zonas con atelectasia. La ultrasonografía se utilizó como guía para modificar los parámetros ventilatorios logrando una configuración óptima del ventilador para cada paciente en particular, logrando así un tratamiento exitoso (Tusman et al., 2015) (Ilustración 12).

Debido a que el paciente politraumatizado puede desarrollar contusión pulmonar con zonas de atelectasia, esta metodología podría utilizarse para optimizar el reclutamiento alveolar mediante tratamiento ventilatorio y evitar el daño pulmonar inducido por ventilación mecánica (VILI).

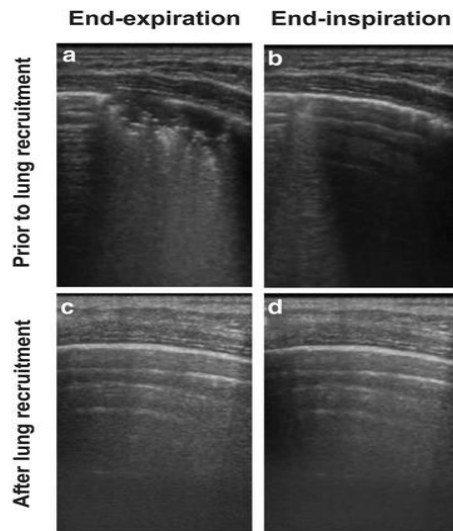


Ilustración 12. Visualización ultrasonográfica de pacientes con contusión pulmonar en distintas etapas del ciclo respiratorio antes (**imagen a y b**) y después de ser sometidos a ventilación mecánica (**imagen c y d**) (Tusman et al., 2015).

En los pacientes politraumatizados, como se mencionó previamente, se puede observar mediante las ventanas acústicas del AFAST la presencia/ausencia de efusión peritoneal con la capacidad de estimar la gravedad de esa efusión, pero en casos de hemoabdomen traumáticos la ecografía convencional es menos sensible que la tomografía computarizada en el diagnóstico de lesiones intraabdominales (Lisciandro, 2009). Mediante nuevas tecnologías se desarrollaron medios de contraste intravenosos compuestos de microburbujas de gas hexafluoruro de azufre estabilizadas por fosfolípidos que se utilizaron en un modelo experimental simulando un trauma abdominal. El traumatismo esplénico se evidenció por la presencia de defectos de perfusión en el parénquima esplénico. Se definió hemorragia traumática como la presencia de desbordamiento o absorción del agente de contraste en la lesión y las áreas circundantes. El medio de contraste reveló sangrado activo en 36 de 40 lesiones traumáticas (90,0%), observado como extravasación de medio de contraste o acumulación, tanto en el bazo como fuera de la cápsula (Lin et al., 2013) (Ilustración 13).

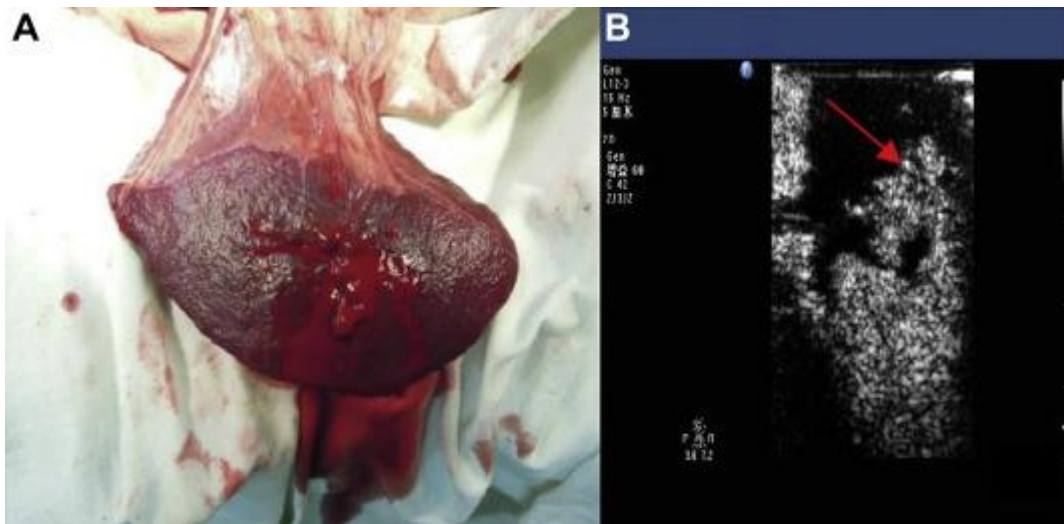


Ilustración 13. Bazo observado in vivo (**Imagen A**) y visto mediante ecografía utilizando medio de contraste. **Imagen B**: se evidencia sangrado activo con extravasación de medio de contraste (*flecha roja*) (Lin et al., 2013).

También se evaluó mediante el estudio contrastado parámetros de perfusión esplénicos, donde evaluaron tiempo de llegada del contraste, tiempo de intensidad pico y tiempo de lavado del contraste. Se evidenció que en estado de shock hemorrágico dichos parámetros se encontraban demorados. Al mismo tiempo se evidenció que el bazo macroscópicamente se redujo de tamaño y obtenía forma irregular o “arrugada”. La carga de fluidos logró normalizar los parámetros de perfusión junto con el tamaño y la morfología normal del bazo, aunque también se demostró que podían reincidir las hemorragias en las lesiones provocadas en el estudio (Lin et al., 2013). En estudios previos ya se había determinado que la alteración en la perfusión era causada por la extravasación de los agentes de contraste intravascular, y que los sitios con sangrado activo presentaban varias formas dependiendo de la ubicación, velocidad y cantidad de perfusión. La vasoconstricción y la reducción de flujo sanguíneo esplénico puede ser indicativo de shock hemorrágico, pero al mismo tiempo estos eventos dificultan la evaluación del área de lesión esplénica ya que hay una disminución del contraste entre dicha lesión y el parénquima adyacente (Lv, et al., 2011).

Una gran ventaja de esta metodología es la de poder evaluar y monitorizar en el momento de la terapia los posibles efectos inmediatos, pudiendo algunos ser adversos como la reincidencia de sangrados durante la resucitación con fluidos. Esto es una ventaja con respecto al uso de tomografía computarizada. Los distintos parámetros hemodinámicos utilizados, calculados mediante la curva intensidad-tiempo como son el tiempo de llegada del contraste, el tiempo de la intensidad pico y el tiempo de lavado de contraste, son de utilidad ya que se evidenció que en el paciente, aun manteniendo signos vitales estables luego del sangrado, los parámetros vinculados a la perfusión esplénica se encontraron alterados (Lin et al., 2013).

Una gran desventaja que limita la utilización de la ecografía contrastada son los elevados costos del medio de contraste y la baja disponibilidad de esta técnica.

4.4.2. Radiografía

Los rayos x son un tipo de radiación electromagnética de corta longitud de onda y alta frecuencia (Vignoli & Graham, 2022). Están clasificados dentro del grupo de radiaciones de tipo ionizante. Este tipo de radiación es capaz de expulsar un electrón orbital de un átomo con el que interactúa (interacción radiación/materia), denominándose este proceso ionización. La materia que interactúa con el rayo x absorbe parte de esta radiación o toda y se denomina expuesta o irradiada (Bushong, 2010).

Existen tres tipos de estudios que utilizan rayos x: la radiografía, la fluoroscopia y la tomografía. La radiografía se basa en el estudio de imágenes fijas, a diferencia de la fluoroscopia en la que se ven imágenes en movimiento en un monitor (Bushong, 2010). Los rayos x se producen cuando electrones de alta velocidad chocan contra un metal dentro del tubo de rayos x. Dentro de este hay un objetivo que está cargado positivamente (ánodo) y un filamento con carga negativa (cátodo) dentro de un tubo de vidrio. A través de una corriente eléctrica que pasa por el filamento y sube la temperatura de este, se crea una fuente de electrones (Bushong, 2010). Estos electrones van a desprenderse de la superficie para formar una nube de electrones libres con carga negativa. El número de electrones que forman la nube va a estar relacionado con la cantidad de corriente eléctrica que pasa por el filamento, lo que se regula a través del miliamperaje (mA). Como los electrones poseen carga negativa van a ser atraídos hacia el objetivo (cargado positivamente), chocando contra este y produciéndose de esta forma los rayos x. La energía del rayo x depende de la energía cinética del choque. La diferencia de voltaje es ajustada con el pico de kilovoltaje (Kvp). Cuanto más Kvp, mayor diferencia de voltaje, mayor energía cinética, mayor energía de rayo x y mayor penetración del mismo. El 90% de la energía liberada en la interacción entre los electrones y el objetivo es en forma de calor. Debido a esto el metal utilizado es el tungsteno, ya que es termorresistente y dada su alta carga positiva permite la interacción radioactiva más eficientemente (Thrall & Widmer, 2018).

En cuanto a la interacción de los rayos x con la materia, los efectos más relevantes para la radiología médica diagnóstica son el efecto fotoeléctrico y la dispersión Compton, siendo el efecto fotoeléctrico el tipo de radiación más importante en la producción de la imagen radiológica. En la interacción fotoeléctrica los rayos x que golpean al paciente son absorbidos totalmente. El grado de absorción depende del número atómico del tejido y la densidad física, esto nos permite diferenciar tejidos en base a la capacidad de absorción de rayos x (Vignoli & Graham, 2022).

Cuanto mayor absorción de los rayos x por los tejidos, menos rayos x van a interactuar con el chasis y van a ser representadas en la imagen como estructuras blancas (como por ejemplo el hueso, metal o medios de contraste positivos), dichas estructuras se clasifican como radiodensas o radiopacas. Las zonas más oscuras o negras se

corresponden a aquellas estructuras que no absorben los rayos x, y estos acaban golpeando contra el chasis (radiolúcidas) (Vignoli & Graham, 2022). Esto ocurre en estructuras que contienen aire como puede ser la tráquea, el pulmón u órganos huecos como los del tracto digestivo. Entre estos extremos están los tejidos que absorben de manera parcial los rayos x, estando representados en una escala de grises, que dependerá de la densidad física y el número atómico de cada estructura. La heterogeneidad de los tejidos hace posible utilizar la radiografía como método diagnóstico ya que si todos los tejidos absorbieran los rayos x de la misma manera no se podrían diferenciar las distintas estructuras ya que se vería todo en un solo tono de gris (Thrall & Widmer, 2018). En una radiografía se pueden diferenciar 5 densidades: radiolúcido (aire), radiodensidad de tejido graso, radiodensidad de tejido blando/líquido, radiodensidad ósea y radiodensidad metálica (Vignoli & Graham, 2022).

Ventajas del estudio radiográfico:

- Es de bajo costo y fácil acceso (García, Diez, Sánchez & Plaza, 2016).
- Corto tiempo para obtener las imágenes (Bushong, 2010).
- Relativa facilidad para la interpretación de imágenes (Thrall & Widmer, 2018).
- Técnica de elección para evaluación ósea y gas (Bushong, 2010).
- No suele requerir sedación/anestesia del paciente (García et al., 2016).

Desventajas del estudio radiográfico:

- Utiliza radiación ionizante (Bushong, 2010).
- Solo se obtienen imágenes bidimensionales (Thrall & Widmer, 2018).
- Hay superposición de estructuras (Vignoli & Graham, 2022).
- Ante la presencia de líquido se pierde contraste (Vignoli & Graham, 2022).
- Para evaluar una estructura se requieren al menos dos incidencias radiográficas (Vignoli & Graham, 2022).

Usos de la radiografía en el paciente politraumatizado

Debido a que esta tesis se basa en las primeras horas de atención del paciente politraumatizado se describirán los usos relacionados a las principales alteraciones que pueden poner en peligro la vida del paciente.

Tórax

En un paciente politraumatizado se pueden diagnosticar diversas alteraciones en una radiografía de tórax, tales como inflamación de tejidos blandos o edema, enfisema subcutáneo, fractura de costillas, aumento de espacio intercostal debido a la ruptura muscular intercostal, fractura o luxación vertebral, entre otros (Vignoli & Graham, 2022).

Fractura de costillas

Las fracturas de costillas son de fácil diagnóstico en los casos en que los cabos se encuentran desalineados, de lo contrario pueden pasar desapercibidas (Vignoli & Graham, 2022). Suelen ser diagnosticadas como un hallazgo radiográfico, no siendo este el motivo de la solicitud radiográfica, observándose luego de formado el callo óseo el cual se ve con márgenes redondeados y con mala alineación. También pueden existir fracturas costales segmentarias, produciendo el denominado “Tórax volante” (Vignoli & Graham, 2022), el cual ya fue explicado previamente. Las fracturas suelen involucrar las caras dorsal y ventral de al menos dos costillas adyacentes (Thrall & Widmer, 2018). Este tipo de fracturas puede ocasionar un compromiso ventilatorio debido al trauma directo del parénquima pulmonar. Según los autores Vignoli & Graham (2022), más de un 50% de los pacientes con este tipo de fracturas presentan neumotórax y contusión pulmonar.

Hernia Diafragmática

Dentro de las estructuras a evaluar se encuentra el diafragma, el cual está formado por tres músculos (pars lumbalis, pars costalis y pars sternalis) y un centro tendinoso que separa la cavidad torácica de la cavidad abdominal (Mouly, 2018).

La hernia diafragmática se define como la protrusión de los órganos abdominales a la cavidad torácica (Ilustraciones 14 y 15). Esta puede ser congénita o traumática, siendo el trauma la causa más frecuente (Gibson, Brisson & Sears, 2005). Generalmente ocurre debido a un incremento momentáneo de la presión intraabdominal a glotis abierta que genera un alto gradiente de presión pleuroperitoneal (Thrall & Widmer, 2018). Cuando las hernias son traumáticas generalmente se ve desgarrada la región muscular del diafragma, ya que tiene menor resistencia en comparación con el sector tendinoso. Los órganos que se encuentran dentro del tórax están vinculados con la ubicación del desgarro del diafragma (Mouly, 2018). El pronóstico varía según los órganos abdominales involucrados. La presencia del estómago dentro de la cavidad torácica es de mal pronóstico ya que este puede distenderse y generar una dilatación gástrica intratorácica o un vólvulo gástrico provocando colapso cardiovascular y deterioro de la función respiratoria (Mouly, 2018). El hígado, intestino delgado, estómago, bazo y omento son los órganos más frecuentemente involucrados en este tipo de hernias (Thrall & Widmer, 2018).

Las hernias diafragmáticas traumáticas se clasifican en (Mouly, 2018):

- *Directa*: a consecuencia de traumatismo directo sobre el diafragma, producida por elementos cortopunzantes como por ejemplo mordidas o proyectiles.
- *Indirecta*: a consecuencia de traumatismos cerrados abdominales como por ejemplo accidentes automovilísticos y caídas de altura.
- *Iatrogénica*: por incorrecta colocación de tubos torácicos o al hacer laparotomía exploratoria.

Los *signos radiográficos* sugerentes de hernia diafragmática son:

- Presencia de órganos abdominales en el tórax.
- Pérdida de la topografía normal de los órganos en la cavidad abdominal.
- Pérdida o asimetría del contorno de la silueta diafragmática.

- Presencia de efusión pleural.

El corazón, pulmón y mediastino también pueden estar desplazados, generalmente el pulmón y el corazón son desplazados hacia craneal (Thrall & Widmer, 2018).



Ilustración 14. Imagen radiográfica en incidencia latero lateral en un canino donde se observa pérdida de la silueta diafrágica (*flecha roja*) con la presencia de órganos abdominales en el tórax, signos sugerentes de hernia diafrágica (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).



Ilustración 15. Imagen radiográfica en incidencia dorsoventral de un canino donde se observa pérdida de la silueta diafrágica (*flecha roja*) con la presencia de órganos

abdominales en el tórax compatible con hernia diafragmática (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).

Se pueden utilizar medios de contraste positivos como el sulfato de bario para realizar estudios contrastados y así poder localizar el estómago en caso de que no sea evidenciable en estudios simples (Thrall & Widmer, 2018).

En pacientes que no se encuentren lo suficientemente estables como para realizar una radiografía o cuando la efusión pleural limite la visualización torácica por este método diagnóstico, se puede utilizar la ecografía (Thrall & Widmer, 2018).

Efusión pleural

Los signos radiográficos compatibles con efusión pleural dependen del volumen, la incidencia radiográfica realizada y la distribución del líquido (Ilustración 16). La radiografía no permite la caracterización del fluido, los signos radiográficos son los mismos sin importar qué tipo de efusión se encuentre. La distribución de la efusión pleural está dada por la gravedad y la capacidad de expansión pulmonar.

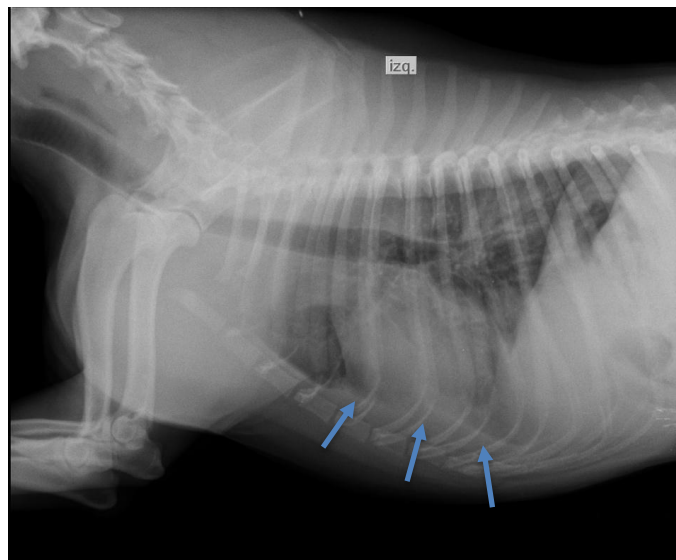


Ilustración 16. Imagen radiográfica en incidencia laterolateral donde se observa aumento de radiodensidad dorsal al esternón con aspecto festoneado (*flechas celestes*), signo sugerente de efusión pleural en canino pitbull de 4 años (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).

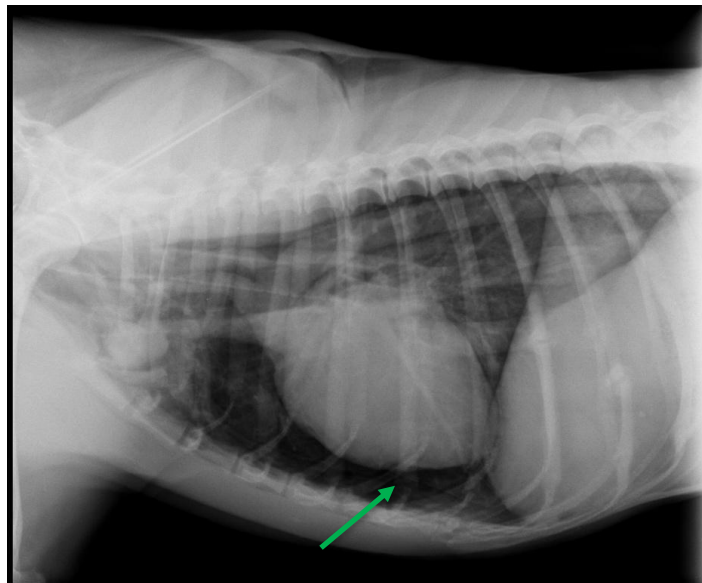
Los *signos radiográficos* sugerentes de efusión pleural son:

- Ensanchamiento de fisuras interlobares con radiodensidad de tejido blando (se observa mejor en incidencia ventrodorsal y laterolateral).
- Separación de superficie pulmonar de pleura parietal con radiodensidad de tejidos blandos interpuesta.

- Aumento de radiodensidad dorsal del esternón con aspecto festoneado (incidencia laterolateral).
- Disminución de la nitidez de bordes cardiacos (incidencia dorsoventral) (Thrall & Widmer, 2018).

Neumotórax

El neumotórax, como se describió previamente, es la presencia de aire en el espacio pleural (Ilustración 17). Puede ocurrir a partir de una lesión pulmonar junto a una lesión en la pleura visceral, por extensión del neumomediastino al espacio pleural y por rotura de masas cavitadas pulmonares (Thrall & Widmer, 2018).



- Ilustración 17. Radiografía torácica incidencia latero lateral donde se evidencia colección de aire a nivel del ápex cardiaco (*flecha verde*), observándose como una separación de la silueta cardiaca del esternón, signos sugerentes de neumotórax en canino (Servicio de Imagenología, Fvet, Udelar).

Los *signos radiográficos* sugerentes de neumotórax son:

- Separación de pleura visceral pulmonar de pleura parietal con aumento de radiolucidez. Los límites pulmonares no se extienden hacia la pared torácica.
- Colección de aire a nivel del ápex cardiaco en incidencia latero lateral.
- Separación de silueta cardiaca del esternón (Thrall & Widmer, 2018).

Cuando el neumotórax es leve, la separación de la silueta cardiaca del esternón es observada como una delgada línea radiolúcida. Esta se visualiza más fácilmente cuando la interfaz de pulmón/aire se encuentra en paralelo, ya que al ser incidida por el haz de rayos x ofrece mayor contraste. Cuanto mayor es el neumotórax, más evidentes van a ser los signos radiográficos. La incidencia más sensible para el diagnóstico de neumotórax leve es la laterolateral (Kern, Carrig & Martin, 1994). A

medida que avanza el neumotórax se pueden identificar también alteraciones en incidencia ventrodorsal o dorsoventral, siendo esta última la más sensible de las dos. En casos de neumotórax severos se pueden evidenciar signos de colapso pulmonar, como aumento de radiodensidad del parénquima pulmonar que aparenta estar comprimido, no estando en contacto con la pleura parietal y el diafragma (Aronson & Reed, 1995).

Contusión pulmonar

Como se mencionó previamente, en el trauma contuso o romo es muy frecuente la aparición de contusiones pulmonares (Ilustración 18). Radiográficamente se observa en campos pulmonares un patrón alveolar debido al sangrado o edema intersticial y alveolar que produce una imagen de broncograma aéreo. Este patrón es identificado por un bronquio aireado (radiolúcido) en una región pulmonar donde el alveolo está ocupado por fluido resultando en el aumento en su radiodensidad (radiopaco) (Thrall & Widmer, 2018). Las imágenes radiográficas que sugieren contusión pulmonar pueden evidenciarse a partir de las 12 a 24 horas después del trauma, por lo que se sugiere realizar las radiografías cuando el paciente se encuentre estable (Mouly, 2018).

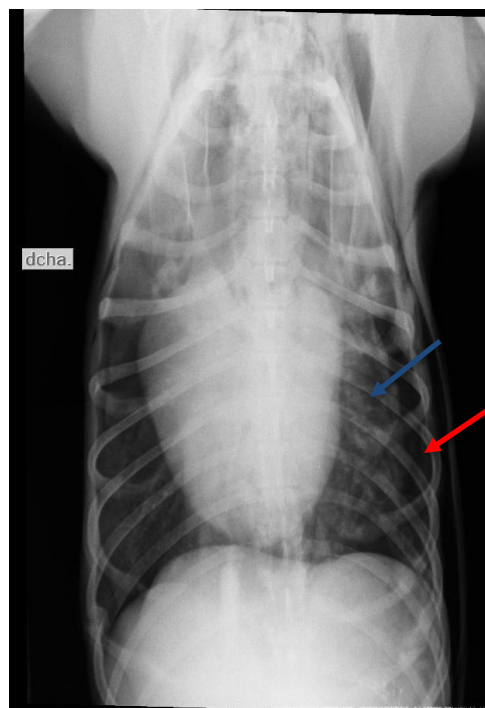


Ilustración 18. Imagen radiográfica de tórax en incidencia ventrodorsal, en la cual se observa a nivel de campos pulmonares izquierdos aumento de radiodensidad (broncograma aéreo) (*flecha azul*) y separación de campos pulmonares izquierdos de la pleura parietal con interfaz radiolúcida (*flecha roja*), signos sugerentes de neumotórax, contusión pulmonar y colapso de lóbulo pulmonar caudal izquierdo en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).

Neumomediastino

El neumomediastino se define como la presencia de aire libre a nivel de mediastino (Thrall & Widmer, 2018). Suele presentarse en pacientes politraumatizados debido a lesiones de tráquea, ya sea por mordidas (causa más frecuente y severa) o proyectiles (Basdani et al., 2016), o a consecuencia de un trauma romo (efecto Macklin) (Thrall & Widmer, 2018).

En un estudio retrospectivo de perros con neumomediastino, se vio que el 50% presentaba dificultad respiratoria, 70% enfisema subcutáneo, 30% estridor (que se atribuyó a estenosis traqueal u obstrucción) y un 70% de los pacientes fuga de aire por herida de piel a nivel de cuello, la cual se consideró patognomónica de una lesión a nivel traqueal. Se vio que el uso de radiografía para la detección de rotura traqueal fue poco sensible. El diagnóstico se basó en la evidencia de acumulación de aire peritraqueal, enfisema subcutáneo y neumomediastino. Para la mejor evaluación de la integridad de la tráquea se recomienda el uso de tomografía computarizada o endoscopia traqueal (Basdani et al., 2016).

Los signos radiológicos compatibles con neumomediastino se aprecian mejor en la incidencia latero lateral (Ilustración 19). El gas a nivel de mediastino ofrece un gran contraste debido al aumento de radiolucidez y permite la identificación de distintas estructuras que normalmente no se podrían visualizar. Esto va a depender del volumen de aire presente a nivel del mediastino. El gas acumulado en el mediastino puede migrar hacia el espacio pleural por la pleura mediastinal y generar un neumotórax, pero el neumotórax no puede progresar a un neumomediastino. Al mismo tiempo el mediastino está en comunicación con el cuello y el retroperitoneo, por este motivo en caso de neumomediastino se puede evidenciar gas libre en subcutáneo (enfisema subcutáneo) y retroperitoneo (neumoperitoneo) (Thrall & Widmer, 2018).

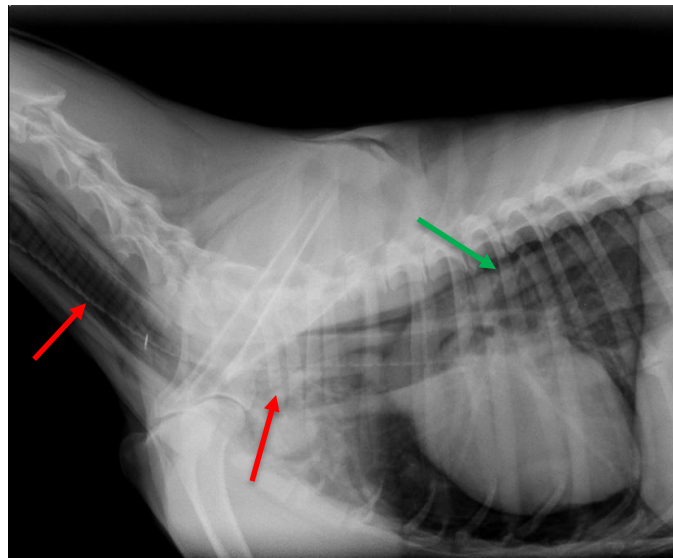


Ilustración 19. Imagen radiográfica incidencia latero lateral de tórax y cuello, en la cual se observa aumento de radiolucidez en mediastino craneal y cuello (*flecha roja*), pudiéndose individualizar estructuras en mediastino craneal y evidenciar la presencia de vena ácigos (*flecha verde*). Signos sugerentes de neumomediastino en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).

Pelvis y Abdomen

La incidencia recomendada para la valoración radiográfica de la pelvis es la ventrodorsal (Ilustración 20). Utilizando esta incidencia se pueden detectar la mayoría de las fracturas y luxaciones, siendo las fracturas acetabulares las que presentan mayor dificultad diagnóstica (Mouly, 2018).

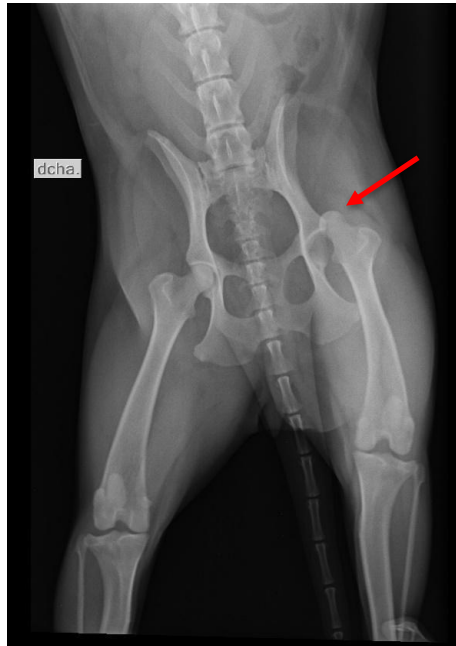


Ilustración 20. Imagen radiográfica incidencia ventrodorsal de cadera la cual se observa luxación coxofemoral izquierda (*flecha roja*) en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).

A nivel abdominal la radiografía nos permite evaluar si hay perforación de pared abdominal y la presencia de líquido a nivel peritoneal y en el espacio retroperitoneal. Cuando se evidencia líquido libre peritoneal se puede corresponder con un sangrado abdominal por rotura de vasos sanguíneos y/u órganos, uroabdomen (proveniente del daño de vejiga, uréter o uretra), y rotura de otras estructuras como puede ser vesícula biliar o exudado séptico si se perfora el tracto digestivo (Silverstein & Hopper, 2017).

La radiografía de abdomen en el paciente politraumatizado suele indicarse en situaciones específicas, ya que no nos permite evaluar la integridad y los cambios estructurales de los órganos como la ecografía. La presencia de efusión peritoneal (cualquiera sea su etiología) limita la evaluación de los distintos órganos abdominales ya que la radiodensidad del líquido es similar a la de los tejidos blandos, dando una imagen denominada “vidrio esmerilado” (Mouly, 2018).

En casos de traumas penetrantes o perforación de órganos huecos la radiografía es de mayor utilidad que la ecografía, ya que nos permite visualizar con claridad la presencia de gas intraperitoneal como un aumento de la radiolucidez. Ante este hallazgo se recomienda la atención inmediata considerando la cirugía (Mouly, 2018).

En casos de hernia diafragmática se ve una discontinuidad del diafragma con desplazamiento de vísceras abdominales, estando indicada radiografía de tórax para su confirmación.

El uso de medios de contraste positivos en el paciente que sufrió un trauma abdominal/pélvico con sospecha de lesiones en el aparato urinario puede ser de gran utilidad. Debido a que el medio de contraste endovenoso tiene un efecto nocivo en pacientes hemodinámicamente inestables o con nefropatías, se debe tener especial precaución para realizar este estudio. La urografía excretora toma relevancia cuando hay sospecha de lesión a nivel renal y ureteral. La uretrocistografía retrógrada se utiliza para evaluar la integridad de la uretra y la vejiga. Los diagnósticos positivos son aquellos en los que se ve medio de contraste libre en cavidad peritoneal. Previo a los estudios contrastados se recomienda hacer una radiografía simple (Mouly, 2018).

Otras alteraciones que se pueden diagnosticar en un paciente politraumatizado mediante radiografías son las anomalías de la pared abdominal como pueden ser eventraciones, hernias y dehiscencia de puntos de sutura en pacientes posquirúrgicos. Por más que el diagnóstico puede ser realizado por radiografía, se describe que para la valoración de la longitud del defecto de la pared abdominal es mejor recurrir a la tomografía o a la ecografía. En algunas circunstancias se puede ver el desplazamiento de los órganos abdominales fuera de la cavidad peritoneal, siendo los más frecuentemente observados las asas intestinales y la vejiga urinaria. En caso de observar estructuras tubulares o redondeadas de contenido radiolúcido puede sospecharse la encarcelación de asas intestinales. En caso de que haya un vólvulo intestinal puede haber consecuencias graves como necrosis intestinal y se debe evaluar la cirugía (Thrall & Widmer, 2018).

Columna Vertebral

En un paciente politraumatizado lo que más frecuentemente se observa a nivel de columna son luxaciones (Ilustraciones 21 y 22) y fracturas vertebrales. Generalmente son causadas por caídas de altura, accidentes automovilísticos o a consecuencia de proyectiles. Muchas de estas alteraciones se ven en zonas de transición, de alta flexibilidad, como puede ser articulación atlantoaxial, cervicotorácica, toracolumbar y lumbosacra (Thrall & Widmer, 2018).

Los *signos radiográficos* que podrían ser sugerentes de fractura/luxación vertebral son:

- Asimetría en procesos articulares y carillas articulares.
- Desplazamiento vertebral en relación a las vértebras adyacentes.
- Acortamiento del cuerpo vertebral (fractura por compresión).
- Conminución de cuerpo vertebral o carilla articular.
- Estenosis del canal medular.

Estos tipos de lesiones indirectamente pueden indicar que existe un compromiso a nivel medular a consecuencia de una contusión o compresión. Una de las mayores

limitaciones de la radiografía simple es que no permite evaluar la integridad de la médula espinal. Otra limitante es la dificultad en el diagnóstico de fracturas vertebrales incompletas. También se debe tener en cuenta que el posicionamiento para las distintas incidencias podría agravar la inestabilidad vertebral en pacientes con lesiones en columna. Es importante que el paciente esté hemodinámicamente estable y libre de dolor para realizar la radiografía. Por lo dicho anteriormente, la radiografía tiene una utilidad limitada con respecto a otras herramientas diagnósticas como pueden ser la tomografía (más que nada para la evaluación de las estructuras óseas) y la resonancia magnética (para la evaluación medular) (Thrall & Widmer, 2018).

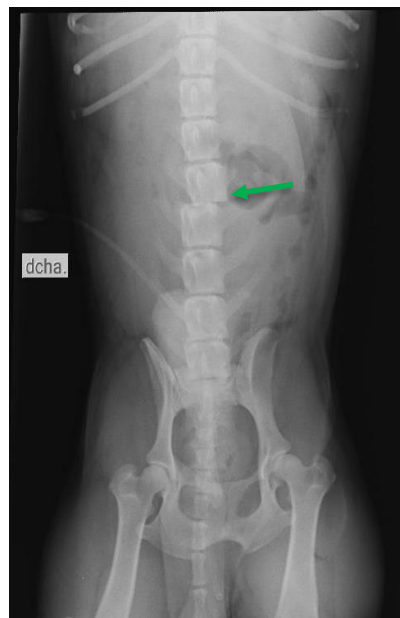


Ilustración 21. Imagen radiográfica de luxofractura de L3-L4 (*flecha verde*) con acabalgamiento en incidencia ventrodorsal en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar)

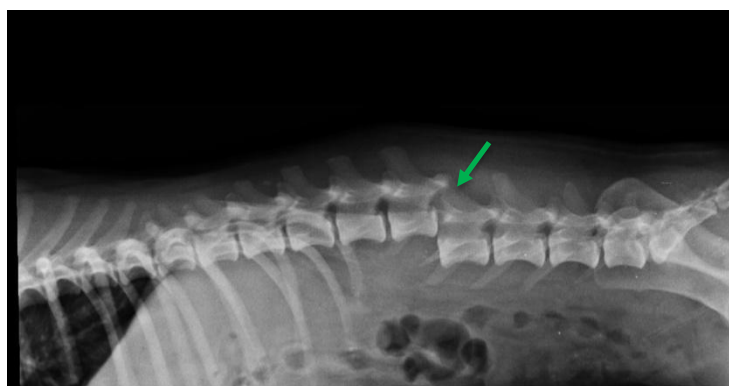


Ilustración 22. Imagen radiográfica de luxofractura de L3-L4 con acabalgamiento (*flecha verde*) en incidencia laterolateral en canino (Servicio de imagenología, Fvet, Udelar).

4.4.3. Tomografía

La tomografía computarizada (TC) es un método diagnóstico de imagen que, al igual que la radiografía, utiliza radiación ionizante. Cada estudio consta de múltiples cortes delgados del área de estudio, que está compuesta por una matriz llena de pequeños cubos a los que se les llama voxel. Cada voxel está asociado con una corriente eléctrica que corresponde a una sección del cuerpo que fue procesada por el sistema de la computadora (Thrall & Widmer, 2018).

La variación de la corriente eléctrica de cada voxel es reflejada en la pantalla como un aumento o disminución del brillo del píxel, que corresponde a la atenuación del rayo x, de esta forma a mayor intensidad de la corriente eléctrica los píxeles tienden a ser más brillantes; esto ocurre cuando hay estructuras capaces de absorber parcial o totalmente los fotones emitidos (Vignoli & Graham, 2022). De lo contrario, cuando no hay estructuras que atenúen los fotones como puede ser el aire, se obtiene una imagen más oscura. En cada voxel pueden coexistir diferentes grados de atenuación, se expresa un promedio de estos valores en el píxel correspondiente. Un software nos permite la representación de la zona de estudio de forma tridimensional, con un mejor entendimiento de las alteraciones representadas y planificación de cirugías (Thrall & Widmer, 2018).

Durante la adquisición de una tomografía en espiral o helicoidal, el paciente se desplaza al interior del gantry mientras el tubo gira a su alrededor de forma continua, mientras los detectores recogen los datos (Ilustración 23). A partir de esta adquisición volumétrica, las imágenes tomográficas se reconstruyen en el plano transversal estándar (Bertolini & Prokop, 2011).

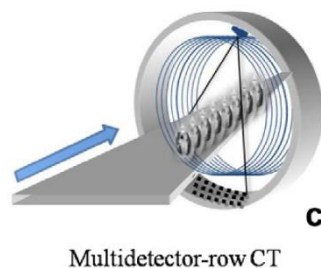


Ilustración 23. Esquema de escáner tomográfico helicoidal, el cual consta de varias filas de detectores. A medida que el tubo gira 360 grados la camilla ingresa al interior del gantry obteniendo múltiples cortes anatómicos (Bertolini & Prokop, 2011).

Los rayos x que atraviesan al paciente son atenuados por las diferentes estructuras internas y estos valores de atenuación se analizan mediante un sistema informático. Se utilizan las unidades Hounsfield (UH) como escala universal para el grado de atenuación de los rayos x. Como valores de referencia se utiliza al agua con 0 UH, el hueso con 1000 UH (blanco) y el aire con -1000 UH (negro) (García et al., 2016).

Principales *ventajas* de la tomografía computarizada:

- Tiempo de exploración corto (importante para pacientes con traumatismos) (Bertolini & Prokop, 2011).

- Rango de exploración amplio (importante para angiografía por TC) (Bertolini & Prokop, 2011).
- Permite exploraciones combinadas de tórax y abdomen (útil para la estadificación oncológica o traumática) (Bertolini & Prokop, 2011).
- Debido al gran volumen de datos generados con una resolución isotrópica se pueden realizar reconstrucciones en 3D (Bertolini & Prokop, 2011).
- Es la técnica de elección para evaluar estructuras óseas y pulmón (Thrall & Widmer, 2018).
- Evita superposición de estructuras (alta resolución espacial) (Vignoli & Graham, 2022).
- Posee una alta resolución de contraste, permitiendo diferenciar por ejemplo el líquido del tejido blando (García et al., 2016).

Principales *desventajas*:

- Gran exposición a radiación ionizante (Dozeman et al., 2019).
- Mayor costo (García et al., 2016).
- Para realizar el estudio por lo general se necesita la sedación del paciente para evitar artefactos por movimiento (García et al., 2016).
- En muchos casos deben utilizarse medios de contraste intravenoso para la evaluación de tórax y abdomen (Thrall & Widmer, 2018).

Uso de la tomografía en el paciente politraumatizado

La tomografía computarizada es otro método diagnóstico de gran utilidad en los pacientes politraumatizados (García et al., 2016).

En un estudio realizado por Dozeman et al. (2019) se evaluó la utilidad, seguridad y la factibilidad de la tomografía computarizada en pacientes politraumatizados con lesiones severas en dos o más regiones. Fueron incluidos en este estudio 8 perros y 8 gatos los cuales sufrieron un politraumatismo, pero se encontraban estables guiándose por el ABC del trauma. De todos ellos 3 presentaban heridas penetrantes en la revisión primaria, en 5 se vio compromiso neurológico como hemiplejia o paraplejia, signos de trauma craneoencefálico, disminución de reflejo del esfínter anal e hiporreflexia en uno o más miembros, en otros 5 pacientes hubo sospechas de lesiones ortopédicas y de todos los pacientes descritos 6 cumplían otros criterios para realizar tomografía computarizada de cuerpo entero.

Las zonas que se vieron más afectadas fueron cabeza (7/16), pulmones (4/16) y pelvis (4/16). Se vio que 4 de los 15 pacientes tenían fracturas mandibulares o maxilofaciales que no fueron detectadas en el examen físico. Otras alteraciones detectadas fueron neumotórax, efusión pleural, contusión pulmonar, fractura de miembros y lesiones pélvicas como luxación sacroilíaca, fractura del piso de la pelvis y luxación de cadera. Previo a la tomografía, algunos pacientes fueron evaluados con otros métodos diagnósticos como la radiografía y ecografía y se vio que con la tomografía se detectaron 3 pacientes con efusión pleural no evidenciada en el examen ecográfico,

1 paciente con contusión pulmonar que no fue diagnosticado mediante Rx y 1 paciente con fractura vertebral que tampoco pudo ser diagnosticado mediante radiografía. De los 16 pacientes, 15 no necesitaron otro estudio imagenológico para determinar el tratamiento. Este trabajo por tanto concluye que la tomografía es un método diagnóstico de utilidad, mejorando la eficiencia de los planes diagnósticos en comparación con otros métodos más convencionales y resultando de mayor utilidad para la planificación quirúrgica de pacientes con fracturas mandibulares y maxilofaciales.

En otro artículo publicado por Walters et al. (2018) se comparó la TC con la ecografía en 2 gatos y 13 perros con traumas contusos y penetrantes. A los pacientes ingresados a la emergencia se les realiza protocolo FAST en la sala de emergencia, luego se repite la FAST en la sala de radiología y luego se realiza la tomografía computarizada de cuerpo entero con contraste intravenoso. De los 15 animales estudiados, 9 presentaban lesiones en dos cavidades corporales y 6 tenían lesión en una cavidad sola. Diez pacientes ingresaron por traumas contusos, 9 debido a traumatismo vehicular y 1 debido a caída de altura. Los otros 5 pacientes sufrieron heridas penetrantes por mordida de perro. En el estudio se vio que el AFAST tiene de moderada a excelente correlación con la tomografía para la detección de efusión peritoneal, pudiendo detectar 3 de 4 pacientes de los cuales se confirmó efusión peritoneal mediante tomografía. Sin embargo, con el TFAST se vio que la eficacia no fue tan buena, detectando 3 de 6 pacientes con efusión pleural (diagnosticados por tomografía computarizada). Para la evaluación del neumotórax, la capacidad diagnóstica de la TFAST fue pobre, pudiendo diagnosticar solo 1 de 6 pacientes confirmados por tomografía computarizada. Estos autores concluyeron que la AFAST o TFAST y la tomografía computarizada tienen una muy buena correlación para la detección de efusión peritoneal y pleural respectivamente. En cambio, para el caso del neumotórax la TFAST resultó imprecisa en comparación con la tomografía computarizada (Walters et al., 2018).

La hemorragia pulmonar es una consecuencia común en pacientes que sufrieron un trauma. Estas alteraciones pulmonares suelen estar acompañadas con lesiones en la pared torácica como fractura de costillas y hemo/neumotórax. En casos de contusión pulmonar los cambios radiográficos suelen aparecer luego de las 24 horas del trauma. La tomografía computarizada es más precisa para el diagnóstico de contusiones pulmonares y permite determinar la gravedad de dicha lesión (Vignoli & Graham, 2022).

En un trabajo publicado por Allerton (2019), se utilizaron la ultrasonografía, la radiografía y la tomografía como herramientas para el diagnóstico de hemotórax. La tomografía computarizada en comparación con la radiografía tiene la ventaja de que no hay superposición de estructuras, también se pueden diferenciar con cierto detalle las distintas estructuras anatómicas pudiendo identificarse masas a nivel de costillas o pleura, siendo esta una limitación en el estudio radiográfico. Al mismo tiempo

permite diferenciar la efusión en mediastino y pleura. En caso de haber tumores dentro de cavidad torácica, permite una mejor planificación en cirugías oncológicas. El autor consideró a la tomografía computarizada como la herramienta imagenológica de mayor utilidad en comparación con la ecografía y radiografía en casos de hemotórax (Allerton, 2019).

Dentro de las utilidades de la tomografía computarizada se encuentra el diagnóstico de lesiones y complicaciones traumáticas a nivel pulmonar. En comparación con la radiografía, la tomografía computarizada es más sensible para el diagnóstico y la localización de lesiones pulmonares como, por ejemplo, las bullas. Se considera la bulla pulmonar como una lesión esférica, de contenido gaseoso, en algunas circunstancias líquido y paredes finas (menor a 1 mm), que puede ser de origen congénito o traumático. Las bullas de origen traumático son referenciadas como pneumatoceles y pueden estar ocupadas completamente o parcialmente de líquido por ejemplo sangre (hematocele). Este tipo de lesiones suelen resolver en semanas o meses. La rotura de estas bullas con contenido gaseoso puede resultar en neumotórax (Vignoli & Graham, 2022).

En un estudio llevado a cabo por Bertolini et al., (2020) se realizó tomografía a 364 perros que sufrieron trauma torácico en busca de lesiones parenquimatosas pulmonares. Se constató que 46 perros presentaron laceración pulmonar, siendo la mayoría jóvenes (debido a la gran elasticidad de la caja torácica) y con mayor peso. Además, la laceración pulmonar estuvo relacionada con traumas de mayor energía. La laceración pulmonar ocurre a consecuencia de un traumatismo cerrado de gran energía, mayor a la de la contusión que genera un cizallamiento mecánico generando un desgarro de dicho parénquima.

Para la tomografía computarizada se evaluaron 4 patrones:

- Patrón 1: laceración pulmonar de gran longitud localizada a profundidad del parénquima pulmonar o alrededor de una cisura interlobar (Ilustración 24).
- Patrón 2: laceración ubicada en el parénquima pulmonar paraespinal, no estando asociada con fractura vertebral (Ilustración 24).
- Patrón 3: se caracteriza por laceración pulmonar subpleural íntimamente asociada a fractura de costilla adyacente o vertebral (Ilustración 25).
- Patrón 4: se evidencia lesión subpleural sin fractura de costilla (Ilustración 25).

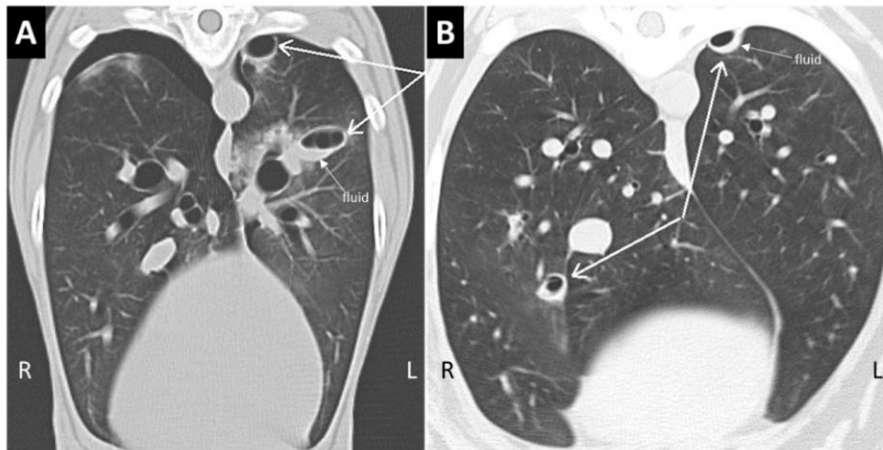


Ilustración 24. Imagen tomográfica A: se evidencia en el hemitórax derecho neumotórax y en el hemitórax izquierdo se visualizan 2 lesiones ovoides pseudoquísticas, una localizada profunda en el parénquima pulmonar (lesión tipo 1) y otra en el espacio subpleural a nivel paraespinal (lesión tipo 2). Imagen tomográfica B: se evidencian lesiones tipo 1 y 2 (Bertolini et al., 2020)

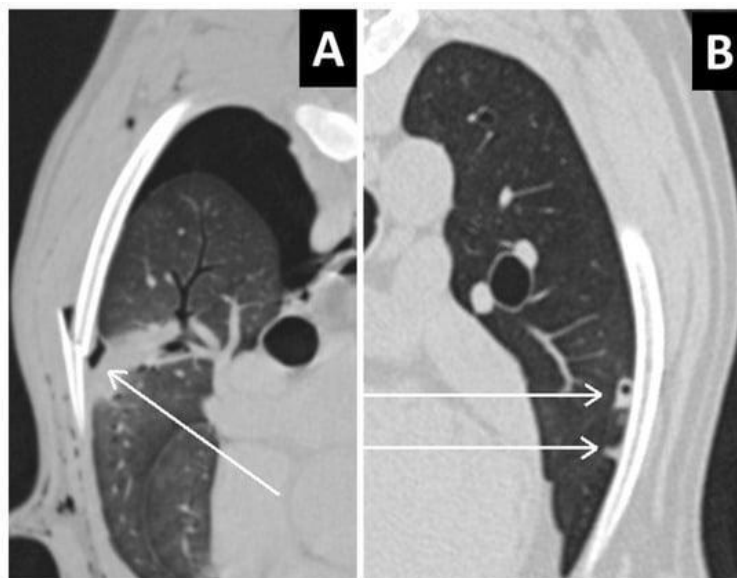


Ilustración 25. Imagen tomográfica A: se evidencia lesión tipo 3 con neumotórax y hemorragia parenquimatosa pulmonar. Imagen B: se evidencia lesión tipo 4 señaladas con las flechas blancas (Bertolini et al., 2020).

Se vieron complicaciones en 2 de los 46 perros como colapso y abscesos pulmonares. Otra lesión pulmonar que se vio fue el daño traumático a nivel alveolar e intersticial con hemorragia alveolar y edema, sin provocar lesión alveolar significativa, siendo esta la lesión parenquimatosa pulmonar más frecuente en un paciente con trauma torácico (Bertolini et al., 2020).

En casos de trauma renal puede haber avulsión, desplazamiento, hemorragia subcapsular o hemorragia perirrenal. La tomografía contrastada permite la

valoración del espacio retroperitoneal, la evaluación de la integridad de los uréteres y uretra y la diferenciación de hematomas renales o neoplasias ya que las neoplasias suelen estar vascularizadas permitiendo el pasaje del contraste (Vignoli & Graham, 2022).

En medicina veterinaria el trauma craneoencefálico es una consecuencia común en el paciente politraumatizado con altos niveles de mortalidad. Debido a la complejidad y diversidad morfológica del cráneo y cavidad nasal entre las distintas razas de los pacientes caninos, la tomografía computarizada brinda muchos beneficios para pacientes que sufren un trauma craneofacial. A diferencia de la radiografía no tenemos superposición de estructuras y nos permite la reconstrucción tridimensional, siendo un método ideal para el diagnóstico de este tipo de lesiones (Thrall & Widmer, 2018). Las lesiones más frecuentes en el trauma craneoencefálico son las fracturas de cráneo, mandibulares y maxilares. Por más que el método de elección para el diagnóstico del parénquima cerebral sea la resonancia magnética, la tomografía (en el contexto del paciente politraumatizado) es de vital importancia para el diagnóstico de lesiones intracraneales como pueden ser las contusiones cerebrales, hemorragias, hematomas (epidural, subdural o subaracnoidea) y hernias cerebrales (Vignoli & Graham, 2022). La luxación temporomandibular suele ocurrir a consecuencia de un trauma, en dirección rostradorsal debido al proceso retroarticular del hueso temporal que impide su luxación hacia ventrocaudal. En general se presenta de forma unilateral y puede estar acompañada con fractura del proceso retroarticular, hueso cigomático y otras estructuras óseas adyacentes (Thrall & Widmer, 2018). Debido a la velocidad y a la calidad de imagen, el estudio tomográfico es el método imagenológico indicado en pacientes con trauma craneoencefálico agudo. En medicina humana existe un sistema de score, el cual determina el pronóstico del paciente con las lesiones observadas en las imágenes tomográficas. En el estudio realizado por Chai et al. (2017), se buscó correlacionar imágenes tomográficas con el pronóstico vital de los pacientes, otorgando valores de 0 a 7 (Koret CT score). Las anomalías observadas fueron lesiones localizadas intra axiales o extra axiales, (las cuales se clasificaron en singulares o múltiples), hemorragias múltiples y hemorragias intracraneales. Se vio que las hemorragias fueron significativamente asociadas con mortalidad a corto plazo y las asimetrías ventriculares se asociaron con mortalidad a largo plazo. También se observó un gran número de pacientes que presentaron fractura de cráneo y fallecieron, siendo las fracturas con desplazamiento (depresión) las de mayor mortalidad. Las lesiones infratentoriales (hemorragia, hipodensidad o fractura) fueron observadas en el 50% de los no sobrevivientes y de los sobrevivientes ninguno presentó este tipo de lesión (Chai et al., 2017). Este factor pronóstico fue cuestionado en el estudio realizado por Wyatt, Llabres-Díaz, Lee & Beltrán, (2020), el cual determinó que las imágenes tomográficas y los patrones lesionales no tienen poder predictivo en el pronóstico de supervivencia. En el mismo año se publicó otro estudio donde se evaluó la precisión del sistema de Koret CT score para establecer un pronóstico a corto o largo plazo en este tipo de pacientes guiado por alteraciones en la imagen tomográfica dentro de las 72 horas del trauma. Se concluyó que el sistema

de score Koret CT tiene un valor pronóstico para pacientes que sufren traumas craneoencefálicos, pero debe ser utilizada como una herramienta complementaria (Rapoport et al., 2020). La tomografía además permite valorar si existe compromiso ocular en pacientes que sufrieron un trauma craneoencefálico, como desplazamiento, hemorragia, desprendimiento de retina, rotura de globo ocular y fractura de huesos orbitales. Las fracturas orbitales son las de mejor valoración con las imágenes tridimensionales ya que permiten la visualización de los fragmentos óseos. En algunos casos es posible el diagnóstico tomográfico de cuerpos extraños oculares/orbitales (Vignoli & Graham, 2022).

Para la evaluación medular, la tomografía y la resonancia magnética son herramientas diagnósticas superiores a la radiografía (Vignoli & Graham, 2022). La resonancia magnética tiene mayor sensibilidad que la tomografía para la evaluación de la médula espinal, pero la tomografía debería usarse en algunos pacientes como por ejemplo aquellos que sufren trauma vertebral causado por un arma de fuego ya que la bala metálica en la resonancia magnética generaría un artefacto. El trauma espinal agudo puede causar lesiones que generen inestabilidad espinal llevando a la ineficiencia de la columna vertebral para proteger la médula y las raíces nerviosas de un posible daño (Thrall & Widmer, 2018). La inestabilidad intervertebral se puede dar cuando hay lesiones en dos de los tres compartimentos que componen la articulación. A nivel dorsal puede haber lesión en el proceso articular, la lámina, el pedículo, el proceso espinal y el tejido blando que brinda soporte a la articulación; a nivel medial puede lesionarse el ligamento longitudinal dorsal, la parte dorsal del cuerpo vertebral y el aspecto dorsal del anillo fibroso y a nivel ventral puede haber lesiones a nivel del cuerpo vertebral ventral, el aspecto ventral del anillo fibroso y el ligamento longitudinal ventral (Vignoli & Graham, 2022). En casos de sospechas clínicas de fracturas o luxaciones a nivel de columna vertebral, se recomienda el estudio tomográfico (Ilustración 26). Los scanners multidetectores permiten obtenciones de las imágenes en un corto tiempo y la realización de cortes de 1 mm o menos de espesor brindando muy buen detalle de las estructuras (Thrall & Widmer, 2018). Se estima que dos tercios de los traumas espinales son a consecuencia de accidentes automovilísticos. En traumas a nivel cervical es posible la luxación atlanto occipital sin la presencia de fractura y fracturas a nivel atlantoaxial que podrían provocar una subluxación de dicha articulación (Vignoli & Graham, 2022).

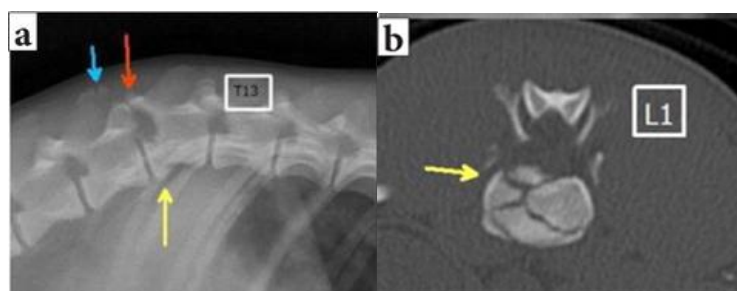


Ilustración 26. Cocker spaniel de 9 meses que sufrió politraumatismo. Clínicamente demostraba pérdida de propiocepción en miembro posterior derecho. Radiografía

latero-lateral en región toracolumbar demuestra fractura del cuerpo vertebral de L1 (*flecha amarilla*), luxación articular L1-L2 (*flecha roja*) y fractura en proceso espinal de L2 (*flecha azul*) (a). En la tomografía se observa fractura conminuta del cuerpo vertebral de L1 (*flecha amarilla*) (b).

4.4.4. Resonancia Magnética

La resonancia magnética utiliza campos magnéticos y ondas de radiofrecuencia para visualizar los tejidos corporales compuestos por moléculas de hidrógeno (Vignoli & Graham, 2022).

La resonancia magnética se destaca por la resolución de alto contraste que permite caracterizar cambios leves en tejidos blandos. Esto es debido a las propiedades electromagnéticas de los núcleos de hidrógeno (Protones) que son abundantes en los distintos tejidos. La formación de la imagen es a consecuencia de la energía transmitida por y hacia estos protones de los tejidos localizados espacialmente en los voxels. El mecanismo por el cual el resonador es capaz de generar un campo magnético está basado en la ley de inducción de Faraday, la cual describe que al pasar corriente eléctrica por cables rodeando un aro se genera un campo magnético en dirección perpendicular y en proporción a la potencia de la corriente eléctrica. Para generar y mantener un campo magnético para uso diagnóstico se utilizan cables inmersos en helio que sirve como agente refrigerante (Thrall & Widmer, 2018).

La resonancia magnética es utilizada más que nada para el diagnóstico de patologías en el sistema nervioso central (SNC), pero también es muy útil para la evaluación de otros tejidos blandos como puede ser el tejido muscular (Thrall & Widmer, 2018).

El resonador está compuesto por:

- El *gantry* que es el lugar en el cual el paciente es colocado para la adquisición de la imagen, el cual genera el mayor campo magnético.
- La *bobina*, la cual puede tener varias formas, que rodea el área de estudio dentro del gantry.
- *Bobinas de superficie*, por arriba de la mesa en la cual es colocado el paciente.
- *Bobinas específicas* para regiones determinadas.

Ventajas del uso de la resonancia magnética:

- No utiliza radiación ionizante (Vignoli & Graham, 2022).
- Es la técnica ideal para la evaluación de tejidos blandos, en especial el del sistema nervioso (García et al., 2016).
- Permite reconstrucción en múltiples planos y 3D (Thrall & Widmer, 2018).
- Permite evaluaciones funcionales y del metabolismo neuronal (Thrall & Widmer, 2018).

Desventajas del uso de la resonancia magnética:

- Estudio de difícil acceso y alto costo (Skerritt & Elliott, 2010).
- Requiere sedación o anestesia siempre (Skerritt & Elliott, 2010).
- Se utilizan medios de contrastes endovenosos, diferente a los radiológicos (Thrall & Widmer, 2018).
- Mayores tiempos de adquisición de imágenes (Skerritt & Elliott, 2010).
- Sensibilidad a artefactos (objetos metálicos, respiración, ondas de radiofrecuencias) (García et al., 2016).

Debido a que posee largos tiempos de adquisición de las imágenes no suele ser utilizado en pacientes politraumatizados en las primeras horas de atención. La resonancia magnética es muy costosa y debido a que no se encuentra disponible en la mayoría de los centros de emergencia en Latinoamérica, no se va a profundizar en esta técnica.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En cuanto al paciente politraumatizado, toda la bibliografía consultada indica que, al ingreso del mismo, lo primero a realizar es el ABCDE del trauma, revisión primaria y secundaria. Esta postura fue mantenida en el transcurso del tiempo a pesar de los avances tecnológicos. Los estudios realizados en otros países por autores como Baker et al. (2013); Davros et al. (2022); Fullington & Otto (1997); Kolata & Johnston (1975); Simpson, Syring, & Otto (2009); presentan datos estadísticos de las características, origen y tipo de trauma involucrado y sus complicaciones. Esto toma relevancia a nivel clínico para poder prever según el tipo de trauma sufrido por el paciente, sus complicaciones más frecuentes y también permitiría en cierta medida apostar a la prevención. En Uruguay no se han encontrado estudios similares que nos permitan identificar las principales causas del paciente politraumatizado, así como las lesiones más frecuentes con sus posibles complicaciones. Creemos que llevar a cabo estas estadísticas podría ser de gran utilidad para contribuir al conocimiento de la realidad local y la implementación de mejoras en el manejo del paciente politraumatizado. El uso de las distintas escalas para realizar el triaje y la monitorización de los pacientes críticos ha permitido la optimización de los recursos hospitalarios y la atención eficiente a dichos pacientes. En Uruguay son de uso rutinario en centros de emergencia de medicina humana, no así en centros de atención veterinaria, donde se emplean con menor frecuencia. Consideramos que podría ser beneficioso su incorporación como parte de un protocolo de atención en centros de medicina veterinaria para un mejor funcionamiento de los mismos.

Respecto a los estudios de imagen, todos los autores coinciden en que, sin ser la ecografía, la cual puede ser utilizada mientras se realiza la estabilización y el

tratamiento, el resto de las técnicas imagenológicas deben emplearse con el paciente hemodinámicamente estable y sin dolor. Esta connotación es de suma importancia, ya que prioriza el bienestar del paciente y evita complicaciones optimizando el tiempo del estudio. En el ámbito veterinario del Uruguay este accionar se ve muchas veces comprometido debido al difícil acceso a dichas herramientas, siendo necesario el traslado de los pacientes a centros alejados de las veterinarias, aumentando la posibilidad de complicaciones.

Los autores referenciados (Lisciandro, 2021), (Silva, 2021) y (Boysen, 2021) mencionan que la ecografía es una herramienta imagenológica que está en constante evolución, innovando tecnologías y ampliando sus usos. Es segura, de bajo costo y permite no solo el diagnóstico, sino que también la monitorización y evolución del paciente politraumatizado. Los mismos autores recomiendan el uso de los protocolos de ultrasonografía FAST y VET BLUE ya que tienen una buena sensibilidad diagnóstica para las principales complicaciones de los pacientes politraumatizados con la ventaja de no limitar el accionar médico y no necesitar sedación o anestesia de los pacientes. Debido a que la ecografía es la herramienta imagenológica más accesible y difundida en medicina veterinaria en nuestro medio, creemos que puede ser de suma importancia y utilidad el conocimiento de estos protocolos ecográficos por parte de los clínicos del país ya que les permitiría atender de forma más integral al paciente politraumatizado.

La tomografía computarizada y la resonancia magnética son las herramientas diagnósticas que brindan mayor información estructural del sistema nervioso central (Thrall & Widmer, 2018). La tomografía computarizada es la de elección en los pacientes politraumatizados debido a su gran capacidad diagnóstica, rapidez de escaneo, necesitando una anestesia de corta duración. En nuestro país, al no contar aún con estas herramientas se ve limitado el diagnóstico y tratamiento de los pacientes críticos, sobre todo los que presentan trauma craneoencefálico.

En el ámbito de la medicina intensiva y la imagenología pudimos observar que la medicina humana ha servido de modelo para el desarrollo y evolución de la medicina veterinaria. Este hecho nos lleva a pensar que todavía queda mucho por investigar e innovar en tecnologías que hoy en día están siendo usadas en medicina humana. Creemos que apostando al trabajo interdisciplinario la medicina veterinaria del Uruguay podría nutrirse y brindar una mejor atención a los pacientes críticos.

Para finalizar este trabajo concluimos que, en el contexto del paciente crítico, y sobre todo del paciente politraumatizado, los estudios de imagen han demostrado ser un pilar fundamental para su correcto encare y monitorización formando parte de los protocolos de atención.

Con el transcurso del tiempo se han ido desarrollando y mejorando nuevas tecnologías las cuales diversifican los usos de estas herramientas y proveen mayor información del paciente tratado.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Allerton, F. (2019). Diagnosing and treating Haemothorax in dogs and cats. *In Practice*, 41(8), 349–360. doi.org/10.1136/inp.l5559.
- Arnold, C. F. (2018). *Manual de fluidoterapia en Pequeños animales*. Barcelona: Multimédica Ediciones Veterinarias.
- Aronson, E., & Reed, L. (1995). Radiology corner pneumothorax. Ventrodorsal or Dorsoventral View-does it make a difference?. *Veterinary Radiology Ultrasound*, 36(2), 109–110. doi.org/10.1111/j.1740-8261.1995.tb00225.x.
- Ash, K., Hayes, G. M., Goggs, R., & Sumner, J. P. (2018). Performance evaluation and validation of the animal trauma triage score and modified Glasgow Coma Scale with suggested category adjustment in dogs. A VetCOT registry study. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 28(3), 192–200. https://doi.org/10.1111/vec.12717.
- Baker, J. L., Havas, K. A., Miller, L. A., Lacy, W. A., & Schlanser, J. (2013). Gunshot wounds in military working dogs in Operation Enduring Freedom and Operation Iraqi Freedom: 29 cases (2003-2009). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 23(1), 47–52. https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2012.00823.x
- Basdani, E., Papazoglou, L. G., Patsikas, M. N., Kazakos, G. M., Adamama Moraitou, K. K., & Tsokataridis, I. (2016). Upper Airway Injury in Dogs Secondary to Trauma: 10 Dogs (2000-2011). *Journal of the American Animal Hospital Association*, 52(5), 291–296. https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-6067
- Bertolini, G., Briola, C., Angeloni, L., Costa, A., Rocchi, P., & Caldin, M. (2020). Trauma-associated pulmonary laceration in dogs-a cross sectional study of 364 dogs. *Veterinary Sciences*, 7(2), 41. https://doi.org/10.3390/vetsci7020041
- Bertolini, G., & Prokop, M. (2011). Multidetector-row computed tomography: technical basics and preliminary clinical applications in small animals. *Veterinary Journal*, 189(1), 15-26.
- Boysen, S. R. (2021). Lung ultrasonography for pneumothorax in dogs and cats. *Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 51(6), 1153-1167. https://doi.org/10.1016/j.cvs.2021.07.003.
- Bushong, S. C. (2010). *Manual de radiología para técnicos. Física, biología y protección Radiológica*. Barcelona: Elsevier.
- Chai, O. Peery, D., Bdolah-Abram, T., Moscovich, E., Kelmer, E., Klainbart, S., ... Shamir, M. H (2017). Computed tomographic findings in dogs with head trauma and development of a novel Prognostic Computed Tomography-based scoring system. *American Journal of Veterinary Research*, 78(9), 1085–1090. https://doi.org/10.2460/ajvr.78.9.1085.
- Crowe, D.T. Jr. (2006). Assessment and management of the severely polytraumatized small animal patient. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 16, 264-275. https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2006.00187.x

- Davros, A.M., Gregory, C. W., Cockrell, D. M., & Hall, K. E. (2022). Comparison of clinical outcomes in cases of blunt, penetrating, and combination trauma in dogs. A vetcot registry study. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 33(1), 74–80. <https://doi.org/10.1111/vec.13253>.
- Díaz Rodríguez, N., Garrido Chamorro, R. P., & Castellano-Alarcón, J. (2007). Ecografía. Principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico. *SEMERGEN - Medicina de Familia*, 33(7), 362–369. <https://doi.org/10.1016/s1138-3593>
- Díez-Bru, N. (1992). Principios básicos de la ecografía. *Clínica Veterinaria de Pequeños Animales*, 12,138-147.
- Donati, P. (2019). *Índice de colapsabilidad de la vena cava caudal y respuesta a fluidos en caninos* (Tesis de maestría). Instituto Universitario Hospital Italiano, Buenos Aires.
- Donati, P. A., Guevara, J. M., Ardiles, V., Guillemi, E. C., Londoño, L., & Dubin, A. (2020). Caudal vena cava collapsibility index as a tool to predict fluid responsiveness in dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 30(6), 677–686. <https://doi.org/10.1111/vec.13009>
- Dozeman, E. T., Prittie, J. E., & Fischetti, A. J. (2020). Utilization of whole body computed tomography in polytrauma patients. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* 30(1), 28–33. <https://doi.org/10.1111/vec.12918>
- Duque, F. J., Dominguez-Roldan, J. M., Ruiz, P., Zaragoza, C., & Barrera-Chacon, R. (2009). Assessing Circle of Willis blood circulation in dogs with transcranial color-coded duplex sonography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50(5), 530–535. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2009.01577.x>
- Frykfors Von Hekkel, A.K., Pegram, C., & Halfacree, Z.J. (2020). Thoracic dog bite wounds in dogs: A retrospective study of 123 cases (2003-2016). *Veterinary Surgery*, 49(4), 694–703. <https://doi.org/10.1111/vsu.13402>.
- Fullington, R. J., & Otto, C. M. (1997). Characteristics and management of gunshot wounds in dogs and cats: 84 cases (1986-1995). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 210(5), 658–662.
- Fukushima, U., Miyashita, K., Okano, S., Higuchi, S., Takase, K., & Hagio, M. (2000). Evaluation of intracranial pressure by transcranial Doppler ultrasonography in dogs with intracranial hypertension. *Journal of Veterinary Medical Science*, 62(3), 353-355 <https://doi.org/10.1292/jvms.62.353>.
- García, E., Díez, N. Sánchez, R. & Plaza, P. (2016). Tomografía computarizada en urgencias. Cuando y para qué. *Clinurgevet*, 1, 8–18.
- Gibson, T. W., Brisson, B. A., & Sears, W. (2005). Perioperative survival rates after surgery for diaphragmatic hernia in dogs and cats: 92 cases (1990-2002). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 227(1), 105–109. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.227.105>
- Gordon, L. E., Thacher, C., & Kapatkin, A. (1993). High-rise syndrome in dogs: 81 cases (1985-1991). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 202(1), 118–122.
- Grandini González, J. (2004). Traumatología forense (pp. 39-74). En *Medicina Forense*. México: McGraw Hill.

- Hayes, G., Mathews, K., Doig, G., Kruth, S., Boston, S., Nykamp, S., ... Dewey, C. (2010). The acute patient physiologic and laboratory evaluation (APPLE) score: a severity of illness stratification system for hospitalized dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 24(5), 1034–1047. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2010.0552.x>
- Joannidis, M., Druml, W., Forni, L.G., Groeneveld, A.B.J., Honore, P.M., Hoste, E., ... Schetz M.(2017). Prevention of acute kidney injury and protection of renal function in the Intensive Care Unit: Update 2017. *Intensive Care Medicine*, 43(6), 730–749. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4832-y>
- Johansson, P.I., Stensballe, J., & Ostrowski, S.R. (2017). Shock induced endotheliopathy (Shine) in acute critical illness - a unifying pathophysiologic mechanism. *Critical Care*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1605-5>.
- Kern, D.A., Carrig, C.B. & Martin, R.A. (1994). Radiographic evaluation of induced pneumothorax in the dog. *Veterinary Radiology Ultrasound*, 35(6), 411–417. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1994.tb02063.x>.
- Kolata, R. J., & Johnston, D. E. (1975). Motor vehicle accidents in urban dogs: a study of 600 cases. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 167(10), 938–941.
- Lin, Q., Lv, F., Luo, Y., Song, Q., Xu, Q., Su, Y., ... Tang, J. (2013). Contrast-enhanced ultrasound for detection of traumatic splenic bleeding in a canine model during hemorrhagic shock and resuscitation. *Journal of Medical Ultrasound*, 21(4), 207-212.
- 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), 104–122. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2011.00626.x>
- Lisciandro, G.R. (2020). Cageside ultrasonography in the emergency room and Intensive Care Unit. *Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*, 50(6), 1445–1467. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2020.07.013>.
- Lisciandro, G.R. (2021). *Point-of-care ultrasound techniques for the small animal practitioner*. Hoboken: Wiley Blackwell.
- Lisciandro, G. R., Lagutchik, M. S., Mann, K. A., Fosgate, G. T., Tiller, E. G., Cabano, N. R., ... Howard, P. K. (2009). Evaluation of an abdominal fluid scoring system determined using abdominal focused assessment with sonography for trauma in 101 dogs with motor vehicle trauma. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 19(5), 426–437. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2009.00459.x>
- Londoño, L. (2022). *Manual de nefrología crítica en el perro y el gato*. Barcelona: Multimédica Ediciones Veterinarias.
- Magán, N. del C., & García, C.C. (2019). *Procedimientos en Medicina de urgencias. Para el clínico de pequeños animales*. Barcelona: Multimédica Ediciones Veterinarias.
- Marsden, N. J., & Tuma, F. (2021). Polytraumatized Patient. En J.S. Mattoon, R.K. Sellon & C.R. Berry, *Small animal diagnostic ultrasound* (4th ed.). St. Louis: Elsevier.
- McKenney, K. L., McKenney, M. G., Cohn, S. M., Compton, R., Nunez, D. B., Dolich, M., & Namias, N. (2001). Hemoperitoneum score helps determine need for therapeutic laparotomy. *Journal of Trauma*, 50(4), 650–656. <https://doi.org/10.1097/00005373-200104000-00009>.

- Molnar, T.F. (2017). Thoracic trauma. *Thoracic Surgery Clinics*, 27(1), 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2016.08.003>.
- Monnet, X., Marik, P.E. & Teboul, J.-L. (2016). Prediction of fluid responsiveness. An update. *Annals of Intensive Care*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s13613-016-0216-7>.
- Mouly, J., & Donati, P. (2020). *Manejo integral del shock en perros y Gatos*. Barcelona: Multimédica Ediciones Veterinarias.
- Mouly, J. (2018). *Emergencias y cuidados críticos en pequeños animales*. Barcelona: Multimédica Ediciones Veterinarias.
- Munro, H. M., & Thrusfield, M. V. (2001). Battered pets: non-accidental physical injuries found in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 42(6), 279–290. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2001.tb02041.x>.
- Nyland, T.G., & Mattoon, J.S. (2016). *Diagnóstico Ecográfico en pequeños animales*. Barcelona: Multimédica.
- Orgonikova, I., Brocal, J., Cherubini, G. B., & Palus, V. (2021). Vertebral fractures and luxations in dogs and cats, part 1: Evaluation of diagnosis and Prognosis. *Companion Animal*, 26(2), 1–10. <https://doi.org/10.12968/coan.2020.0027>.
- Oricco, S., Rabozzi, R., Meneghini, C., & Franci, P. (2019). Usefulness of focused cardiac ultrasonography for predicting fluid responsiveness in conscious, spontaneously breathing dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 80(4), 369–377. <https://doi.org/10.2460/ajvr.80.4.369>
- Prehospital Trauma Life Support. (2014). Burlington: Jones & Bartlett Learning.
- Rapoport, K., Mateo, I., Peery, D., Mazaki-Tovi, M., Klainbart, S., Kelmer, E., ... Chai, O. (2020). The prognostic value of the Koret CT score in dogs following traumatic brain injury. *Veterinary Journal*, 266, 105-563. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105563>.
- Rockar, R.A., Drobotz, K.S. & Shofer, F.S. (1994). Development of a scoring system for the veterinary trauma patient. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 4, 77-83. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.1994.tb00118.x>
- Salahuddin, N., Sammani, M., Hamdan, A., Joseph, M., Al-Nemary, Y., Alquaiz, R., ... Maghrabi, K. (2017). Fluid overload is an independent risk factor for acute kidney injury in critically ill patients: Results of a cohort study. *BMC Nephrology*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12882-017-0460-6>.
- Sangster, G. P., González-Beicos, A., Carbo, A. I., Heldmann, M. G., Ibrahim, H., Carrascosa, P., ... D'Agostino, H. B. (2007). Blunt traumatic injuries of the lung parenchyma, pleura, thoracic wall, and intrathoracic airways: multidetector computer tomography imaging findings. *Emergency Radiology*, 14(5), 297–310. <https://doi.org/10.1007/s10140-007-0651-8>
- Sasaoka, K., Nakamura, K., Osuga, T., Morita, T., Yokoyama, N., Morishita, K., ... Takiguchi, M. (2018). Transcranial doppler ultrasound examination in dogs with suspected intracranial hypertension caused by neurologic diseases. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(1), 314–323. <https://doi.org/10.1111/jvim.14900>

- Shamir, M. H., Leisner, S., Klement, E., Gonen, E., & Johnston, D. E. (2002). Dog bite wounds in dogs and cats: a retrospective study of 196 cases. *Journal of Veterinary Medicine*, 49(2), 107–112. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2002.jv416.x>
- Sharma, R., & Weerakkody, Y. (2009). Pulmonary laceration. *Radiopaedia.org*. <https://doi.org/10.53347/rid-7347>.
- Silva Suárez, N. A. (2021). Manual de ultrasonido point-of-care. *En Urgencias y paciente crítico, en pequeños animales*. Barcelona: Multimédica Ediciones Veterinarias
- Silverstein, D.C., & Hopper, K. (2017). *Small animal critical care medicine*. St. Louis: Elsevier.
- Simpson, S. A., Syring, R., & Otto, C. M. (2009). Severe blunt trauma in dogs: 235 cases (1997-2003). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 19(6), 588–602. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2009.00468.x>
- Skerritt, G. and Elliott, I. (2010) *Handbook of Small Animal Mri*. Avenue: Wiley-Blackwell.
- Soler, W., Gómez Muñoz, M., Bragulat, E., & Álvarez, A. (2010). El triaje. Herramienta fundamental en urgencias y emergencias. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 33. <https://doi.org/10.4321/s1137-66272010000200008>.
- Thrall, D.E., & Widmer, W.R. (2018). *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. St. Louis: Elsevier.
- Torrente, C., & Bosch, L. (2012). *Medicina de Urgencia en Pequeños animales*. Zaragoza: Servet.
- Tusman, G., Acosta, C. M., Nicola, M., Esperatti, M., Bohm, S. H., & Suarez-Sipmann, F. (2015). Real-time images of tidal recruitment using lung ultrasound. *Critical Ultrasound Journal*, 7(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s13089-015-0036-2>
- Vargas-Alvarado, E. (2000). Documentos médicos legales. En *Medicina legal* (pp. 36-47). México: Trillas.
- Vignoli, M. & Graham, J. (2022). *Atlas of diagnostic imaging of dogs and cats*. Milan: Edra Publishing.
- Walters, A. M., O'Brien, M. A., Selmic, L. E., Hartman, S., McMichael, M., & O'Brien, R. T. (2018). Evaluation of the agreement between focused assessment with sonography for trauma (FAST/TFAST) and computed tomography in dogs and cats with recent trauma. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 28(5), 429–435. <https://doi.org/10.1111/vec.12732>
- Wilson, G. P., & Hayes, H. M., Jr (1986). Diaphragmatic hernia in the dog and cat: a 25-year overview. *Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (Small Animal)*, 1(4), 318–326.
- Wyatt, S., Llabres-Diaz, F., Lee, C. Y., & Beltran, E. (2020). Early CT in dogs following traumatic brain injury has limited value in predicting short-term prognosis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 62(2), 181–189. <https://doi.org/10.1111/vru.12933>.