

Manuel Alamán Valtierra

Nuevas técnicas de anestesia
regional en la especie canina para
el bloqueo de los planos del
músculo transverso del tórax y del
músculo cuadrado lumbar

Director/es

Laborda García, Alicia
Bonastre Rrafales, Cristina

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>



Universidad de Zaragoza
Servicio de Publicaciones

ISSN 2254-7606



Tesis Doctoral

**NUEVAS TÉCNICAS DE ANESTESIA REGIONAL
EN LA ESPECIE CANINA PARA EL BLOQUEO DE
LOS PLANOS DEL MÚSCULO TRANSVERSO DEL
TÓRAX Y DEL MÚSCULO CUADRADO LUMBAR**

Autor

Manuel Alamán Valtierra

Director/es

Laborda García, Alicia
Bonastre Rafales, Cristina

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Escuela de Doctorado

Programa de Doctorado en Medicina y Sanidad Animal

2024



Universidad
Zaragoza

Tesis Doctoral

NUEVAS TÉCNICAS DE ANESTESIA REGIONAL
EN LA ESPECIE CANINA PARA EL BLOQUEO
DE LOS PLANOS DEL MÚSCULO TRANSVERSO
DEL TÓRAX Y DEL MÚSCULO CUADRADO
LUMBAR.

Autor

MANUEL ALAMÁN VALTIERRA

Director/es

CRISTINA BONASTRE RÁFALES
ALICIA LABORDA GARCÍA

Facultad de Veterinaria
2024



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza

DIRECTORAS DE TESIS

Prof. Cristina Bonastre Ráfales

Prof. Alicia Laborda García



Universidad Zaragoza

Dra. CRISTINA BONASTRE RÁFALES, Profesora Contratada Doctor del Departamento de Patología Animal de la Universidad de Zaragoza y Dra. ALICIA LABORDA GARCÍA, Profesora Titular del Departamento de Patología Animal de la Universidad de Zaragoza

INFORMAN

Que D. MANUEL ALAMÁN VALTIERRA ha realizado bajo nuestra dirección los trabajos de investigación correspondientes a su Tesis Doctoral titulada “Nuevas técnicas de anestesia regional en la especie canina para el bloqueo de los planos del músculo transverso del tórax y del músculo cuadrado lumbar”, que se ajusta al Proyecto de Tesis presentado y cumple las condiciones exigidas para optar al Grado de Doctor en la Universidad de Zaragoza, por lo que autorizan su presentación como compendio de publicaciones para que pueda ser juzgada por el tribunal correspondiente.

Y para que así conste a todos aquellos efectos que se consideren oportunos, en Zaragoza, a 24 de mayo de 2024,

Dña. Cristina Bonastre Ráfales

Dña. Alicia Laborda García

“No se vive si no se sabe”

Baltasar Gracián y mi padre



*A*GRADECIMIENTOS

Seguramente este proyecto comience ahí, papá, en esa frase que continúa colgada en el corcho de la habitación. Siempre has tenido razón, la vida es infinitamente más bella si se sabe observar con curiosidad, ilusión, esfuerzo y pasión. Tengo la suerte de sentirme rodeado por personas maravillosas que han sabido agitar, dentro de mí, esas ganas por saber. Muchas gracias a todos, esta tesis doctoral también es vuestra.

Las primeras personas a las que quiero agradecer todo su esfuerzo, cariño y dedicación con este proyecto son mis dos “jefas”. Lo asumisteis como propio, me ayudasteis a moldearlo y lo hemos convertido en algo de lo que me siento muy orgulloso. Muchas gracias por vuestro trabajo y amistad, si estoy escribiendo estas líneas es gracias a vosotras:

A Cristina Bonastre. Has sido mi mayor apoyo en todo este proceso, me has ayudado a encontrar el camino y has sabido mantenerme en él. Muchas gracias por creer siempre en mí.

A Alicia Laborda, por tener siempre una solución a los problemas y una sonrisa para ayudarme a resolverlos. Muchas gracias por aportar tu rigor, entrega y buen humor.

También me gustaría reconocer el importante papel que han jugado en mi vida personas como José Rodríguez, Jaime Graus, Jorge Llinás, Roberto Bussadori y Jaime Viscasillas. Cuando tienes la ilusión por crecer personal y profesionalmente, es increíblemente estimulante encontrar personas inspiradoras que alimenten tu curiosidad. Sois mi ejemplo donde mirar.

A Ignacio de Blas y a Adrián González, por su paciencia y trabajo con los “números”. Muchas gracias por vuestra profesionalidad, paciencia y amistad.

A todos mis compañeros del Departamento de Patología Animal, Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza y de Anicura Valencia Sur. Gracias por ayudarme a disfrutar tanto de mi profesión.

A mis amigos, que llevan años escuchándome, aconsejándome y, sobre todo, apoyándome. Tengo mucha suerte de teneros cerca.

A Eva, por haberme aportado la paz que necesitaba para terminar este proyecto. Gracias por ser “mi dos”, por tu confianza ciega y apoyo incondicional. No sé cómo será el siguiente camino que tome, pero eres la persona con quien quiero recorrerlo.

A mis padres y hermanos. Reconozco mi reflejo constantemente en vosotros y, no sé si os lo he dicho alguna vez, estoy muy orgulloso de ello. Muchas gracias y, como me dijo mi abuela Concha, “¡qué bien me lo he pasado!”.

La presente tesis doctoral se ha realizado por el compendio de los artículos aquí presentados en orden cronológico de publicación:

1. Alaman M, González-Marrón A, Lorente C, Bonastre C, Laborda A (2021) Description of an Ultrasound-Guided Transverse Approach to the Transversus Thoracis Plane Block and Evaluation of Injectate Spread in Canine Cadavers. *Animals* 11, 2657. DOI: 10.3390/ani110926572.
2. Alaman M, Bonastre C, De Blas I, Gomez-Alvarez CM, Laborda A (2022) Description of a novel ultrasound-guided approach for a dorsal quadratus lumborum block: a canine cadaver study. *Vet Anaesth Analg* 49: 118-125. DOI: 10.1016/j.vaa.2021.09.002.
3. Alaman M, Bonastre C, González-Marrón A, Gamez E, Laborda A (2022) A Two-Point Ultrasound-Guided Injection Technique for the Transversus Thoracis Plane Block: A Canine Cadaveric Study. *Animals* 12, 2165. DOI: 10.3390/ani12172165.
4. Alaman M, Lorente C, Laborda A, Costas A, Bonastre C (2022) Caso clínico de Anestesia. *Clin Vet Peq An* 2022; 42(2):107-11.
5. Alaman M, Lence R, Ramón E, Laborda A, Bonastre C, Viscasillas J (2023) Ultrasound-Guided Two-Point Transversus Thoracic Plane Block for Canine Sternotomy. *Vet Anaesth Analg*. 2023 Aug 6: S1467-2987(23)00135-6. DOI: 10.1016/j.vaa.2023.08.004.

* Los documentos referentes a los informes favorables de la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal (CEAEA) de la Universidad de Zaragoza serán adjuntados en el apartado Anexos.



RESUMEN

La incorporación de técnicas de anestesia locorregional a los protocolos analgésicos multimodales proporciona muchas ventajas: menor mortalidad perioperatoria, reducción del tiempo de hospitalización posoperatorio, buen control del dolor agudo y crónico en multitud de situaciones clínicas, reducción de las necesidades perioperatorias de opioides u otros analgésicos sistémicos y, por ende, de sus efectos adversos, etc. Durante las últimas dos décadas se han publicado múltiples estudios de investigación, tanto en medicina humana como en veterinaria, enfocados al desarrollo de nuevas técnicas de anestesia locorregional. Además, el empleo de la ecografía como guía durante la ejecución de estas técnicas ha posibilitado una mayor precisión a la hora de posicionar la punta de la aguja en el lugar objetivo, incrementando la tasa de éxito de los bloqueos y reduciendo el porcentaje de complicaciones. Entre las nuevas técnicas propuestas se describen muchas que posibilitan el bloqueo de diversos planos fasciales. Estas técnicas se caracterizan por la inyección de un anestésico local en un compartimento, comprendido entre dos capas anatómicamente separadas por fascia, por el que discurren varias estructuras nerviosas.

En esta Tesis Doctoral se han desarrollado dos técnicas novedosas en la especie canina, que permiten el bloqueo de los planos fasciales del músculo cuadrado lumbar y del músculo transverso del tórax, y proporcionan analgesia abdominal y al aspecto ventral de la pared torácica respectivamente. Para ello, la metodología de trabajo se ha dividido en dos partes. En una primera fase se han realizado tres estudios cadavéricos que han permitido evaluar la anatomía macroscópica y ecográfica de ambos planos; establecer referencias anatómicas que posibilitasen el posicionamiento de la punta de una aguja en los planos objetivo; y estudiar la distribución de diferentes volúmenes de una solución de tinte inyectada en dichos planos y como afecta a las estructuras nerviosas que por ellos discurren. En el caso de la técnica para el abordaje del plano transverso del tórax, también se ha evaluado la distribución de la solución cuando esta es administrada tanto a través de un único punto de inyección como mediante dos. En todos estos estudios la distribución de la solución ha provocado la tinción de múltiples estructuras nerviosas que discurrían por los planos estudiados, sugiriendo la potencial eficacia clínica de las técnicas. En una segunda fase, se han incorporado con éxito las técnicas descritas al protocolo anestésico de dos casos clínicos.

SUMMARY

The advantages of including loco-regional anaesthesia techniques in multimodal anaesthetic protocols are considerable: lower perioperative mortality, reduction of postoperative hospital stay, good control of acute and chronic pain in many clinical situations, reduction of the perioperative requirements of opioids or other systemic analgesics and, consequently, of their adverse effects, etc. Therefore, during the last two decades, many research studies have been published, both in human and veterinary medicine, focused on the development of new loco-regional anaesthesia techniques. In addition, the use of ultrasound as a guide during the execution of these techniques has allowed for greater precision in positioning the needle tip in the target site, increasing the success rate of the blocks and reducing the percentage of complications. Among the new techniques described are many that allow blockade of several fascial planes. These techniques are characterised by the injection of a local anaesthetic into a compartment between two anatomically separated layers of fascia, through which several nerve structures run.

In this Doctoral Thesis, two novel techniques have been developed in the canine species, which allow the blockade of the fascial planes of the quadratus lumborum muscle and the transverse thoracic muscle providing analgesia to the abdomen and the ventral aspect of the thoracic wall, respectively. For this purpose, the work methodology has been divided into two sections. In the first phase, three cadaveric studies were carried out to evaluate the macroscopic and sonographic anatomy of both planes; to establish anatomical landmarks that allow the positioning of the needle tip into the target planes, to study the distribution of different volumes of a dye solution injected into these planes and how nerve structures that run through them are affected. In the case of the technique for the transverse thoracic plane approach, the distribution of the solution has also been evaluated when the solution is administered through a single injection site as well as through two injection sites. In all these studies, the distribution of the solution caused staining of multiple nerve structures running through the planes studied, suggesting the potential clinical efficacy of the techniques. In a second phase, the techniques were included successfully in the anaesthetic protocol of two clinical cases.

LISTA DE ABREVIATURAS

A.	Arteria
BPF	Bloqueos del plano fascial
D-QLP	Aspecto dorsal del plano del músculo cuadrado lumbar
EPT	Espacio paravertebral torácico
ES	Complejo muscular erector espinal
M.	Músculo
N.	Nervio
QL	Cuadrado lumbar (músculo)
QLP	Plano del músculo cuadrado lumbar
TAP	Plano del músculo transverso abdominal
TT	Transverso del tórax (músculo)
TTP	Plano del músculo transverso del tórax
V.	Vena

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	I
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 BLOQUEOS DE PLANOS FASCIALES.....	15
2.1.1 Mecanismo de acción de los bloqueos del plano fascial	15
2.1.2 Efecto analgésico local mediado por la distribución del agente en el compartimento del plano.	17
2.1.3 Efecto analgésico local mediado por la distribución del anestésico local en compartimentos tisulares adyacentes.	20
2.1.4 Analgesia asociada al efecto sistémico de los anestésicos locales.	22
2.2 BLOQUEO DEL PLANO DEL MÚSCULO TRANSVERSO DEL TÓRAX.	24
2.2.1 Revisión bibliográfica en la literatura humana.	24
2.2.2 Revisión bibliográfica en la literatura veterinaria.	27
2.2.3 Revisión anatómica del plano del músculo transverso del tórax en la especie canina.	30
2.3 BLOQUEO DEL PLANO DEL MÚSCULO CUADRADO LUMBAR.	33
2.3.1 Revisión bibliográfica en la literatura humana.	33
2.3.2 Revisión bibliográfica en la literatura veterinaria.	36
2.3.3 Revisión de la anatomía del QLP en la especie canina.	40
2.3.4 Recuerdo anatómico sobre la inervación del abdomen y la región toracolumbar, y su relación con el QLP.	43
3. JUSTIFICACIÓN	48

4.	HIPÓTESIS	50
5.	OBJETIVOS	52
6.	ARTÍCULOS	55
	<i>6.1 Description of an Ultrasound-Guided Transverse Approach to the Transversus Thoracis Plane Block and Evaluation of Injectate Spread in Canine Cadavers.....</i>	<i>57</i>
	<i>6.2 Description of a novel ultrasound-guided approach for a dorsal quadratus lumborum block: a canine cadaver study:</i>	<i>71</i>
	<i>6.3 A Two-Point Ultrasound-Guided Injection Technique for the Transversus Thoracis Plane Block: A Canine Cadaveric Study.</i>	<i>83</i>
	<i>6.4 Caso clínico de Anestesia.</i>	<i>99</i>
	<i>6.5 Ultrasound-Guided Two-Point Transversus Thoracic Plane Block for Canine Sternotomy.</i>	<i>107</i>
7.	DISCUSIÓN	113
8.	CONCLUSIONES	131
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
10.	ANEXOS	176
	10.1 INFORMES FAVORABLES DE LA CEAEA DE UNIZAR.....	177
	10.2 APÉNDICE	180





1. INTRODUCCIÓN

Los anestésicos locales son fármacos que bloquean de forma reversible la generación y conducción del impulso eléctrico a través de las fibras nerviosas. La propagación de dicho impulso implica la despolarización y posterior repolarización de la membrana celular de la fibra nerviosa mediante cambios en el gradiente eléctrico de la misma, producidos a través de los canales iónicos de sodio y potasio allí presentes. El mecanismo de acción de los anestésicos locales se basa en impedir el ingreso de sodio al interior de la fibra nerviosa mediante la inhibición de los canales iónicos (Figura 1) (1).

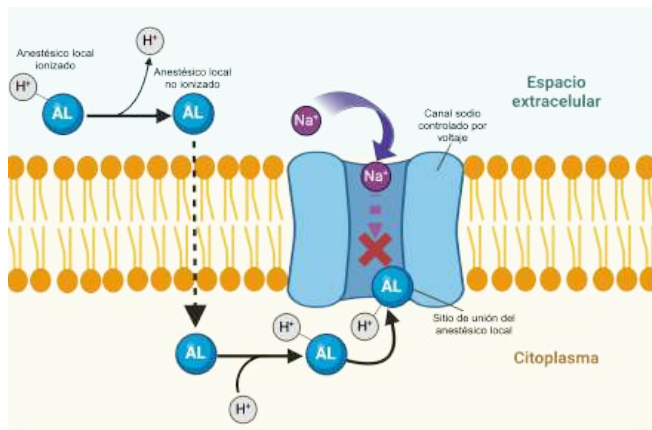


Figura 1: Representación esquemática del mecanismo de acción de los anestésicos locales en una fibra nerviosa. AL: anestésico local.

El primer uso de un anestésico local data de finales del siglo XIX, cuando Carl Kollér y Sigmund Freud emplearon cocaína para el control del estímulo nociceptivo en procedimientos oftalmológicos en humanos

(2). Desde entonces, han sido desarrollados nuevos agentes con mejores perfiles farmacológicos y menor toxicidad sistémica (Figura 2).

Actualmente, los anestésicos locales son fármacos ampliamente utilizados en técnicas de anestesia locorregional y que tienen por objetivo desensibilizar un área localizada del organismo, permitiendo la realización de procedimientos quirúrgicos tanto en humanos como en animales conscientes, disminuyendo las necesidades de analgésicos y anestésicos generales en individuos anestesiados, reduciendo los efectos secundarios asociados al empleo de estos fármacos y promoviendo la estabilidad cardiovascular (1).



Figura 2: Imagen de varios anestésicos locales (lidocaína, bupivacaína y mepivacaína) empleados comúnmente en la clínica diaria.

Las técnicas de anestesia locorregional persiguen interrumpir la conducción del potencial de acción en uno o varios troncos nerviosos en algún punto de su recorrido, permitiendo así la desensibilización de la zona inervada por dichas estructuras y el control del estímulo nociceptivo,

independientemente de su origen. Las técnicas tradicionales se basan en la colocación de la punta de la aguja en las proximidades de un nervio o plexo nervioso y en la inyección del anestésico local alrededor de dichas estructuras. Originalmente, la aguja era posicionada en la zona objetivo siguiendo referencias anatómicas. Actualmente, el empleo de herramientas como la neuroestimulación y/o la ecografía permiten un posicionamiento más preciso de la punta de la aguja y, por tanto, una mayor eficacia en el bloqueo de las estructuras nerviosas, así como la necesidad de menores dosis de anestésico local y menos complicaciones asociadas (Figura 3) (3, 4).

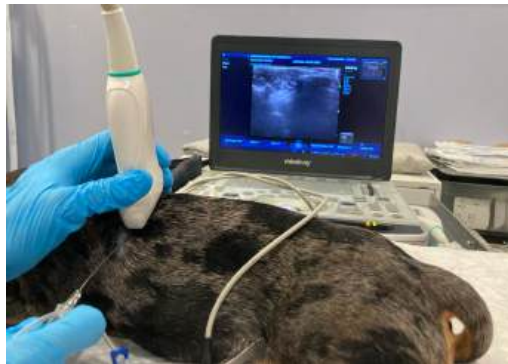


Figura 3: Ejecución del bloqueo paravertebral torácico caudal guiado por ecografía en un perro.

Existen múltiples publicaciones en medicina humana que relacionan las técnicas de anestesia locorregional con una menor mortalidad perioperatoria, así como con la reducción de los tiempos de hospitalización posquirúrgica y de los costes económicos asociados (5-8). Esto es debido a que la anestesia locorregional ha demostrado ser eficaz

en el tratamiento del dolor agudo, minimizando los requerimientos de opioides en el ambiente perioperatorio y favoreciendo el enfoque anestésico multimodal (9). En medicina veterinaria ha sido publicado recientemente un estudio prospectivo y multicéntrico, que englobaba a 55.022 pacientes caninos en 405 centros veterinarios, donde se observó una mortalidad significativamente menor cuando el protocolo anestésico incluía técnicas de anestesia locorregional (10). De igual manera, estas técnicas podrían también contribuir a reducir el riesgo de dolor crónico persistente posoperatorio, asociado a entidades clínicas como la cirugía de mama (11, 12) y toracotomías (12, 13).

Además de todos los beneficios asociados al manejo del dolor agudo y crónico, la anestesia locorregional se ha relacionado con una menor recurrencia del cáncer en cirugía oncológica, debido a la inhibición de la implantación de las células tumorales y de su crecimiento mediante distintos mecanismos. Estos incluyen una supresión efectiva de la respuesta adrenérgica e inflamatoria a la cirugía, la preservación de la función inmunitaria, la acción directa de los anestésicos locales sobre la apoptosis de las células tumorales e, indirectamente, la reducción del consumo de opioides y, por ende, de sus posibles efectos prometastásicos. Si bien son necesarios estudios clínicos más amplios que evalúen la evidencia clínica de estos beneficios, la anestesia locorregional

podría convertirse en un aspecto clave dentro del manejo multimodal del cáncer (14, 15).

En las últimas décadas, las técnicas de anestesia locorregional han experimentado un gran avance tanto en medicina humana como en veterinaria. El mayor acceso a equipos de ecografía en el ámbito anestésico, la mejora y el desarrollo de nuevas técnicas guiadas por ecografía, una mayor formación de los anestesistas para su realización y la necesidad de reevaluar el empleo de opioides, tanto en el manejo del dolor agudo y crónico como en el mantenimiento anestésico, han facilitado la rápida evolución de la disciplina (4, 16, 17).

La anestesia epidural ha sido considerada el *gold standard* en el manejo del dolor perioperatorio durante muchos años. Se trata de una técnica que se ha relacionado con una mayor estabilidad cardiovascular y ventilatoria e, incluso, con una menor mortalidad asociada a cirugías mayores (18-21). Hasta hace pocos años, estos beneficios se consideraban superiores al hecho de que se tratase de una técnica invasiva y costosa, por lo que su empleo estaba ampliamente justificado. Sin embargo, algunas publicaciones recientes revelan que sus beneficios podrían no ser tan relevantes como se creía, que la incidencia de complicaciones neurológicas podría ser superior a la que se había reportado, y que la calidad analgésica conseguida es comparable a la obtenida mediante otras técnicas, entre las que se encuentran otros bloqueos nerviosos más

periféricos (22-25). Así pues, las técnicas de anestesia locorregional se orientan cada vez más al bloqueo de estructuras nerviosas alejadas del canal vertebral, puesto que podrían permitir el bloqueo sensitivo de una región minimizando la incidencia de complicaciones mayores (inyecciones subdurales o subaracnoideas, meningitis, daño medular o de la raíz nerviosa, etc.) y la afectación motora (25-27). Estas nuevas técnicas, entre las que se incluyen diferentes bloqueos de planos fasciales, requieren de la visualización y aprovechamiento de vainas neurovasculares y planos anatómicos, en detrimento del bloqueo de los grandes nervios periféricos. Este enfoque es una de las razones por las que los bloqueos del plano fascial (BPF) han ido ganando popularidad en los últimos años (28).

Los BPF incluyen una serie de técnicas que se caracterizan por la inyección de un anestésico local en un compartimento, también llamado plano, comprendido entre dos capas anatómicamente separadas por fascia. El objetivo de estas técnicas es el bloqueo de la transmisión nociceptiva aferente mediada por las estructuras nerviosas que discurren por dicho plano. Se trata de procedimientos relativamente novedosos, que han experimentado un gran desarrollo en los últimos años gracias a la irrupción de la ecografía en el ámbito anestésico, lo que ha permitido una mayor capacidad para visualizar los planos fasciales y dirigir hacia ellos de forma precisa la punta de la aguja. Dicha irrupción se ha visto también

favorecida por el desarrollo del software ecográfico, que ha conseguido optimizar la visualización de tejidos y estructuras metálicas como las agujas, facilitando las punciones guiadas por ecografía a anestesiólogos no especializados en estas técnicas. En los últimos años han sido descritas, tanto en humanos como en las especies canina y felina, un gran número de técnicas que permiten la desensibilización de múltiples regiones del organismo. Esta proliferación se asocia a la facilidad de ejecución de la mayoría de las técnicas, la seguridad percibida (sobre todo respecto al traumatismo producido por la propia punción nerviosa) y a la capacidad para proporcionar una analgesia efectiva en diversos contextos clínicos (26, 28).

Siguiendo la estela de la medicina humana, en veterinaria se han desarrollado diversos abordajes para la realización de diferentes bloqueos anestésicos (entre ellos, varios BPF) que proporcionan analgesia a diversas zonas del tórax y abdomen (29-31). Aunque la mayoría de las técnicas descritas han sido publicadas en forma de estudios cadavéricos, la evidencia en cuanto a su eficacia clínica es cada vez mayor (32-35). En la especie canina, entre las técnicas descritas para proporcionar analgesia a la región torácica se encuentran los bloqueos intercostales (30, 36-39), el paravertebral torácico (40, 41) y los bloqueos de los planos del complejo muscular erector espinal (*m. erector spinae*; ES) (42) y del serrato (43-45). Estas técnicas, junto con bloqueos neuroaxiales como la epidural (46)

permiten el control del estímulo nociceptivo en amplias zonas de la región torácica, incluyendo el producido durante el abordaje quirúrgico del tórax mediante toracotomía intercostal o esternotomía media. En referencia al dolor producido tras la realización de una esternotomía, este se ha catalogado como de moderado a severo en un 68,8 % de los pacientes humanos, pudiendo llegar a ser persistente en el 23-51 % de los pacientes a los 3 meses de la cirugía, y en el 35 % de los pacientes un año después de esta (47, 48). Este hecho, además de comprometer gravemente la calidad de vida de los pacientes, conlleva importantes implicaciones en su recuperación a corto y largo plazo (48). Un control inadecuado del dolor posoperatorio después de una esternotomía puede empeorar severamente la función ventilatoria (49) y hemodinámica de las personas, incrementar las necesidades de oxígeno por parte del miocardio (50), favorecer la aparición del delirio posoperatorio e incrementar los tiempos de ingreso en áreas de hospitalización y cuidados intensivos (51).

La anestesia neuroaxial, incluyendo los bloqueos epidural y espinal, ha sido reportada con éxito en pacientes humanos sometidos a esternotomía media, si bien su empleo es limitado debido al potencial riesgo de inestabilidad hemodinámica, a la formación de hematomas perimedulares en pacientes heparinizados y discoespondilitis (37, 38). Los bloqueos fasciales como los de los planos del ES y del serrato han mostrado ciertas limitaciones a la hora de proporcionar analgesia a la

región ventral de la caja torácica tanto en medicina humana como en veterinaria (42). Por otro lado, los bloqueos intercostal y paravertebral torácico, además de requerir múltiples punciones para conseguir desensibilizar la totalidad de la zona ventral del tórax, podrían suponer un empeoramiento de la función ventilatoria del paciente por afectar a las ramas motoras que inervan los músculos intercostales (52-56). En medicina humana se han descrito varios bloqueos anestésicos paraesternales, basados en la inyección de una solución anestésica en la región esternal, para proporcionar una analgesia regional eficaz que controle el estímulo nociceptivo producido por una esternotomía (57). Uno de estos bloqueos es el del plano del músculo transverso del tórax (TTP), que persigue la desensibilización de la porción anterior/distal de los nervios intercostales T2 a T6. Esta técnica es considerada un BPF, puesto que la inyección de anestésico local se realiza en el plano comprendido entre los músculos intercostal interno y transverso del tórax (*m. transversus thoracis*; TT) y, por ende, entre las fascias que los envuelven (58, 59). Se trata de un bloqueo anestésico que permite reducir el dolor posoperatorio durante las primeras 24 horas posquirúrgicas después de una cirugía cardíaca vía esternotomía media, el consumo de morfina, el tiempo de ventilación mecánica posquirúrgica y el tiempo de ingreso en unidades de cuidados intensivos. También ha demostrado reducir al menos en un 50 % el consumo de fentanilo posoperatorio, así como la

incidencia de los efectos secundarios asociados al consumo de opioides (60-65).

En cuanto a la analgesia abdominal, han sido descritas distintas técnicas de anestesia regional en medicina humana para tal fin: los bloqueos de la vaina del músculo recto abdominal (66), del plano del músculo transversal abdominal (TAP) (67, 68), del plano del músculo cuadrado lumbar (QLP) (69-71), del complejo erector espinal (72) y el bloqueo epidural (73) entre otros.

La técnica epidural ha sido considerada el *gold standard* a la hora de proporcionar anestesia somática y visceral a nivel abdominal (73). A pesar de ello, potenciales complicaciones como el sangrado en el canal vertebral, hipotensión, retención urinaria y daño nervioso han llevado al desarrollo de nuevas técnicas no neuroaxiales que, manteniendo los beneficios aportados por la inyección de anestésicos locales en el espacio epidural, reduzcan la incidencia y severidad de complicaciones (74, 75). Una de estas técnicas es el bloqueo del QLP, descrito en medicina humana por Blanco (76), y que incluye varios abordajes guiados por ecografía. El objetivo de este bloqueo es desensibilizar las estructuras nerviosas que discurren por las proximidades del músculo cuadrado lumbar (*m. quadratus lumborum*; QL) proporcionando analgesia somática y visceral al abdomen.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



2.1 BLOQUEOS DE PLANOS FASCIALES

2.1.1 Mecanismo de acción de los bloqueos del plano fascial

Como se ha comentado anteriormente, los bloqueos fasciales tratan de conseguir el bloqueo sensitivo de las estructuras nerviosas que discurren a través de un compartimento o plano, comprendido por estructuras anatómicas separadas por fascias, y por sus proximidades. La desensibilización de las estructuras nerviosas se consigue gracias a la distribución local y sistémica de un anestésico local inyectado para tal fin en dicho plano (28).

El movimiento de las moléculas que componen la solución inyectada se produce mediante dos procesos diferenciados. El primero en producirse es el flujo en masa, donde el fluido se moviliza como un cuerpo de partículas agregadas siguiendo un gradiente de presión. Este flujo de fluido está limitado por las fascias, que actúan como barreras densamente entretejidas por fibras de colágeno. El espacio, o plano, entre estas capas está ocupado por células adiposas, fibras de colágeno y fibras elásticas de tejido conjuntivo laxo, y una matriz hidratada de glicosaminoglicanos. La presión hidráulica ejercida por la inyección del fluido provocará la disección del plano (hidrodisección). El patrón de distribución y su extensión dentro del plano estará determinado por la velocidad y

dirección de la inyección, el retroceso elástico del plano fascial y el movimiento de deslizamiento de las capas fasciales producido durante la posterior contracción y movimiento muscular (77). Este último factor explicaría por qué se puede observar un aumento continuado del área de distribución durante las horas siguientes a la inyección tras el bloqueo del TAP en pacientes humanos (78).

Otro mecanismo que explica la distribución del fluido inyectado es la difusión. Este fenómeno, que consiste en la movilización de partículas en un medio fluido siguiendo un gradiente de concentración, permite que el anestésico local atraviese la fascia a través de los poros microscópicos dispuestos entre las fibras entrelazadas de colágeno. Gracias a ello, el anestésico local puede atravesar las capas fasciales incluso en ausencia de perforaciones macroscópicas (79).

Por tanto, las moléculas de anestésico local tendrán tres posibles destinos:

3. Se distribuyen a lo largo del plano fascial donde han sido inyectadas, permaneciendo en dicho plano.
4. Se dispersan fuera del plano fascial hacia compartimentos tisulares adyacentes a través de defectos macroscópicos en el tejido fascial o por difusión.

5. Difunden hacia el sistema vascular, desde donde son transportadas a zonas tisulares distantes.

Así pues, la acción analgésica producida por el bloqueo del plano fascial se debe a la acción local del anestésico sobre las estructuras nerviosas que discurren próximas al punto de inyección y a los efectos sistémicos resultantes de su difusión hacia el espacio intravascular (28).

2.1.2 Efecto analgésico local mediado por la distribución del agente en el compartimento del plano.

El principal objetivo de los BPF es interrumpir la generación y propagación del impulso nervioso en las estructuras nerviosas periféricas que discurren a través del plano de inyección. Este objetivo se consigue, en gran medida, mediante la inyección de un anestésico local en el plano objetivo y su posterior distribución por el mismo siguiendo un gradiente de presión. Al contactar el anestésico local con los nervios, este difunde a través del epineuro, perineuro y endoneuro y bloquea los canales iónicos inhibiendo la propagación del potencial de acción axonal (26, 28).

Existen múltiples variables que afectan directamente a la distribución en masa de la solución anestésica a lo largo del plano de inyección y, por tanto, a cómo los anestésicos locales afectan a los nervios que discurren por este. Estas variables pueden dividirse en aquellas asociadas al desarrollo de la técnica (punto exacto de inyección, dirección de la aguja,

volumen inyectado, velocidad de inyección y precisión con la que la solución anestésica es depositada en el plano) y en factores fisiológicos (laxitud de los tejidos, contracciones musculares y fasciales, movimiento, posicionamiento del paciente, variaciones normales en la anatomía musculoesquelética, recorrido de los nervios, etc.) (28). Esta variabilidad ha sido empleada en medicina humana para justificar por qué, tras la ejecución de diferentes BPF, se ha observado cierta inconsistencia en cuanto a la pérdida de la sensibilidad cutánea (80-82). La impredecibilidad del bloqueo sensitivo cutáneo asociada a bloqueos fasciales como el bloqueo del QLP (83) también puede estar relacionada con factores anatómicos. La inervación cutánea es compleja: las ramas nerviosas se anastomosan unas con otras y un mismo segmento de piel puede estar inervado por múltiples ramas procedentes de nervios distintos (incluyendo nervios que atraviesan la línea media aportando inervación a zonas de piel presentes en el lado contralateral). Esto, junto con la variabilidad anatómica existente entre individuos podría justificar por qué la pérdida de sensibilidad cutánea sigue un patrón a veces impredecible (80, 84).

A pesar de la controversia que existe en referencia a la pérdida variable de sensibilidad cutánea, los BPF han demostrado ser eficaces en múltiples estudios clínicos en la literatura tanto en humana (85-88) como en veterinaria (34, 89, 90). El dolor a menudo está asociado a un daño e

inflamación de estructuras musculoesqueléticas más profundas. Los músculos, huesos, cápsulas articulares y ligamentos son ricos en terminaciones nerviosas libres que presentan múltiples receptores encargados de transducir estímulos físicos, pero no estímulos nociceptivos en condiciones normales. En situaciones de inflamación, estos receptores silentes pueden activarse resultando en hiperalgesia (91, 92). La distribución del anestésico local por planos adyacentes a estas estructuras y su posterior difusión hacia tejidos adyacentes puede permitir, cuando la solución anestésica es inyectada próxima al lugar donde se ha producido o se va a producir un daño, inhibir la activación de dichos nociceptores y producir una analgesia similar a la producida por la infiltración quirúrgica de una herida (93). La acción antiinflamatoria de los anestésicos locales, mediada por la inhibición de la quimiotaxis y cebado de los leucocitos, podría atenuar también la respuesta hiperalgésica local (94, 95). Por otra parte, bloqueos fasciales como el TAP pueden implicar nervios motores, cuyo bloqueo podría reducir el dolor isquémico local asociado a la contractura muscular y la compresión vascular provocados por ciertas cirugías (80). Además, un tercio de las fibras presentes en nervios motores son sensitivas y nociceptivas aferentes (96), por lo que su bloqueo podría proporcionar analgesia a las estructuras inervadas (97).

2.1.3 Efecto analgésico local mediado por la distribución del anestésico local en compartimentos tisulares adyacentes.

Bloqueos fasciales como el bloqueo del QLP (69, 98) o el del plano ES (99) han demostrado su eficacia clínica en el control del dolor en áreas inervadas por nervios distintos a los que discurren por el plano de inyección. Una de las hipótesis establecidas para justificar dicha eficacia es que el anestésico local podría distribuirse por compartimentos tisulares adyacentes al plano de inyección y, en el caso de estos bloqueos, por el espacio paravertebral torácico (EPT) donde discurren las ramas ventrales de los nervios espinales torácicos (69, 100). Existen diversos estudios cadavéricos y clínicos que han tratado de evidenciar esta distribución con resultados controvertidos (101-103). En el caso del bloqueo del plano ES, en un estudio realizado en seis personas con dolor crónico abdominal a los que se le realizó dicha técnica a nivel de T10, se demostró la presencia de la solución anestésica en el EPT y en espacios intercostales mediante resonancia magnética. En todos los pacientes se produjo la resolución completa del dolor abdominal y una perceptible pérdida de la sensibilidad cutánea (104). A pesar de que el tejido conectivo intertransversal que forma el límite posterior del EPT podría actuar de barrera impidiendo que la solución anestésica penetre en el interior del espacio, se ha observado que el anestésico local puede difundir a través de la barrera de colágeno y actuar sobre las ramas y nervios espinales que por ahí discurren (105).

Dicha distribución podría no producirse inmediatamente tras la inyección y quizá requeriría cierto tiempo para conseguir difundir hacia el EPT, lo que explicaría por qué la analgesia y el bloqueo sensitivo aparecen de forma progresiva. Por otro lado, podría existir cierto flujo en masa por parte de una pequeña cantidad de anestésico local a través de las aberturas macroscópicas del tejido conectivo por donde atraviesan vasos y nervios (106). Si bien la cantidad de anestésico local que consigue atravesar esta barrera podría ser pequeña, el bloqueo preferente de las fibras C mostrado por la bupivacaína y ropivacaína podría proporcionar un grado de analgesia clínicamente importante (107-109).

En el caso del bloqueo del QLP, la evidencia en cuanto a la distribución de la solución inyectada por el EPT es menor, aunque en varios estudios clínicos se han observado cambios sensoriales consistentes con cierta distribución de anestésico local por este espacio (83, 110). Además, el bloqueo del QLP incluye varias técnicas que podrían presentar un patrón y extensión de la distribución variable en función del abordaje realizado (69).

2.1.4 Analgesia asociada al efecto sistémico de los anestésicos locales.

Los bloqueos del plano fascial se caracterizan normalmente por el elevado volumen de solución anestésica empleado. El hecho de que los anestésicos locales sean eficaces proporcionando analgesia cuando son administrados por vía intravenosa (IV), podría implicar que, al ser inyectados en un plano anatómico, su difusión hacia el espacio intravascular pudiera producir un efecto sistémico similar (28, 111, 112).

Los mecanismos de acción implicados en el control del dolor asociado a la acción sistémica de los anestésicos locales son varios, aunque no todos ocurren a concentraciones plasmáticas terapéuticas. Entre ellos, cabe destacar su interacción con canales iónicos voltaje-dependientes (sodio, potasio, HCN, etc.) modulando la generación de potenciales de acción y la activación neuronal oscilatoria, con canales iónicos ligando-dependientes (receptores de potencial transitorio, receptores NMDA, etc.), receptores acoplados a proteínas G y con receptores nicotínicos y muscarínicos. Su interacción con cada uno de ellos puede modular la actividad en las vías nociceptivas en múltiples lugares, tanto centrales como periféricos (95, 113-115). De igual manera, es importante tener en cuenta la relación existente entre la dosis y la concentración de anestésico local inyectados durante un BPF y las posteriores concentraciones plasmáticas. La absorción sistémica y la concentración en plasma

conseguidas van a depender de características fisicoquímicas del anestésico local (liposolubilidad, unión a proteínas, pKa), así como de factores individuales y relacionados con la composición y vascularización del sitio de inyección. Por ello, las concentraciones plasmáticas conseguidas tras una determinada dosis dependerán del tipo de BPF y del anestésico local empleado (116-119). Como ejemplo, se ha descrito en medicina humana que dosis de 7,3 mg/kg de lidocaína, inyectadas durante la realización del bloqueo bilateral del TAP, consiguen una concentración máxima de anestésico local en plasma de 2,7 a 5,5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, lo cual se encuentra dentro del rango terapéutico de la lidocaína en plasma (1 a 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$) (118). De igual forma se ha observado que la concentración máxima de anestésico local en plasma es directamente proporcional a la dosis administrada durante el BPF (119).

2.2 BLOQUEO DEL PLANO DEL MÚSCULO TRANSVERSO DEL TÓRAX.

2.2.1 Revisión bibliográfica en la literatura humana.

El bloqueo del plano TT, descrito en medicina humana por Ueshima et al. (58), persigue el bloqueo de la porción distal de los nervios intercostales entre T2 y T6, encargados de la inervación del aspecto ventral de la pared torácica incluyendo la piel de la línea media, esternón y pleura costal (120). Dicho bloqueo se consigue mediante la inyección de anestésico local a través del cuarto espacio intercostal, en el plano comprendido entre los músculos TT y los intercostales internos. El bloqueo del TTP se ha englobado en medicina humana dentro de los llamados bloqueos paraesternales o bloqueos pecto-intercostales (79). Dentro de esta agrupación se incluyen el bloqueo pecto-intercostal superficial, en el que el punto de inyección se localiza entre el músculo pectoral profundo y el músculo intercostal interno, y el comentado bloqueo del TTP, también conocido como bloqueo pecto-intercostal profundo (57, 121). En medicina humana, ambos bloqueos suelen realizarse con el transductor ecográfico posicionado longitudinalmente al esternón (120), si bien se ha descrito también su abordaje transversal (122).

Existe una evidencia clínica creciente en cuanto a la eficacia del bloqueo del TTP, habiendo sido presentado en varios estudios clínicos

humanos como una técnica eficaz en el control del dolor perioperatorio agudo asociado a cirugía cardíaca mediante esternotomía media (123-126). En un estudio realizado sobre 103 pacientes humanos sometidos a sustitución de válvula cardíaca, los autores observaron la reducción del consumo perioperatorio de sulfentanilo, del grado de dolor posoperatorio durante las siguientes 24 horas siguientes a la cirugía, de la resistencia a la insulina y de la inflamación sistémica, así como el mantenimiento de la estabilidad hemodinámica intraoperatoria y la mejora de la función cognitiva postoperatoria de los pacientes cuando se comparaba con un grupo placebo (127). En otro pequeño estudio, que incluía 16 pacientes sometidos a cirugía cardíaca mediante esternotomía divididos en un grupo control y otro en el que se realizó el bloqueo del TTP con ropivacaína al 0,3 % ó 0,5 %, se observó que el grupo al que se le practicó el bloqueo experimentó una reducción significativa de las puntuaciones de dolor en las 12 horas siguientes a la cirugía (128). En otro estudio prospectivo, aleatorizado y doble ciego, realizado en 46 pacientes sometidos a una sustitución de la válvula mitral o aórtica mediante esternotomía media, se dividió a dichos pacientes en dos grupos: un grupo control, al que se le inyectó suero salino en el TTP, y otro grupo al que se le realizó el bloqueo del TTP inyectando 20 mL de bupivacaína 0,25 %. En el grupo que recibió el bloqueo regional se observó una reducción significativa en el consumo de fentanilo respecto al control en las siguientes 24 horas a la cirugía (129).

Recientemente ha sido publicado un metaanálisis basado en diez estudios controlados y aleatorizados que involucraban a 599 pacientes sometidos a cirugía cardíaca, candidatos a la realización del bloqueo TTP. Los resultados obtenidos mostraron un menor consumo de opioides perioperatorios, una reducción del tiempo de ingreso en la unidad de cuidados intensivos, y unas menores puntuaciones de dolor en las horas siguientes a la extubación en los pacientes a los que se les realizó el bloqueo (130). De igual forma, el bloqueo del TTP ha sido reportado en pacientes sometidas a mastectomía radical en combinación con el bloqueo del nervio pectoral (131). En este estudio aleatorizado, se comparó un grupo de 40 pacientes sometidos a dichas técnicas con otro de igual número a los que se les realizó un bloqueo paravertebral torácico. Todos los bloqueos fueron realizados inyectando 30 mL de ropivacaína al 0,5 %, Los resultados mostraron que la combinación del bloqueo TTP y el bloqueo del nervio pectoral proporcionaba una mejor y más duradera analgesia posoperatoria, reduciendo el consumo de opioides perioperatorios y la respuesta inflamatoria, así como consiguiendo recuperaciones más tempranas que con el bloqueo paravertebral torácico.

La eficacia del bloqueo del TTP ha sido comparada recientemente, en niños sometidos a cirugía cardíaca mediante esternotomía, con la eficacia del bloqueo pecto-intercostal superficial. Los resultados observados muestran una mayor eficacia del bloqueo TTP a la hora de reducir el

consumo de fentanilo perioperatorio, manteniéndose mejor la función ventilatoria y la estabilidad hemodinámica de los pacientes (65, 121).

Uno de los posibles inconvenientes descritos en medicina humana para la ejecución del bloqueo del TTP podría ser la dificultad para localizar el músculo TT debido a su pequeño espesor. Por otro lado, otra de las complicaciones potenciales descritas es la lesión de la arteria mamaria interna y el desarrollo de neumotórax, debido a la proximidad de dicha arteria y la pleura parietal con el lugar de inyección (65, 122). A pesar de ello, los resultados procedentes de varios ensayos sugieren que se trata de una técnica segura (57).

2.2.2 Revisión bibliográfica en la literatura veterinaria.

En el momento del depósito de la presente tesis doctoral, únicamente habían sido publicados 5 artículos referentes al bloqueo del plano TTP en la especie canina: tres de ellos (incluyendo los dos presentados en el presente trabajo) en cadáveres (132-134), así como dos casos clínicos en pacientes sometidos a esternotomía media, uno de ellos incluido en esta tesis doctoral (135) y otro al que se le practicó el bloqueo del TTP mediante uno de los abordajes aquí descritos (136). También se ha publicado la realización de la técnica descrita en un paciente felino (137).

Zublena et al. (132) describieron por primera vez la distribución de una solución de tinte inyectada entre los músculos TT e intercostal interno empleando un abordaje longitudinal al esternón. Los autores, que se refieren a la técnica como “paraesternal”, inyectaron $0,05 \text{ mL kg}^{-1}$ de una solución de tinte en la porción distal de todos los espacios intercostales comprendidos entre la segunda y octava costilla de un hemitórax, y $0,1 \text{ mL kg}^{-1}$ en los espacios intercostales tercero, quinto y séptimo del hemitórax contralateral. Los autores observaron que las inyecciones de $0,05 \text{ mL kg}^{-1}$ teñían solo uno de los nervios intercostales próximos al lugar de inyección, mientras que la inyección de $0,1 \text{ mL kg}^{-1}$ conseguía, si bien de forma inconsistente, la tinción de más de un nervio intercostal. Por ello, los autores sugirieron que el TTP podría permitir la distribución longitudinal de una solución inyectada en dicho plano. De igual forma, notificaron la presencia de tinte en la cavidad pleural en uno de los cadáveres sugiriendo un error en la ejecución de la técnica como la causa más probable.

Fernández Barrientos y Merlin (136) presentaron recientemente un caso clínico en la especie canina en el que se realizó el bloqueo del TTP mediante la técnica descrita en esta tesis doctoral (133). El bloqueo fue realizado inyectando $0,2 \text{ mL kg}^{-1}$ de bupivacaína al 0,25 % bilateralmente como parte de una estrategia multimodal para el control del dolor perioperatorio asociado a la exéresis de una masa mediastínica mediante

una esternotomía media. Los autores añadieron al bloqueo del TTP una infusión continua de lidocaína ($0,01-0,03 \text{ mg kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) y ketamina ($0,01 \text{ mg kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) durante el periodo perioperatorio y concluyeron que, si bien el paciente se mantuvo estable hemodinámicamente durante el periodo intraoperatorio y se observaron puntuaciones bajas en la valoración del dolor posoperatorio, el empleo de estas infusiones analgésicas podría haber enmascarado la eficacia del bloqueo.

De igual manera, la técnica descrita en la presente tesis doctoral para el bloqueo del TTP ha sido empleada satisfactoriamente, como parte de un plan analgésico multimodal, en un gato sometido a esternotomía media (137).

Escalante et al. (138) describieron recientemente la técnica guiada por ecografía para la realización del bloqueo del plano pecto-intercostal superficial en perros, así como la distribución de $0,25$ y $0,5 \text{ mL kg}^{-1}$ de una solución con azul de metileno en dicho plano. La técnica consiguió la tinción de las ramas cutáneas ventrales que discurrían por el plano, encontrando un mayor número de ramas teñidas cuanto mayor era el volumen inyectado. A pesar de ello, la distribución y el número de dichas ramas teñidas fue muy inconsistente. La inyección de $0,25 \text{ mL kg}^{-1}$ de la solución de tinte obtuvo una tinción mediana de 2 ramas cutáneas ventrales (rango 0-4) sobre las 5 evaluadas, mientras que la inyección de $0,5 \text{ mL kg}^{-1}$ consiguió la tinción de una mediana de 3 (rango 2-4). Por todo

ello, los autores concluyeron que dicha distribución era inadecuada para proporcionar analgesia efectiva al esternón.

2.2.3 Revisión anatómica del plano del músculo transverso del tórax en la especie canina.

El músculo TT se localiza en el aspecto ventral de la pared torácica, dorsolateral al esternón, dorsal a los músculos intercostales internos y a los cartílagos costales que componen la porción distal de los espacios intercostales segundo a séptimo, y ventral a la fascia endotorácica y pleura parietal. Se visualiza como un músculo delgado de aspecto triangular que cubre el aspecto dorsal de los cartílagos costales segundo a octavo, a los que se inserta. Sus fibras surgen desde el aspecto dorsolateral del esternón, desde la segunda esternebra hasta el aspecto caudal del proceso xifoideo. El músculo TT se encuentra unido dorsalmente a la pleura parietal a través de la fascia endotorácica, la cual continúa extendiéndose por el espacio mediastínico a través del receso costomediastínico, donde la pleura costal y mediastínica se fusionan. Los músculos intercostales internos son músculos delgados que se extienden desde la columna vertebral hasta el esternón, originándose en el borde craneal de cada costilla desde donde se dirigen craneoventralmente al borde caudal de la costilla anterior, ocupando la totalidad del espacio intercostal incluyendo su porción distal cartilaginosa. El músculo intercostal interno está

cubierto lateralmente por los músculos intercostales externos y, en su porción más distal, por el músculo recto abdominal (139).

El plano del músculo TT se refiere al comprendido entre los músculos TT y la porción distal de los músculos intercostales internos, el aspecto dorsolateral del esternón y los cartílagos costales ventrales a él (58, 140). Por este plano discurren la arteria y vena torácicas internas, que recorren su eje longitudinal próximas y paralelas al esternón, y la porción distal de los nervios intercostales segundo a séptimo (Figura 4). Estos nervios discurren por la fascia endotorácica, paralelos a las costillas y penetrando en el plano descrito pegados al aspecto ventrocaudal de la misma. Dentro del plano, se aproximan al esternón inicialmente de forma libre, perpendicularmente a este y, posteriormente, entre las fibras del músculo intercostal interno. Dentro del TTP, emiten dos ramas musculares distales que se dirigen hacia el propio músculo TT y hacia el músculo recto abdominal, atravesando para ello los músculos intercostales internos y externos. Las porciones más distales de los nervios intercostales segundo al décimo aportan fibras sensitivas aferentes al esternón y forman las ramas cutáneas ventrales que, próximas a este, se dirigen ventralmente innervando un área cutánea de aproximadamente 5 cm de anchura adyacente a la línea media ventral (141).

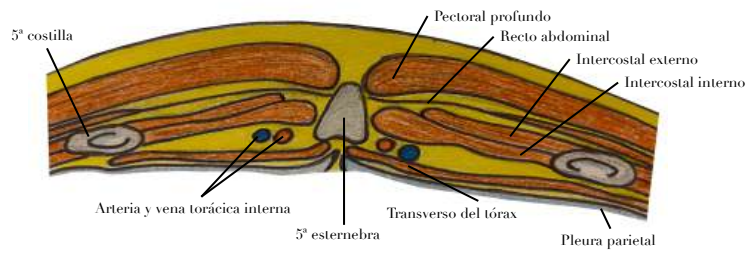


Figura 4: Representación esquemática de la sección axial de las estructuras anatómicas presentes en el aspecto ventral de la pared torácica a nivel de la quinta esternón.

2.3 BLOQUEO DEL PLANO DEL MÚSCULO CUADRADO LUMBAR.

2.3.1 Revisión bibliográfica en la literatura humana.

Se trata de una técnica originalmente descrita por Blanco (76) como una modificación del bloqueo del plano del músculo transverso abdominal y encaminada a proporcionar analgesia abdominal (76, 142, 143). En la actualidad existen numerosos abordajes guiados por ecografía reportados tanto en la literatura humana como en veterinaria, si bien todos ellos tienen en común que el punto de inyección se localiza alrededor del músculo QL. Entre los abordajes descritos en humana destacan el abordaje anterior, que persigue la colocación de la punta de la aguja entre los músculos QL y psoas menor (69, 98); el abordaje lateral, que posibilita la inyección del anestésico local en el aspecto lateral del músculo QL después de que la aguja perfore la aponeurosis del músculo transverso abdominal (98); y el abordaje posterior, en el que la solución anestésica es inyectada entre la superficie posterior del músculo QL y la fascia toracolumbar que separa los músculos QL y el complejo muscular ES (70, 71). Para todos estos abordajes existen múltiples variaciones en cuanto a la dirección de la aguja durante la punción (69). El empleo de estos abordajes ha sido notificado en diferentes estudios realizados en pacientes sometidos a varios tipos de cirugía: cesáreas (70, 71, 129, 144-149),

cirugía ginecológica (150, 151), abdominal general (152-157) y ortopédica (158-162), así como en procedimientos urológicos (156, 163-166). Los resultados obtenidos en ellos muestran cierta heterogeneidad en cuanto a la eficacia del bloqueo. En una revisión sistemática y metaanálisis realizado por Uppal et al. (88), se concluyó que el bloqueo del QLP era efectivo proporcionando analgesia en pacientes sometidos a cirugía de la pared abdominal y de cadera, en comparación con un grupo placebo. Por otro lado, cuando la eficacia del bloqueo QLP se comparaba con los bloqueos de los planos del músculo transversal abdominal y del ES los resultados eran mucho más heterogéneos, aunque el bloqueo del QLP parece ser más eficaz que el del TAP en pacientes histerectomizadas y en aquellos sometidos a hepatectomía (167-170). En los casos de reconstrucción de hernia inguinal laparoscópica los resultados son contradictorios cuando se comparan ambas técnicas (171, 172). En cuanto a la eficacia en pacientes sometidos a cirugía de cadera, el bloqueo del QLP tendría una eficacia similar a la observada con otras técnicas (173-176).

De acuerdo con lo observado en diferentes estudios cadavéricos y clínicos en humanos, los distintos abordajes para el bloqueo del QLP podrían tener diferentes mecanismos de acción. El abordaje anterior podría promover una mayor distribución de la solución sobre las raíces ventrales lumbares y el EPT (98, 101); el abordaje lateral se asocia a la

distribución del inyectable por el plano del músculo transversal abdominal y el tejido subcutáneo (102); mientras que en el abordaje posterior la solución inyectable se distribuiría preferentemente por la fascia toracolumbar intertransversa (69, 102). En concordancia con todo ello, la eficacia del bloqueo en cada uno de estos abordajes varía en los distintos estudios analizados (162, 177-180) y, en algunos procedimientos quirúrgicos concretos, podría diferir entre los distintos abordajes (181-183).

Entre las complicaciones asociadas al bloqueo del QLP, se ha notificado la distribución no deseada del anestésico local por el plexo lumbar y el bloqueo motor prolongado, el retraso en el tiempo de movilización posoperatoria y un mayor tiempo de ingreso hospitalario hasta el alta (184). También se ha notificado la aparición de hipotensión asociada a la distribución del anestésico local por el EPT (185). El empleo de dosis elevadas y la proximidad de estructuras vasculares en la zona hacen que la toxicidad sistémica del anestésico local pueda ser un riesgo potencial a tener en cuenta (186). Por otro lado, se ha registrado un pico de la concentración plasmática de ropivacaína tras la ejecución del bloqueo del TAP mayor que el observado después del bloqueo del QLP (163). La proximidad del QLP a la pleura, riñón, bazo e hígado también puede suponer un riesgo por el trauma directo de la aguja (69, 187).

2.3.2 Revisión bibliográfica en la literatura veterinaria.

En el momento de depósito de la presente tesis doctoral, hay diez publicaciones referentes al bloqueo del QLP en la especie canina (34, 188-195). Entre estos trabajos existen varios estudios que describen diferentes abordajes guiados por ecografía para la ejecución del bloqueo, y que además evalúan la distribución de una solución tras ser inyectada mediante la técnica descrita (Figura 5). El primer abordaje publicado fue el transmuscular o intermuscular, que permitía depositar una solución en el plano comprendido entre los músculos QL y psoas menor. En este estudio, los autores inyectaban en cadáveres caninos una mezcla de iohexol y azul de metileno en dicho plano (191). Posteriormente, el mismo grupo de trabajo describió los abordajes longitudinal y transversal para la inyección de una solución de tinte en el aspecto lateral del QL, ventral al proceso transversal de la primera vértebra lumbar (L1) y medial a la fascia toracolumbar (192). De igual forma, los autores de este estudio evaluaron la distribución de la solución inyectada, así como la tinción de las estructuras nerviosas próximas al lugar de inyección. En esta tesis doctoral se ha descrito el abordaje del aspecto dorsal del QLP (D-QLP) para su bloqueo anestésico, que permite la inyección de una solución entre el aspecto dorsal del músculo QL y el cuerpo vertebral de L1, ventral al proceso transversal de dicha vertebral. Como en los anteriores estudios se evaluó la distribución de la solución inyectable (190).

Posteriormente, han sido publicados varios estudios cadavéricos que presentan modificaciones a las técnicas descritas (Figura 3). Viscasillas et al. (193) evaluaron la distribución de una solución de tinte administrándola en el plano comprendido entre los músculos QL y psoas menor, introduciendo la aguja en una dirección dorsolateral a ventromedial, distinta a la dirección de la punción ventrolateral a dorsomedial descrita por Garbin et al. (191). Marchina-Gonçalves et al. (188) publicaron una modificación del abordaje D-QLP mediante el cual inyectaron una solución de iopromida y azul de metileno entre el músculo psoas menor y el cuerpo vertebral, en una posición ligeramente más medial y ventral a la empleada en el abordaje estudiado en esta tesis doctoral. Este mismo grupo también realizó una modificación del abordaje lateral previamente descrito, donde el punto de inyección se localizaba en el aspecto lateral del QL, en un punto algo más lateral y ventral al previamente reportado (189).

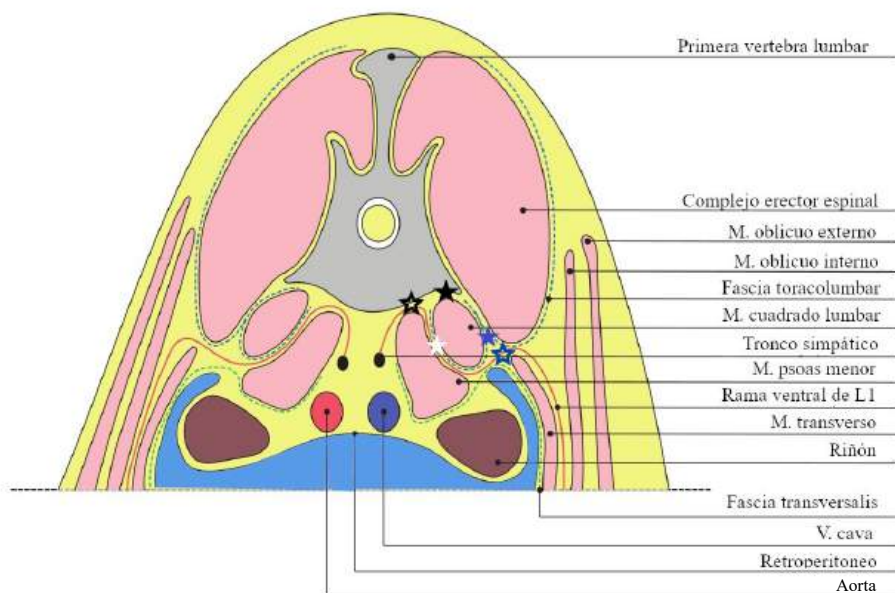


Figura 5: Representación esquemática de la sección axial abdominal a nivel de la primera vértebra lumbar, donde se muestran los puntos de inyección objetivo en los abordajes descritos para el bloqueo del plano del cuadrado lumbar en perros. La estrella azul sólida corresponde al punto de inyección descrito por Garbin et al. (192) para los abordajes transverso y longitudinal del plano lateral del músculo cuadrado lumbar; la estrella azul hueca con el punto de inyección sobre el aspecto lateroventral del QL reportado por Marchina-Gonçalves et al.(196); la estrella negra sólida corresponde con el plano dorsal objetivo descrito en esta tesis doctoral (190); la estrella negra hueca con el descrito en el abordaje dorsal modificado (188); la estrella blanca sólida al plano comprendido entre los músculos cuadrado lumbar y psoas menor, descrito en los abordajes publicados por Garbin et al. (191) y Viscasillas et al. (193).

En cuanto a la eficacia clínica del bloqueo del QLP en la especie canina, únicamente se han publicado dos series de casos de pacientes sometidos a ovariectomía (34, 197). En el primero de ellos (34), los autores emplearon una modificación del abordaje transmuscular descrita

por el mismo grupo de trabajo (193), y concluyeron que el bloqueo era una técnica efectiva y segura a la hora de proporcionar analgesia perioperatoria en perras sometidas a ovariohisterectomía. Además, los autores inyectaron $0,4 \text{ mL kg}^{-1}$ de una solución compuesta por iohexol y bupivacaína $0,25 \%$, con el fin de evaluar su distribución antes y después de la cirugía mediante tomografía computarizada, observando una distribución similar a la descrita en estudios cadavéricos previos. Posteriormente, Degani et al. (197) emplearon el abordaje transversal del QLP (192) para inyectar ropivacaína en el aspecto lateral del QL de perras que iban a ser sometidas a ovariohisterectomía mediante laparoscopia. En este estudio, los autores evaluaron la eficacia perioperatoria del bloqueo después de inyectar bilateralmente $0,3 \text{ mL kg}^{-1}$ de ropivacaína al $0,5 \%$ a un grupo de pacientes y al $0,3 \%$ a otro grupo. Los resultados obtenidos, referentes al consumo intraoperatorio de fentanilo y al tiempo posoperatorio transcurrido hasta ser necesaria la administración de metadona (como analgésico de rescate) fueron comparados con un tercer grupo al que no se le practicó el bloqueo del QLP. En el estudio se concluyó que el bloqueo del QLP, mediante el abordaje empleado, reducía el consumo de opioides intraoperatorios y que, la inyección de ropivacaína al $0,5 \%$, incrementaba el tiempo posoperatorio transcurrido hasta que los pacientes requerían de un analgésico de rescate.

Recientemente han sido publicados dos casos de hematoma retroperitoneal asociado a la ejecución del bloqueo del QLP mediante el abordaje de su aspecto dorsal descrito en la presente tesis doctoral (195). En ambos casos los autores justifican dicha complicación por la punción inadvertida de las arterias lumbares, tal y como se ha descrito en humanos (198).

Al igual que ocurre en medicina humana (176), el bloqueo del QLP ha sido reportado recientemente en la especie canina como una técnica que podría proporcionar analgesia a la cadera mediante el bloqueo del plexo lumbar (194). El abordaje descrito para tal fin persigue depositar una solución en el aspecto lateral del músculo QL a nivel de la vértebra L6. Si bien se trata de una técnica únicamente descrita en cadáveres, los autores refieren que podría ser de utilidad a la hora de proporcionar analgesia a la región de la cadera preservando la función muscular tónica.

2.3.3 Revisión de la anatomía del QLP en la especie canina.

El plano del músculo QL se define como el espacio virtual que separa dicho músculo de las estructuras anatómicas adyacentes. El músculo QL se dispone ventral a los cuerpos vertebrales de las tres últimas vertebrae torácicas y a los de todas las vértebras lumbares, sus procesos transversos y al aspecto proximal de las dos últimas costillas. Por ello, puede ser dividido en una porción torácica y en una porción abdominal. La porción

torácica y la parte más craneal de la porción abdominal están formadas por haces musculares aislados que se insertan en los cuerpos y en los procesos transversos de las vértebras. A partir de la segunda vértebra abdominal, estos haces convergen formando un músculo de aspecto redondeado que discurre caudalmente hasta insertarse en la cresta iliaca. Caudal a la primera vértebra lumbar, el músculo QL es cubierto ventralmente por el músculo psoas menor y caudal a la cuarta vértebra lumbar, por el músculo psoas mayor (191, 199). El músculo psoas menor se origina a partir de la fascia tendinosa del músculo QL a nivel de las últimas vértebras torácicas, así como del aspecto ventral de las últimas vértebras torácicas y las primeras cuatro lumbares. Se dirige hacia la pelvis ventromedialmente y se fusiona, a través de un tendón, con la fascia ilíaca para insertarse en la línea arcuata y la eminencia iliopúbica de la pelvis. El músculo psoas mayor se origina en los procesos transversos de las vértebras lumbares segunda y tercera, para dirigirse caudalmente, ventromedial al músculo QL y dorsal al músculo psoas menor. En su porción caudal se fusiona con el músculo ilíaco, formando el músculo iliopsoas que se inserta a nivel del trocánter menor del fémur (199).

El músculo QL está envuelto por la capa ventral de la fascia toracolumbar (*fascia thoracolumbalis*), un tejido aponeurótico y fascial fibroso que lo separa del músculo psoas menor. En su aspecto ventral abdominal los músculos QL y psoas están cubiertos por la fascia

transversa (*fascia transversalis*), mientras que su porción torácica está cubierta por la fascia endotorácica. Ambas fascias se comunican y fusionan a través del hiato aórtico (y del resto de hiatos diafragmáticos) así como de un par de hendiduras conformadas por ambos arcos lumbocostales, localizados en el aspecto dorsal del diafragma, y el aspecto ventral de los músculos psoas (Figura 6). En medicina humana, se ha postulado que dicha comunicación podría suponer una vía potencial por la que distribuirse una solución inyectable desde el abdomen hacia la cavidad torácica y el EPT (69, 200).

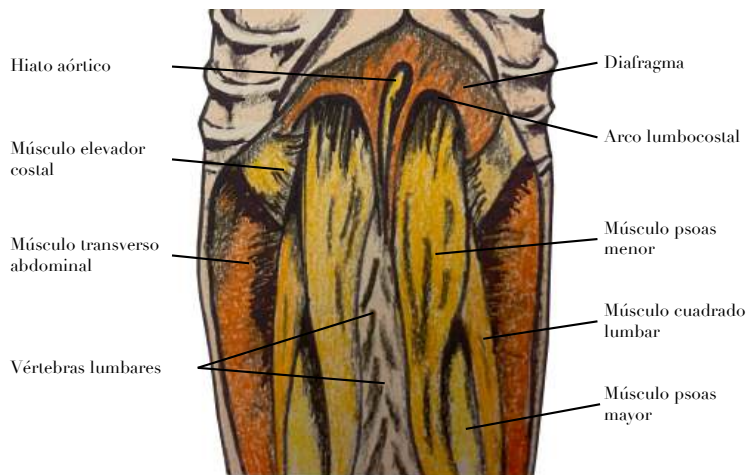


Figura 6: Representación esquemática del aspecto ventral de los músculos hipaxiales.

2.3.4 Recuerdo anatómico sobre la inervación del abdomen y la región toracolumbar, y su relación con el QLP.

El abdomen canino está inervado por los nervios espinales toracolumbares comprendidos entre T9 y L3 principalmente (201). Estos nervios parten de la médula espinal y abandonan de forma bilateral el canal vertebral a través de los forámenes intervertebrales, dividiéndose en tres ramas:

- Ramas dorsales, que aportan la inervación sensitiva y motora a los músculos que comprenden el complejo ES, la región cutánea dorsal y los procesos espinoso, transverso y lámina de las vértebras. Dichas ramas dorsales se dividen a su vez en una rama lateral y otra medial, que varían su recorrido y relación con los músculos epaxiales a nivel del proceso espinoso de la vértebra T11. Craneal a esta vértebra, las ramas dorsales discurren entre los músculos multífido y elevadores costales dividiéndose en la rama lateral y medial. Cuando las ramas dorsales alcanzan el complejo ES, las ramas mediales discurren entre los músculos longísimo del tórax y multífido paralelamente al proceso espinoso correspondiente, mientras que las ramas laterales se encuentran ventralmente al músculo longísimo del tórax y dorsales a los músculos elevadores costales e iliocostal torácico. A partir de la vértebra T11 en dirección caudal, el tamaño de los procesos transversos se reduce gradualmente y el de los procesos

mamilaes aumenta. A este nivel, las ramas mediales de las ramas dorsales se dirigen caudodorsalmente contactando con la lámina vertebral y la base del proceso mamilar de la vértebra inmediatamente caudal al foramen vertebral por donde emerge. Las ramas laterales, a partir de T₁₁, se ramifican en el interior del músculo longísimo poco después de emerger de la rama dorsal (141, 202, 203).

- Ramas ventrales, que se dirigen de forma paralela a la vértebra correspondiente en la región torácica y, en el caso de las vértebras lumbares, caudalmente. Por esta razón, las ramas ventrales de los nervios espinales T₈-T₉ serán las encargadas de inervar el aspecto más craneal de la pared abdominal y, la rama ventral de L₃ será la responsable de la inervación del aspecto más caudal. En la porción torácica, las ramas ventrales de los nervios espinales son conocidos como nervios intercostales (a excepción de la rama ventral de T₁₃). Estos nervios discurren inicialmente por el compartimento dorsal del EPT, delimitado por la fascia endotorácica ventralmente y por la membrana intercostal interna dorsalmente, para continuar su recorrido entre el músculo intercostal interno que se inserta en el cuerpo vertebral adyacente y la fascia endotorácica, pegado al borde caudal de la costilla. Las ramas ventrales de los últimos nervios espinales torácicos atraviesan el músculo QL entre sus fibras hasta

descansar sobre la fascia endotorácica. Por otro lado, las ramas ventrales de los primeros tres nervios espinales lumbares discurren entre los músculos QL y psoas menor para posteriormente continuar su recorrido entre la fascia transversa y la aponeurosis del músculo transverso abdominal. Finalmente, estas ramas atraviesan el músculo transverso abdominal y discurren por la pared abdominal entre este y el músculo oblicuo interno (Figura 7) (40, 141, 191, 203).

- Ramas comunicantes simpáticas, que contienen los axones de neuronas simpáticas eferentes y sensitivas aferentes procedentes de las vísceras abdominales. Cabe recordar que los cuerpos de las neuronas simpáticas eferentes se localizan en la raíz ventral de la médula, mientras que los cuerpos de las neuronas sensitivas viscerales se disponen a nivel de la raíz dorsal. Por ello, y aunque los axones convergen en el nervio espinal y discurren por las mismas estructuras en su recorrido hacia las vísceras abdominales, son neuronas funcionalmente separadas. Desde dicho nervio espinal, los axones de ambas neuronas se dirigen hacia el tronco simpático a través de las ramas comunicantes simpáticas, continúan por los nervios espláncnicos mayor, menor y lumbares y alcanzan los ganglios prevertebrales como el plexo celíaco, que aportan las fibras eferentes terminales a las vísceras y reciben los axones sensitivos precedentes de estas (Figura 8). La rama comunicante simpática de cada uno de

los nervios espinales torácicos discurre por el compartimento dorsal del EPT, atraviesa la fascia endotorácica y penetra en el compartimento ventral (delimitado por la fascia endotorácica dorsalmente y la pleura parietal ventralmente), para alcanzar el tronco simpático, que discurre ventrolateralmente a los cuerpos vertebrales en la región toracolumbar. El tronco simpático y los nervios espláncnicos abandonan la región torácica hacia la región abdominal dorsalmente al arco lumbocostal a cada lado (40, 141, 203).

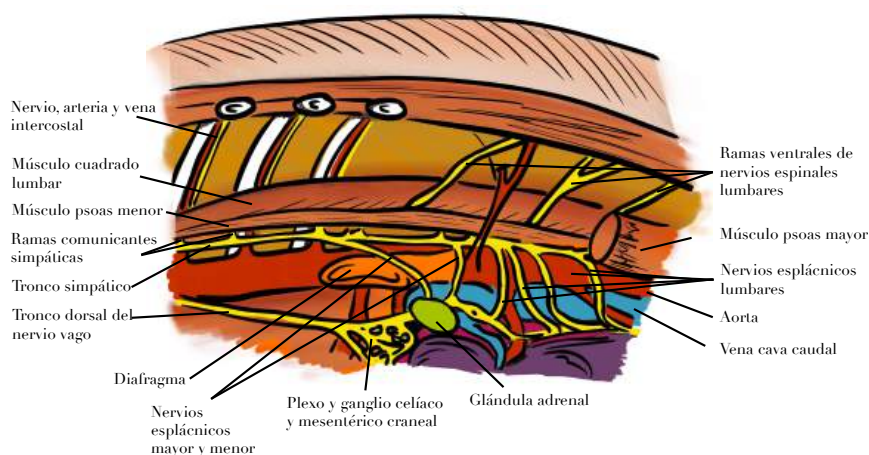


Figura 7: Representación esquemática del sistema nervioso autónomo a nivel toracolumbar.

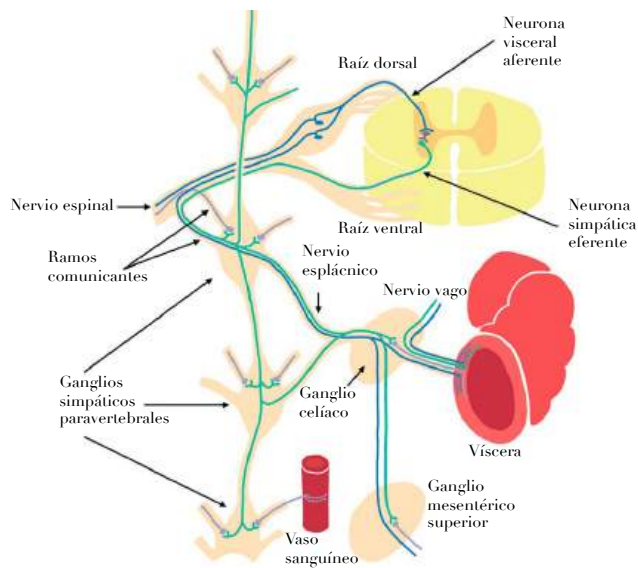


Figura 8: Representación esquemática del sistema nervioso visceral y simpático. Imagen adaptada de Chin et al. (28)

3. JUSTIFICACIÓN



La motivación de la presente tesis doctoral se basa en la necesidad de plantear nuevas técnicas anestésicas regionales que aporten una analgesia de calidad en el paciente canino. El objetivo ha sido desarrollar técnicas novedosas que puedan ser implementadas de forma rutinaria en la clínica diaria y que permitan reducir el consumo de anestésicos generales y analgésicos perioperatorios en pacientes sometidos a cirugía abdominal o en la región ventral del tórax, que mejoren la calidad de la recuperación posquirúrgica y que reduzcan las complicaciones asociadas al dolor perioperatorio. De igual manera, dichas técnicas estarán también encaminadas a mejorar la calidad de vida en pacientes con dolor crónico asociado a patologías presentes en cualquiera de estas localizaciones.

Por todo ello, el propósito de este trabajo ha sido desarrollar técnicas guiadas por ecografía que posibiliten el bloqueo del TTP y del QLP en la especie canina, así como evaluar su potencial eficacia a la hora de proporcionar analgesia a la región torácica ventral y abdominal, respectivamente.

4. HIPÓTESIS



1. La ecografía permite la adecuada visualización de los planos de los músculos QL y TT, así como el correcto posicionamiento de la punta de una aguja en dichos planos.
2. La inyección de una solución con azul de metileno en el TTP y en el QLP consigue la tinción de las estructuras nerviosas que discurren por ellos y por sus proximidades.
3. Cuanto mayor sea el volumen de inyección, más amplia será la distribución de la solución por el TTP y QLP, y un mayor número de estructuras nerviosas resultarán teñidas.
4. La inyección de un volumen adecuado de anestésico local en los planos del QL y TT provocará el bloqueo de las estructuras nerviosas que por ellos discurren, proporcionando analgesia en las regiones abdominal y ventral del tórax, respectivamente.

5. SOPETIVOS

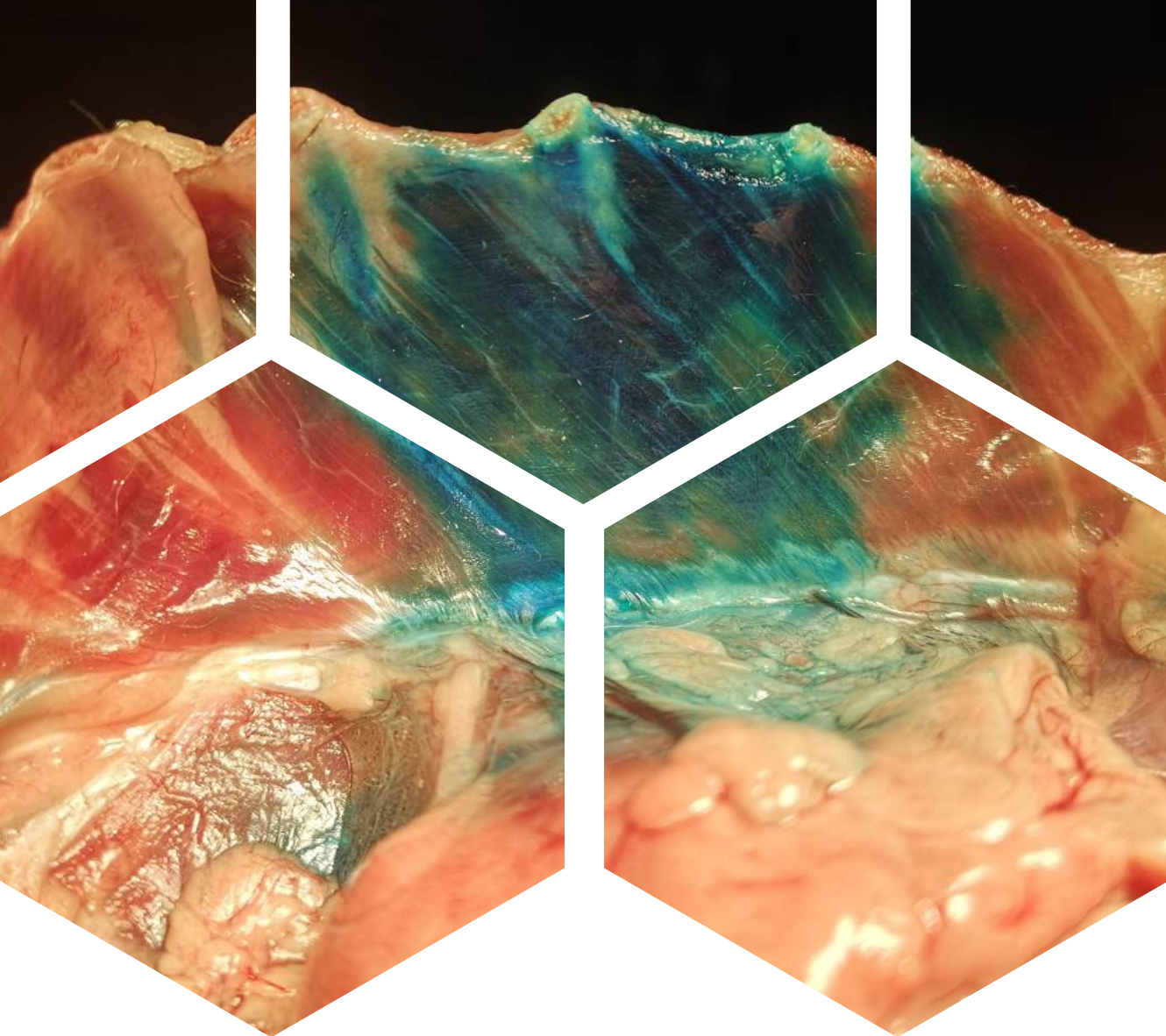


1. Detallar la anatomía macroscópica y ecográfica de los planos de los músculos transversos del tórax y cuadrado lumbar.
2. Describir abordajes guiados por ecografía que permitan la inyección de una solución en el TTP y QLP.
3. Estudiar y comparar la distribución de diferentes volúmenes de una solución con azul de metileno cuando son inyectados en el TTP y QLP mediante los abordajes propuestos, así como la tinción de las estructuras nerviosas que discurren por ellos.
4. Evaluar la eficacia clínica de los bloqueos anestésicos del TTP y QLP en la especie canina, realizados mediante los abordajes descritos.





6. ARTÍCULOS



Description of an Ultrasound-Guided Transverse Approach to the Transversus Thoracis Plane Block and Evaluation of Injectate Spread in Canine Cadavers

Alaman M, González-Marrón A, Lorente C, Bonastre C, Laborda A

Animals 11 (2021), 2657.

Article

Description of an Ultrasound-Guided Transverse Approach to the Transversus Thoracis Plane Block and Evaluation of Injectate Spread in Canine Cadavers

Manuel Alaman ^{1,2}, Adrián González-Marrón ³, Cristina Lorente ², Cristina Bonastre ^{1,4,*}  and Alicia Laborda ¹

¹ Department of Animal Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zaragoza, C/Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, Spain; malaman@unizar.es (M.A.); alaborda@unizar.es (A.L.)

² Hospital Veterinario Anicura Valencia Sur, Avda. Picassent, 28, 46460 Silla, Spain; cristinalorenteroig@gmail.com

³ Group of Evaluation of Health Determinants and Health Policies, Department of Basic Sciences, Universitat Internacional de Catalunya, 08159 Barcelona, Spain; agonzalezm@uic.es

⁴ Instituto Universitario de Investigación Mixto Agroalimentario de Aragón (IA2), University of Zaragoza, 50013 Zaragoza, Spain

* Correspondence: cbonastr@unizar.es



Citation: Alaman, M.; González-Marrón, A.; Lorente, C.; Bonastre, C.; Laborda, A. Description of an Ultrasound-Guided Transverse Approach to the Transversus Thoracis Plane Block and Evaluation of Injectate Spread in Canine Cadavers. *Animals* **2021**, *11*, 2657. <https://doi.org/10.3390/ani11092657>

Academic Editor: Tobias Schwarz

Received: 18 August 2021

Accepted: 7 September 2021

Published: 10 September 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Simple Summary: In humans, the aim of the transversus thoracis plane block is to desensitise the intercostal nerves running through this plane, providing analgesia to the anterior chest wall. Our objective was twofold: describing an ultrasound-guided transverse approach to the transversus thoracis plane and evaluating the spread of two injectable volumes in canine cadavers. Gross anatomy of the ventral thoracic area and sonoanatomy between the fifth and sixth costal cartilages were described in two dog cadavers. Eight cadavers were used to describe this approach and were subsequently dissected to evaluate the injectate spread and the intercostal nerves staining after low volume (0.5 mL kg⁻¹) and high volume (1 mL kg⁻¹) dye-lidocaine injection. After all injections, the injectable solution was distributed along the transversus thoracis plane, staining a median number (range) of 3 (2–4) and 4 (3–5) nerves with low and high volume, respectively ($p = 0.014$). The transverse approach to the transversus thoracis plane is a feasible, single injection point technique that provides the staining of several intercostal nerves. The injection of high versus low volume increases the number of stained nerves.

Abstract: Transversus thoracis plane (TTP) block has demonstrated to produce analgesia in humans undergoing median sternotomy. The objectives of the study were to describe an ultrasound-guided transverse approach to the transversus thoracis plane (t-TTP) and to evaluate the spread of two injectable volumes in canine cadavers. Two cadavers were used to describe relevant gross anatomy of the ventral thoracic area and sonoanatomy between the fifth and sixth costal cartilages. Then, eight cadavers were used to describe the ultrasound-guided injection into the TTP and were dissected to evaluate the injectate spread and the intercostal nerves staining with two different dye-lidocaine volumes: low volume (LV) 0.5 mL kg⁻¹ and high volume (HV) 1 mL kg⁻¹. To compare the spread between both volumes the Fisher's exact test and Wilcoxon signed-rank test were used. The solution spread along the TTP after all injections, staining a median number (range) of 3 (2–4) and 4 (3–5) nerves with LV and HV, respectively ($p = 0.014$). The injection of HV versus LV increases the number of stained nerves. Ultrasound-guided t-TTP is a feasible technique that provides staining of several intercostal nerves with a single injection site, so it could be useful to provide analgesia to the ventral chest wall.

Keywords: dog; fascial block; intercostal nerve; mastectomy; regional anaesthesia; sternotomy

1. Introduction

Although opioids have traditionally been used to manage perioperative pain produced by median sternotomy, regional anaesthesia has been described as an effective alternative to opioids, decreasing its consumption, side effects, and improving recovery [1,2]. Several anaesthetic blocks have demonstrated to produce analgesia in humans undergoing median sternotomy, including neuraxial techniques, transversus thoracis plane (TTP) block, thoracic paravertebral block, erector spinae plane block, and parasternal block [3].

In veterinary medicine, neuraxial techniques and peripheral anaesthetic blocks, as thoracic paravertebral block, erector spinae plane block, serratus plane block, intercostal blocks or pleural irrigation with local anaesthetics, have been used to provide chest wall analgesia [4–9]. No studies have been reported suggesting the efficacy of the TTP block to provide analgesia to the ventral aspect of the chest wall in dogs.

The ultrasound-guided TTP block is performed to inject an anaesthetic solution into the interfascial plane between the transversus thoracis muscle (TT) and the internal intercostal muscles. In humans, the local anaesthetic spread achieves the desensitization of the anterior portion of the intercostal nerves, providing analgesia to the anterior chest wall including the midline skin, sternum, and costal pleura. In human cadaveric studies, a single injection of 15–20 mL of dye solution into the TTP, between the fourth and fifth costal cartilages, achieved the staining of the anterior portion of the intercostal nerves from T1 to T6 [10,11].

The TTP block has been reported as an effective technique to provide analgesia in humans undergoing pericardiocentesis [12] and cardiac surgery via median sternotomy [13–15], to relieve chronic pain related to sternal lesions or costochondritis [16,17] and, combined with other fascial plane blocks, to control acute pain in patients undergoing breast surgery [18,19]. Two cases of continuous TTP block through bilaterally placed catheters allowed successful control of perioperative pain associated with median sternotomy [20].

Sagittal and transverse approaches to TTP block have been reported in human literature [21]. The sagittal approach was recently described in veterinary literature [22]; however, to our knowledge, there are no references to the ultrasound-guided transverse approach to the transversus thoracis plane (t-TTP).

Thus, the objectives of this study were: (1) to evaluate the gross and ultrasonographic anatomy of the TTP; (2) to describe the ultrasound-guided transverse approach to the TTP in dog cadavers; (3) to compare the spread of high volume (HV) 1 mL kg^{−1} and low volume (LV) 0.5 mL kg^{−1} of a methylene blue-lidocaine solution and the staining of the intercostal nerves following the t-TTP injection between fifth and sixth costal cartilages.

The hypotheses of this study were: (1) the TTP can be identified ultrasonographically in dog cadavers and the needle tip can be well recognised when the injection is performed using the t-TTP approach; (2) the injection of a methylene blue-lidocaine solution in the TTP through a transverse approach will stain the intercostal nerves responsible for ventral chest wall innervation and; (3) more nerve structures will be stained when administering HV of the injectable solution instead of LV.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design

The study was approved by the Animal Ethics Experimentation Committee of the University of Zaragoza (PI12/21NE). Dogs with sternal congenital malformations and/or penetrating wounds in the thorax or abdomen were excluded. The project enrolled 10 canine cadavers that were euthanized for reasons unrelated to the study. Cadavers were thawed at room temperature for 24–48 h. The thoracolumbar region was clipped in all cadavers.

The study was divided in two phases: during phase I, two cadavers (9.3 and 20.1 kg) were used to describe relevant gross anatomy of the ventral thoracic area and the sonoanatomy between the fifth and sixth costal cartilages. Phase II enrolled eight cadavers weighing a median of 15.6 kg (range 7.8–24 kg), which were used to describe the ultrasound-guided injection of a methylene blue-lidocaine solution into the TTP by a transverse approach and

to evaluate the injectate spread and nerve staining. The ultrasound anatomical evaluation and guided injections were performed with a linear ultrasound transducer (14–6 MHz, L14-6Ns, Mindray Bio-Medical Electronics Co., Shenzhen, China) connected to a portable ultrasound machine (Mindray M9 Vet, Mindray Bio-Medical Electronics Co., China) by the same experienced investigators (M.A., C.L.).

2.2. Phase I: Anatomical and Ultrasound Study

Each dog was placed in dorsal recumbency with forelimbs oriented cranially and dissection was performed on one hemithorax of each cadaver. Once the skin was removed, the pectoralis superficialis and pectoralis profunda muscles were separated from the sternum and laterally reclined to expose the rectus thoracis and rectus abdominis muscles. These muscles, which were sectioned between the first costal cartilage and caudally to the xiphoid process, were reclined dorsally to identify the distal muscular branches of the intercostal nerves after crossing the internal and external intercostal muscles. The external and internal intercostal muscles between the second and ninth costal cartilages were separated from their caudal costal cartilage insertion and from the sternum and reclined cranially in order to identify the TTP, the internal intercostal membrane, the path of the intercostal nerve and the internal thoracic artery and vein. The transversus thoracis muscle was identified and separated from the endothoracic fascia and the costal pleura.

Then, the contralateral region of the ventral thoracic wall between the fifth and sixth costal cartilages was ultrasonographically evaluated and correlated with the anatomical dissection to identify ultrasonographic references for the injection of TTP. Once the investigators become familiar with the ultrasound anatomy, a 63 mm and 22-gauge spinal needle (BD Spinal Needle; BD Medical, Franklin Lakes, NJ, USA) was used to test a preliminary in-plane approach to TTP, injecting 0.1 mL of methylene blue (methylthioninium chloride injection 1% *w/v*; Martindale Pharma, High Wycombe, UK) between the transversus thoracis muscle and the internal intercostal muscle, laterally to the internal thoracic artery and vein. A dissection procedure was repeated in the injection side to confirm the spread of the methylene blue-lidocaine solution into the TTP. Finally, the thoracic wall was sectioned bilaterally and longitudinally to its sagittal midline to expose the dorsal aspect of the ventral thoracic wall and ventral mediastinum.

2.3. Phase II: Evaluation of the Injectable Solution Spread

A solution of 200 mL of lidocaine (Lidocaine 2%, B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Germany) and 0.2 mL of methylene blue was prepared and 0.5 mL kg^{−1} (LV) and 1 mL kg^{−1} (HV) were loaded in two syringes for each of the eight canine cadavers. One of the two volumes was injected into the TTP in one side of the thorax and the other into the contralateral side, after a randomization performed using Microsoft Excel for Windows Version 2103 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). The investigator who performed the anatomical dissections (M.A.) was different from the one that injected the solution (C.L.), being the first one blinded to the injection side randomization.

2.3.1. Ultrasound-Guided t-TTP Injection

Each cadaver was positioned in dorsal recumbence with the anterior limbs oriented cranially. The linear ultrasound transducer was positioned in a parasternal position slightly lateral to the fifth sternebra, between the fifth and sixth costal cartilage and parallel to the longitudinal axis of both costal cartilages with the marker oriented medially (Figure 1). The following thoracic structures were identified: pectoralis profunda, rectus abdominis and external and internal intercostal muscles, internal intercostal membrane, fifth sternebra, internal thoracic artery and vein, transversus thoracis muscle and costal pleura (Figure 2).

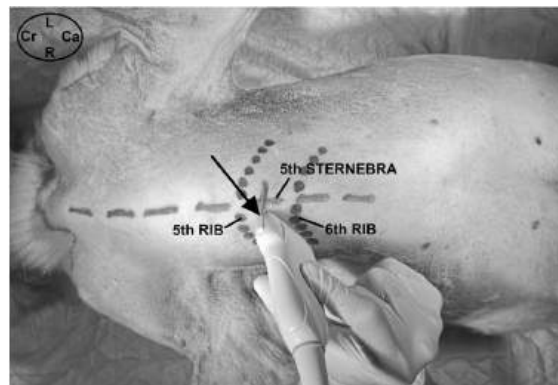


Figure 1. Transverse ultrasound-guided approach to the transversus thoracis plane at the level of the fifth interchondral space in dogs. The transducer was positioned parallel to the fifth and sixth costal cartilages, with the marker located medially and orientated in a caudolateral to craniomedial to direction. The black arrow indicates the direction of the needle in an in-plane technique. Ca, caudal; Cr, cranial; L, left; R, right.

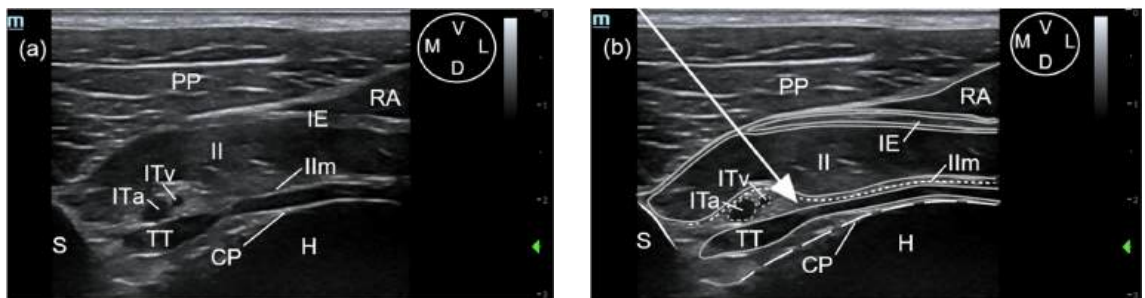


Figure 2. (a) Ultrasound image of the fifth interchondral space in a canine cadaver, showing the anatomical structures observed during the transverse approach to the transversus thoracis plane (t-TTP). (b) The same ultrasound image with the edges of the muscular structures (solid grey lines), the internal intercostal membrane (short dashed white lines), fifth sternbra (solid white line), vascular structures (short dashed grey lines) and costal pleura (long dashed lines) superimposed to facilitate their identification. The white arrow shows the needle pathway and the needle tip located into the transversus thoracis plane. CP, costal pleura; D, dorsal; H, heart; IE, external intercostal muscle; II, internal intercostal muscle; IIm, internal intercostal membrane; ITa, internal thoracic artery; ITv, internal thoracic vein; L, lateral; M, medial; PP, pectoralis profunda muscle; RA, rectus abdominis muscle; S, Sternum; TT, transversus thoracis muscle; V, ventral.

A 63 mm, 22-gauge spinal needle (BD Spinal Needle; BD Medical, Franklin Lakes, NJ, USA) was inserted in a ventromedial-to-dorsolateral direction with an in-plane technique. The needle was advanced through the pectoralis profunda, rectus abdominis, external and internal intercostal muscles, and internal intercostal membrane until the tip was positioned into the TTP, ventral to TT muscle and laterally to the internal thoracic artery and vein (Figures 2 and 3). To confirm the presence of the needle tip into the target plane, a small amount of the injectable solution was slowly administered until a small pocket of fluid was visualized between the internal intercostal membrane and the transversus thoracis muscle. Then, the remaining volume corresponding to that side of the thorax was injected (Figure 3). If the solution injection did not reach the target plane, the tip of the needle was redirected and all the procedure was repeated. In all the injections, the quality of the needle tip ultrasound visualization was evaluated (Appendix A). The procedure was repeated on the contralateral side.

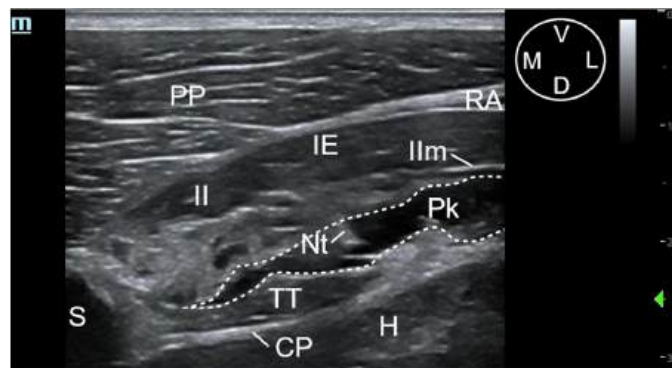


Figure 3. Ultrasound image of the pocket of fluid formation after the injection of a methylene blue-lidocaine solution using the t-TTP approach, at the level of the fifth interchondral space. The pocket of fluid is delimited by the dotted line. CP, costal pleura; D, dorsal; IE, external intercostal muscle; II, internal intercostal muscle; IIm, internal intercostal membrane; L, lateral; M, medial; Nt, needle tip; Pk, pocket of fluid, PP, pectoralis profunda muscle; RA, rectus abdominis muscle; S, sternum; TT, transversus thoracis muscle; V, ventral.

2.3.2. Evaluation of Methylene Blue-Lidocaine Solution

Initially, the dissection of both hemithoraxes was performed following the same protocol described above. Then, the thoracic wall was sectioned bilaterally and longitudinally to its sagittal midline to expose the mediastinum and the dorsal aspect of the ventral chest wall. The first aim of the evaluation of the spread was to identify the number of stained intercostal nerves. A nerve structure was considered stained when all its quadrants were dyed for more than one centimetre in length.

Afterwards, the distribution pattern of the injectable solution was described and recorded in five different planes: (1) between the rectus abdominis and the intercostal muscles (RIP); (2) between the internal intercostal and the transversus thoracis muscles (TTP); (3) between the transversus thoracis muscle, the endothoracic fascia and the costal pleura; (4) through the mediastinum and (5) intrapleural staining.

The TTP was further divided in different segments using each interchondral space as a reference. A segment was considered stained when dye was observed along its total longitudinal axis. The dissection procedure was repeated in the contralateral side.

2.4. Statistical Analysis

Qualitative variables were described with absolute frequency and percentage and quantitative variables with median and range.

The spread of methylene blue-lidocaine solution and the staining of the intercostal nerves, along the five planes described above, were compared according to the injected volume (LV or HV). The Fisher's exact test was used to compare the proportions of stained nerves and planes according to the volume injected. Wilcoxon signed-rank test was used to compare the mean ranks of intercostal nerves and TTP interchondral segments stained with LV and HV methylene blue-lidocaine solution. The level of significance was set at 0.05. Statistical analyses were performed using IBM SPSS statistics version 19.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3. Results

3.1. Phase I: Anatomical and Ultrasound Study

3.1.1. Gross Anatomical Description

The TTP is located between the second and the seventh internal intercostal muscles, and the TT muscle at the ventral region of the thoracic wall. Each internal intercostal

muscle inserts at its cranial rib through the internal intercostal membrane. This membrane was identified as a thin layer of connective tissue intimately attached to the medial aspect of these muscles. The fibres of the internal intercostal muscles course cranioventrally from the cranial border of one costal cartilage to the caudal border of the anterior costal cartilage, filling the interchondral space from the costochondral junctions to the lateral aspect of the sternum. Each internal intercostal muscle is located medial to an external intercostal muscle, which extends distally without contacting the sternum in the first nine or ten interchondral spaces. The TT muscle is a flat, fan-shaped muscle, which was identified covering the medial aspect of the second to the eighth costal cartilages. The TT muscular fibres arise from the dorsolateral aspect of the sternum, between the second sternebra and the caudal aspect of the xiphoid process and run laterally to be attached to the medial aspect of the second to the seventh costal cartilages, ventral to the costochondral junction. The medial aspect of the TT muscle is covered by the endothoracic fascia and the costal pleura, which were identified macroscopically as a single and narrow tissue layer. The costal pleura extends over the dorsal aspect of the sternum to connect with the mediastinal pleura forming the costomediastinal recess. The dorsal to the TT muscle, the costal pleura and the endothoracic fascia cover the medial aspect of the internal intercostal muscles. The TTP contains a variable amount of fat and the internal thoracic artery and vein, running parallel to the lateral aspect of the sternum.

Each intercostal nerve, with its corresponding intercostal vein and artery, forms a neurovascular bundle, which runs, along its proximal portion, close to the caudomedial border of its rib and between the costal pleura and the internal intercostal membrane. Subsequently, the T2 to the T7 intercostal nerves run along the TTP and give distal muscular branches that reach the TT muscle and the rectus abdominis muscle getting across the internal intercostal muscles. The distal portion of the intercostal nerves pass through the internal intercostal membrane and continue their path between the fibres of the internal intercostal muscles until they reach the lateral aspect of the sternum, where they become a ventral cutaneous branch that innervates the skin located on the ventral midline of the chest wall. The fifth to the seventh ventral cutaneous branches innervate the medial portion of the thoracic mammary glands.

3.1.2. Description of the Sonoanatomy

The fifth sternebra was visualised as a triangular-shaped structure with a hyperechoic surface and acoustic shadow underneath. The pectoralis profunda muscle was visualised as a thick structure ventral and lateral to the sternum, separated from it and from the intercostal muscles by the rectus abdominis muscle, which appeared as a hypoechoic muscle with a thin and hyperechoic parasternal aponeurosis. The external intercostal muscle covers the lateral aspect of the internal intercostal muscle except for its most distal portion close to the sternum, where contacts laterally with the aponeurosis of the rectus abdominis muscle. The internal intercostal muscle extends distally until the lateral aspect of the sternum, appearing as a thick hypoechoic structure with a thin hyperechoic line on its craniomedial margin, corresponding to the internal intercostal membrane. The TTP is the virtual space between the internal intercostal and the TT muscles. This plane contains a variable amount of hyperechoic fat, mainly located adjacent to the lateral aspect of the sternum, and the internal thoracic artery and vein. These vascular structures appear as two rounded anechoic structures adjacent to the lateral aspect of the sternum. The TT muscle is seen as a hypoechoic structure extending immediately lateral to a bright hyperechoic line corresponding to the costal pleura. A small amount of fat was observed between the pleura and the TT muscle close to the sternum. The heart was visualised immediately dorsal to the costal pleura (Figure 2).

3.2. Phase II: Evaluation of the Injectable Solution Spread

3.2.1. Ultrasound-Guided t-TTP Injection

The sonographic landmarks were visualized in all hemithoraxes. The visualisation of the needle tip into the TTP was scored as good in 12 out of 16 injections and poor in 4 out of 16 injections. Fat was easily visualized into the TTP in all injections, facilitating the identification of the correct plane. In all injections, the formation of a pocket of fluid between the TT and internal intercostal membrane could be recognized (Figure 3).

3.2.2. Evaluation of Methylene Blue-Lidocaine Solution

A median of 3 (range 2–4) and 4 intercostal nerves (range 3–5) ($p = 0.105$) were stained using LV and HV, respectively. In six out of the eight dogs, the number of intercostal nerves stained with HV was higher than using LV and in two dogs the number was equal ($p = 0.014$). In all stained intercostal nerves, dye was observed along the portion of the nerve running through the TTP, medially to the internal intercostal membrane, and between the costal pleura and the internal intercostal membrane, proximal to the TTP.

In all injections, dye spread was observed along the longitudinal axis of the TTP staining a median (range) of 4 (3–5) and 5 (4–6) interchondral spaces using LV and HV, respectively ($p = 0.015$). In 2 of 16 injections, intramuscular distribution of the dye in the punctured internal intercostal muscle was observed.

No methylene blue-lidocaine solution was observed into the RIP after any injection. In all cases, methylene blue-lidocaine spread was found medial to the TT muscle, between the costal pleura and the internal intercostal membrane, close to the costochondral junction. After all LV and HV injections, staining was observed between the costal pleura and the TT muscle and into the mediastinum as well (Figure 4). No intrapleural staining was identified in any case.

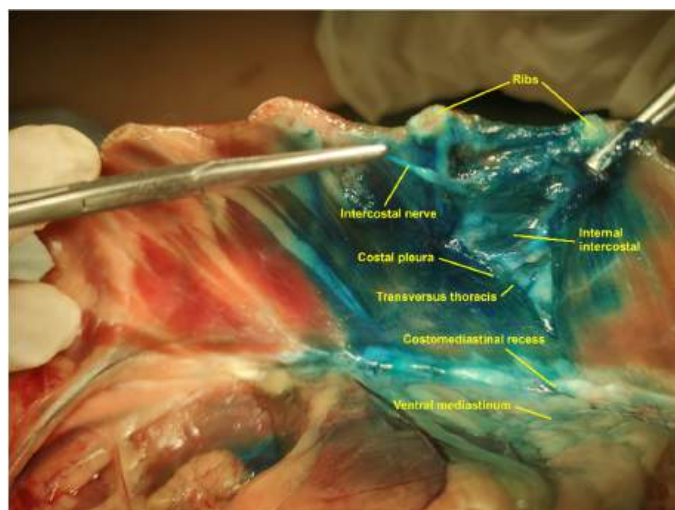


Figure 4. Anatomical dissection of the transversus thoracis plane, dorsal aspect of the ventral thoracic wall and ventral mediastinum. TT muscle was sectioned at the level of the fifth interchondral space to expose the intercostal nerves and the internal intercostal muscle. The image shows the methylene blue-lidocaine solution staining the intercostal nerve, the TTP, the costomediastinal recess and the ventral mediastinum. TT, transversus thoracis; TTP, transversus thoracis plane.

All the data referring to the detection of the methylene blue-lidocaine solution in the different evaluated structures are shown in Figure 5 and Tables 1 and 2.

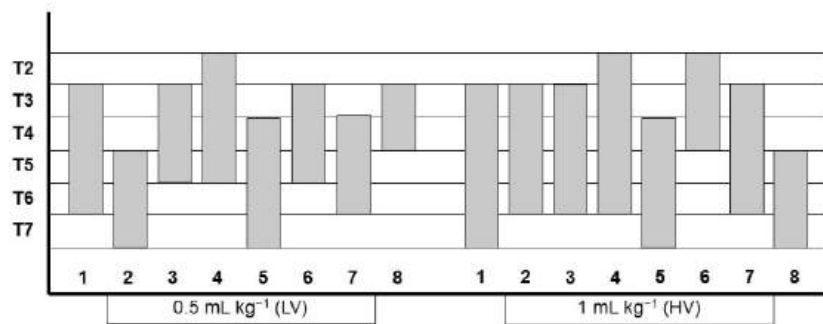


Figure 5. Staining of the T2 to T7 intercostal nerves after the injection of 0.5 mL kg^{-1} (LV) and 1 mL kg^{-1} (HV) of methylene blue-lidocaine solution in eight canine cadavers (a total of 16 injections). Each case is represented by its corresponding number from 1 to 8. HV, high volume; LV, low volume.

Table 1. Counts and percentages of intercostal nerves from T2 to T7 stained according to the injectable volume used.

Intercostal Nerves	LV	HV	<i>p</i> -Value *
T2	1 (12.5%)	2 (25.0%)	1
T3	5 (62.5%)	6 (75.0%)	1
T4	7 (87.5%)	7 (87.5%)	1
T5	7 (87.5%)	7 (87.5%)	1
T6	4 (50.0%)	7 (87.5%)	0.282
T7	2 (25.0%)	3 (37.5%)	1

* Fisher's exact test. HV, high volume (1 mL kg^{-1}); LV, low volume (0.5 mL kg^{-1}).

Table 2. Counts and percentages of transversus thoracis plane interchondral segments from T2 to T7 and stained according to the injectable volume used.

TTP Segment	LV	HV	<i>p</i> -Value *
TTP (2)	3 (37.5%)	6 (75.0%)	0.315
TTP (3)	6 (75.0%)	7 (87.5%)	1
TTP (4)	7 (87.5%)	8 (100.0%)	1
TTP (5)	8 (100.0%)	8 (100.0%)	NA
TTP (6)	5 (62.5%)	7 (87.5%)	0.569
TTP (7)	2 (25.0%)	4 (50.0%)	0.608

* Fisher's exact test. HV, high volume (1 mL kg^{-1}); LV, low volume (0.5 mL kg^{-1}); NA, Not applicable; TTP, transversus thoracis plane.

4. Discussion

The present study describes the sonoanatomical landmarks for the t-TTP approach in canine cadavers. This approach enables the administration of a methylene blue-lidocaine solution in the target plane using an in-plane technique and the staining of multiple intercostal nerves between T2 and T7 with a single injection point, although the results observed are not regular and depend on the volume injected.

In dogs, the distal part of the intercostal nerves between T2 and T9 innervate the ventral aspect of the chest wall, including sternum, costal pleura, TT, internal intercostal and rectus abdominis muscles, medial aspect of the thoracic mammary tissue and a cutaneous area, approximately five centimetres wide, adjacent to the thoracic ventromedial line [23]. The current study shows a significantly higher mean rank of dyed intercostal nerves when HV was injected compared to LV injection in the same cadaver, suggesting that increasing the injected volume could be more effective in desensitizing the ventral chest wall. No stained nerves were found caudally to T7 with both volumes, so T8 and T9 nerves might not be desensitized by TTP block with the approach and injectate volumes described. The

results suggest that injection of an anaesthetic solution using the t-TTP approach could be effective to provide analgesia for procedures such as median sternotomy, pericardiocentesis or mastectomy, as occurs in humans [12–14,18,19]. However, clinical studies would be necessary to confirm these hypotheses.

In both LV and HV groups, the median number of interchondral TTP segments stained was higher than the median number of intercostal nerves stained, so the presence of dye in an interchondral segment of the TTP did not always result in the staining of the corresponding intercostal nerve. This could be related with the fact that the internal intercostal membrane prevents the staining of the intercostal nerve after it has passed through, so nerve staining would be limited to the proximal region of the TTP.

The dye spread observed between the costal pleura and the internal intercostal membrane, proximal to the TTP and close to the costochondral junction, could occur through the endothoracic fascia present between these structures. Similarly, the presence of staining into the mediastinum could be produced through the endothoracic fascia present between the TT muscle and the costal pleura. This fascia penetrates into the mediastinum through the costodiaphragmatic recess. This potential pathway could correlate the staining observed between the pleura costalis and the TT muscle, within the mediastinal cavity as well as between the costal pleura and the internal intercostal membrane after all injections. The endothoracic fascia has already been suggested as a potential pathway for the distribution of an injectable solution into the thoracic paravertebral space during quadratus lumborum plane block [24].

Ueshima and Otake [25] observed a larger spread of the solution when it was injected in the fourth intercostal space compared to when it was administered in the fifth. These authors suggest that the structure of the TT muscle may lead to differences in the spread of the solution.

Recently, Zublena et al. [22] described a sagittal ultrasound-guided parasternal approach to inject a solution between the TT muscle and the internal intercostal muscle. Traditionally in human medicine, parasternal block consists in multiple intercostal blocks just lateral to the sternal border, injecting an anaesthetic solution between the pectoralis profunda and the intercostal muscles [3,16,26]. Although the authors refer to this technique as a parasternal approach, we believe that corresponds to the sagittal TTP approach described in human literature [3,21]. In this study, Zublena et al. [22] evaluated the spread of a dye solution along the TTP and the staining of the intercostal nerves when two different volumes (0.05 mL kg^{-1} and 0.1 mL kg^{-1}) were injected. The results suggested its potential utility to desensitize the distal portion of the intercostal nerves, although multiple intercostal injections would be necessary. The study concluded that, although the injectable solution has the potential to spread to multiple interchondral segments along the TTP, the injected volumes might be insufficient to achieve the staining of multiple intercostal nerves with a single injection point. Our results confirm the multi-segmental distribution of the methylene blue-lidocaine solution along the TTP using a transverse approach, and the staining of a greater number of nerves when increasing the injected volume, suggesting that the t-TTP described might decrease the number of injections necessary to desensitize the intercostal nerves involved in ventral chest wall innervation. Conversely, Ueshima and Otake [21] have reported a wider spread of the injectable solution by a sagittal approach than by a transverse approach in a human clinical study.

Bilateral multiple blocks of the intercostal nerves T2 to T9 have traditionally been used to provide somatic analgesia for canine patients undergoing median sternotomy [8]. In a recent canine cadaveric study, the blinded technique has shown an efficacy of only 58.6% staining the target intercostal nerves. This could lead to the failure of the block, incomplete analgesia and increased systemic analgesic requirements. In the same study, an ultrasound-guided intercostal block technique was described in dog cadavers increasing the success rate of staining the targeted intercostal nerves to 91.4% versus the blinded technique [27]. Bilateral ultrasound guided t-TTP block could be an alternative or a complementary technique to multiple bilateral intercostal blocks in dogs undergoing median sternotomy,

as it might decrease the number of injection points required to provide analgesia and the time of execution as well. As suggested by Zublena et al. [22], the TTP approach may produce less ventilatory impairment than that produced by multiple intercostal blocks in patients undergoing medial sternotomy, because the muscles affected by the TTP approach do not play an important role in ventilation.

Ueshima and Otake [28] reported a low risk of complications associated with TTP block in humans, with only two cases of infection in 299 patients undergoing this technique. No cases of pneumothorax, hematoma, or vascular puncture were registered. The approach described in the present study allows an accurate positioning of the needle tip into the TTP, with good visualisation of the ultrasound landmarks described during most of the injections. Results suggest that t-TTP could be a safe approach as no dye was observed into the pleural cavity, heart or lung after any injection. Similarly, no puncture of the internal thoracic artery and vein were observed during any of the injections. Nevertheless, the authors suggest the use of colour Doppler during injections in live animals to identify these vascular structures more easily and minimise the risk of puncture. The volumes used warrant that low concentrations of local anaesthetic are used to avoid toxicity.

The use of thawed cadavers is considered by the authors as one of the main limitations of this study, as it could produce differences in the spread of the injected solution compared with its administration in live animals [29]. Moreover, the use of methylene blue as the only dye injected might create confusion when evaluating which structures have been stained with both injectable volumes, mainly the presence of dye into the mediastinum. Although the lidocaine-methylene blue mixture is frequently used in similar cadaveric studies, we consider this to be another limitation of the study because the effects of a methylene blue solution on the physical properties and spread of a local anaesthetic solution are unknown [30,31]. Another limitation could be the ventilatory expansion of the thoracic cage in live animals, which could impair the execution of the approach. Spinal needles were used in this study because economic reasons, although the authors recommend the use of less traumatic needles, such as Tuohy, in live animals to prevent tissue injury.

5. Conclusions

This study showed that the ultrasound-guided t-TTP approach is a feasible technique in canine cadavers. The observed results showed the distribution of the injectable solution along the TTP and the staining of multiple intercostal nerves with a single injection point. In addition, increasing the volume of the injectable solution from 0.5 to 1 mL kg⁻¹ was associated with a significant increase in the number of the intercostal nerves stained. Although clinical trials would be necessary to evaluate the efficacy of the t-TTP block, the authors suggest that this ultrasound-guided TTP approach is a regional anaesthetic technique that could provide analgesia to the ventral aspect of the chest wall.

Author Contributions: Conceptualization, M.A., C.L. and C.B.; methodology, M.A., C.L. and C.B.; software, A.G.-M.; validation, M.A., A.G.-M., C.L., C.B. and A.L.; formal analysis, A.G.-M.; investigation, M.A., A.G.-M., C.L., C.B. and A.L.; resources, M.A., C.L., C.B. and A.L.; data curation, M.A., C.L. and A.L.; writing—original draft preparation, M.A. and C.B.; writing—review and editing, M.A., A.G.-M., C.L., C.B. and A.L.; visualization, M.A. and C.L.; supervision, M.A. and C.B.; project administration, M.A., C.B. and A.L.; funding acquisition, C.B. and A.L. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Animal Ethics Experimentation Committee of the University of Zaragoza (PI12/21NE).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Data supporting the reported results can be sent to anyone interested by contacting the corresponding author.

Acknowledgments: The authors acknowledge the support with the facilities provided by the Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza and the Hospital Veterinario Anicura Valencia Sur.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Appendix A

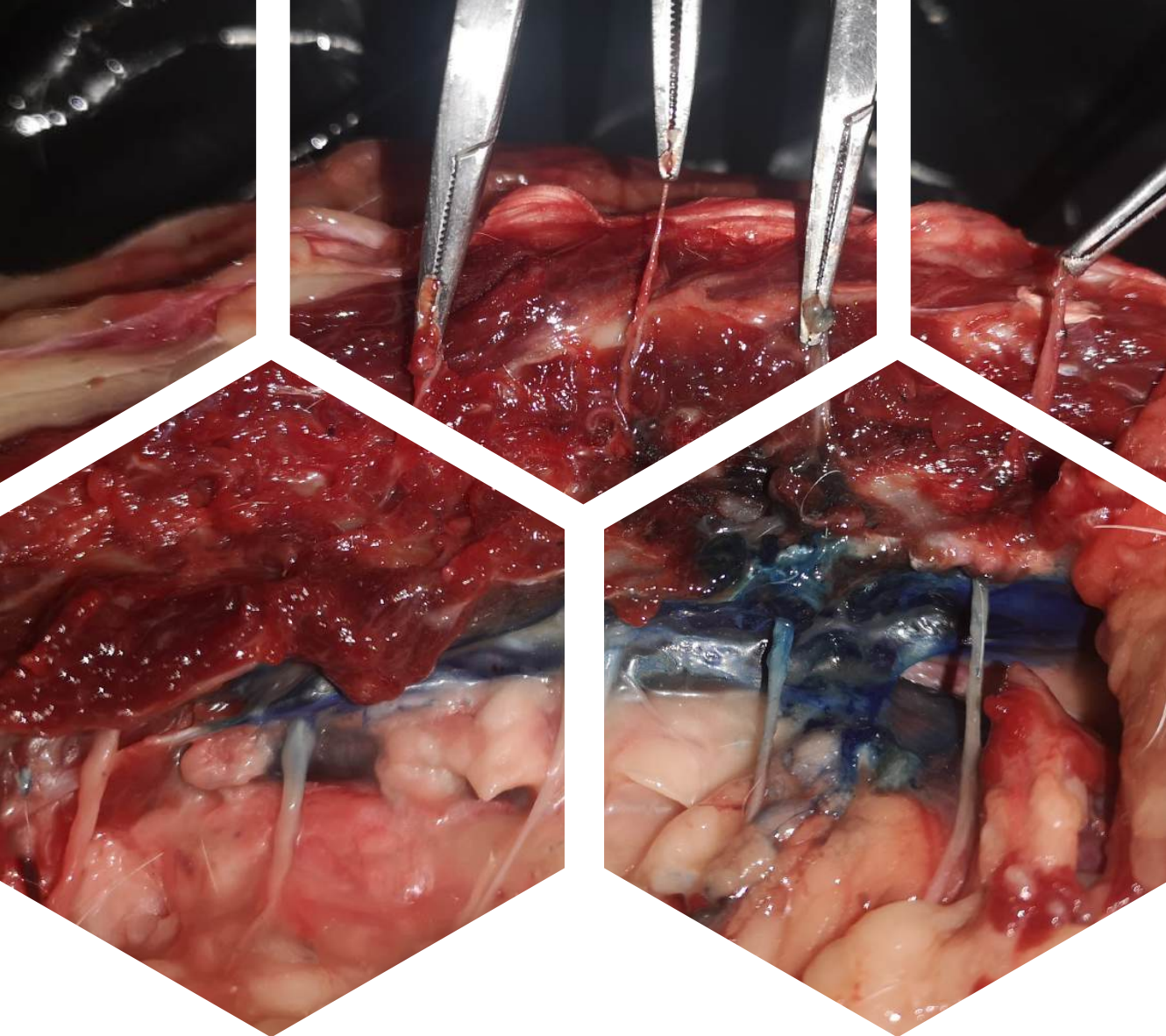
Table A1. Grading ultrasonographic visualization of the needle.

Grade	Description
Good	The shaft and the tip of the needle can be visualized completely.
Poor	The needle tip is only visualized after gentle in- and out-movements or jiggling of the needle.
Absent	The needle tip cannot be recognized.

References

- Mazzeffi, M.; Khelemsky, Y. Poststernotomy pain: A clinical review. *J. Cardiothorac. Vasc. Anest.* **2011**, *25*, 1163–1178. [\[CrossRef\]](#)
- Gregory, A.J.; Grant, M.C.; Manning, M.W.; Cheung, A.T.; Ender, J.; Sander, M.; Zarbock, A.; Stoppe, C.; Meineri, M.; Grocott, H.P.; et al. Enhanced recovery after cardiac surgery (ERAS Cardiac) recommendations: An important first step—But there is much work to be done. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* **2020**, *34*, 39–47. [\[CrossRef\]](#)
- Raj, N. Regional anesthesia for sternotomy and bypass—Beyond the epidural. *Paediatr. Anesth.* **2019**, *29*, 519–529. [\[CrossRef\]](#)
- Thompson, S.; Johnson, J.M. Analgesia in dogs after intercostal thoracotomy: Comparison of morphine, selective intercostal nerve block, and interpleural regional analgesia with bupivacaine. *Vet. Surg.* **1991**, *20*, 73–77. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Flecknell, P.A.; Kirk, A.J.; Liles, J.H.; Hayes, P.H.; Dark, J.H. Post-operative analgesia following thoracotomy in the dog: An evaluation of the effects of bupivacaine intercostal nerve block and nalbuphine on respiratory function. *Lab. Anim.* **1991**, *25*, 319–324. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Pascoe, P.J.; Dyson, D.H. Analgesia after lateral thoracotomy in dogs. Epidural morphine vs. intercostal bupivacaine. *Vet. Surg.* **1993**, *22*, 141–147. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Portela, D.A.; Campoy, L.; Otero, P.E.; Martin-Flores, M.; Gleed, R.D. Ultrasound-guided thoracic paravertebral injection in dogs: A cadaveric study. *Vet. Anaesth. Analg.* **2017**, *44*, 636–645. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Portela, D.A.; Fuensalida, S.; Viscasillas, J.; Verdier, N.; Otero, P.E. Peripheral nerve blocks of the thorax and abdomen. In *Manual of Small Animal Regional Anesthesia: Illustrated Anatomy for Nerve Stimulation and Ultrasound-Guided Nerve Blocks*, 2nd ed.; Otero, P.E., Portela, D.A., Eds.; Editorial Inter-Médica: Buenos Aires, Argentina, 2019; pp. 219–272.
- Asorey, I.; Sambugaro, B.; Bhalla, R.J.; Drozdzyńska, M. Ultrasound-guided serratus plane block as an effective adjunct to systemic analgesia in four dogs undergoing thoracotomy. *Open Vet. J.* **2021**, *10*, 407–411. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Ueshima, H.; Takeda, Y.; Ishikawa, S.; Otake, H. Ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block: A cadaveric study of the spread of injectate. *J. Clin. Anesth.* **2015**, *27*, 696. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Fujii, S.; Vissa, D.; Ganapathy, S.; Johnson, M.; Zhou, J. Transversus thoracic muscle plane block on a cadaver with history of coronary artery bypass grafting. *Reg. Anesth. Pain Med.* **2017**, *42*, 535–537. [\[CrossRef\]](#)
- Fujii, S.; Bairagi, R.; Roche, M.; Zhou, J.R. Transversus thoracis muscle plane block. *BioMed. Res. Int.* **2019**, *2019*, 1716365. [\[CrossRef\]](#)
- Abdelbaser, I.I.; Mageed, N.A. Analgesic efficacy of ultrasound guided bilateral transversus thoracis muscle plane block in pediatric cardiac surgery: A randomized, double-blind, controlled study. *J. Clin. Anesth.* **2020**, *67*, 110002. [\[CrossRef\]](#)
- Zhang, Y.; Chen, S.; Gong, H.; Zhang, B. Efficacy of bilateral transversus thoracis muscle plane block in pediatric patients undergoing open cardiac surgery. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* **2020**, *34*, 2430–2434. [\[CrossRef\]](#)
- Fujii, S.; Roche, M.; Jones, P.M.; Vissa, D.; Bainbridge, D.; Zhou, J.R. Transversus thoracis muscle plane block in cardiac surgery: A pilot feasibility study. *Reg. Anesth. Pain Med.* **2019**, *44*, 556–560. [\[CrossRef\]](#)
- Piraccini, E.; Biondi, G.; Byrne, H.; Calli, M.; Bellantonio, D.; Musetti, G.; Maitan, S. Ultrasound guided transversus thoracic plane block, parasternal block and fascial planes hydrodissection for internal mammary post thoracotomy pain syndrome. *Eur. J. Pain* **2018**, *22*, 1673–1677. [\[CrossRef\]](#)
- Aydin, M.E.; Celik, M.; Celik, E.C.; Ahiskalioglu, E.O.; Selvitopi, K. Transversus thoracic muscle plane block for persistent parasternal pain: The Tietze syndrome. *J. Clin. Anesth.* **2020**, *63*, 109755. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Ueshima, H.; Kimura, S.; Otake, H. Bilateral breast cancer resection performed under the bilateral transversus thoracic muscle plane block. *J. Clin. Anesth.* **2016**, *33*, 413. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Ueshima, H.; Otake, H. A combination of an erector spinae plane block and a transversus thoracic muscle plane block for partial mastectomy. *J. Clin. Anesth.* **2019**, *54*, 1. [\[CrossRef\]](#)
- Ueshima, H.; Otake, H. Continuous transversus thoracic muscle plane block is effective for the median sternotomy. *J. Clin. Anesth.* **2017**, *37*, 174. [\[CrossRef\]](#)

21. Ueshima, H.; Otake, H. Comparison of spread of transversus thoracic plane block by sagittal and transverse approach in a clinical setting. *J. Clin. Anesth.* **2017**, *43*, 4–5. [[CrossRef](#)]
22. Zublena, F.; Briganti, A.; De Gennaro, C.; Corletto, F. Ultrasound-guided parasternal injection in dogs: A cadaver study. *Vet. Anaesth. Analg.* **2021**, *48*, 563–569. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Evans, H.E.; de Lahunta, A. Spinal nerves. In *Miller's Anatomy of the Dog*, 4th ed.; Carioto, L., Ed.; Elsevier: St. Louis, MO, USA, 1993; pp. 224–228.
24. Dam, M.; Moriggl, B.; Hansen, C.K.; Hoerman, R.; Bendtsen, T.F.; Børglum, J. The pathway of injectate spread with the transmuscular quadratus lumborum block: A cadaver study. *Anesth. Analg.* **2017**, *125*, 303–312. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Ueshima, H.; Otake, H. Where is an appropriate injection point for an ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block? *J. Clin. Anesth.* **2016**, *33*, 190–191. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. McDonald, S.B.; Jacobsohn, E.; Kopacz, D.J.; Desphande, S.; Helman, J.D.; Salinas, F.; Hall, R.A. Parasternal block and local anesthetic infiltration with levobupivacaine after cardiac surgery with desflurane: The effect on postoperative pain, pulmonary function, and tracheal extubation times. *Anest. Analg.* **2005**, *100*, 25–32. [[CrossRef](#)]
27. Thomson, A.C.S.; Portela, D.A.; Romano, M.; Otero, P.E. Evaluation of the effect of ultrasound guidance on the accuracy of intercostal nerve injection: A canine cadaveric study. *Vet. Anaesth. Analg.* **2021**, *48*, 256–263. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Ueshima, H.; Otake, H. Ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block: Complication in 299 consecutive cases. *J. Clin. Anesth.* **2017**, *41*, 60. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Kull, K.; Baer, G.A.; Samarütel, J.; Sand, J.; Rosenberg, P.H. Distribution of local anesthetic solution in retromediastinal block. Preliminary experimental results. *Reg. Anesth.* **1997**, *22*, 308–312. [[CrossRef](#)]
30. Campoy, L.; Martin-Flores, M.; Looney, A.L.; Hollis, N.E.; Ludders, J.W.; Stewart, J.; Gleed, R.D.; Asakawa, M. Distribution of a lidocaine-methylene blue solution staining in brachial plexus, lumbar plexus and sciatic nerve blocks in the dog. *Vet. Anaesth. Analg.* **2008**, *35*, 348–354. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Portela, D.A.; Otero, P.E.; Briganti, A.; Romano, M.; Corletto, F.; Breggi, G. Femoral nerve block: A novel psoas compartment lateral pre-iliac approach in dog. *Vet. Anaesth. Analg.* **2013**, *40*, 194–204. [[CrossRef](#)]



Description of a novel ultrasound-guided approach for a dorsal quadratus lumborum block: a canine cadaver study.

Alaman M, Bonastre C, De Blas I, Gomez-Alvarez CM, Laborda A

Vet Anaesth Analg 49 (2022): 118-125.

RESEARCH PAPER

Description of a novel ultrasound-guided approach for a dorsal quadratus lumborum block: a canine cadaver study

Manuel Alaman^{a,b}, Cristina Bonastre^{a,c}, Ignacio de Blas^{a,c}, Christian M Gomez-Alvarez^b & Alicia Laborda^a

^aDepartment of Animal Pathology, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain

^bHospital Veterinario Anicura Valencia Sur, Silla, Spain

^cInstituto Universitario de Investigación Mixto Agroalimentario de Aragón (IA2), Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain

Correspondence: Cristina Bonastre, Department of Animal Pathology, Universidad de Zaragoza, C/ Miguel Servet, 177, ES- 50013 Zaragoza, Spain. E-mail: cbonastr@unizar.es

Abstract

Objective To describe an ultrasound-guided approach to the dorsal aspect of the quadratus lumborum muscle (D-QL) and to evaluate the spread of methylene blue dye in canine cadavers.

Study design Prospective, experimental anatomical study.

Animals A total of 12 canine cadavers.

Methods The ultrasonographic landmarks and injection technique for the D-QL approach were determined in two cadavers. Correct needle tip position was confirmed by computed tomography. Bilateral ultrasound-guided injections were performed in 10 cadavers between the QL muscle, the vertebral body and the ventrocaudal aspect of the transverse process of the first lumbar vertebra (L1) using two volumes of methylene blue: low volume (LV) 0.3 mL kg⁻¹ or high volume (HV) 0.5 mL kg⁻¹. Staining of the main thoracolumbar trunk, dorsal and ventral branches of the thoracic (T) and lumbar (L) spinal nerves, sympathetic trunk and epidural space were assessed following dissection. Data between groups were compared using Mann–Whitney *U* test. Data are presented as median (range).

Results The ventral branches of spinal nerves T12, T13, L1, L2, L3 and L4 were stained in 10%, 70%, 100%, 90%, 60%, 0% and 30%, 100%, 100%, 100%, 50% and 30% after LV and HV injections, respectively. Multisegmental spread of the sympathetic trunk was found on 3 (3–4) and 5 (3–6) vertebral spinal levels following LV and HV injections, respectively (*p* = 0.005). The T13 segment of the

sympathetic trunk was stained after all HV injections. Epidural spread was found in 20% and 30% of LV and HV injections, respectively.

Conclusions and clinical relevance The injection of HV versus LV dye using the D-QL approach provided more consistent staining of the thoracolumbar nerve structures which innervate the abdominal wall and viscera. Clinical studies are required to evaluate the analgesic efficacy of the D-QL block for abdominal procedures in dogs *in vivo*.

Keywords dog, fascial block, regional anaesthesia, sympathetic block, thoracolumbar fascia, ultrasound guidance.

Introduction

The quadratus lumborum (QL) block is a fascial plane block performed by injecting local anaesthetic adjacent to the QL muscle with the aim of anaesthetizing the thoracolumbar spinal nerves and the sympathetic trunk thereby providing abdominal analgesia (Elsharkawy et al. 2019). In humans, when performed at the level of the first lumbar vertebra (L1), the local anaesthetic spreads into the thoracic paravertebral space (Blanco et al. 2015).

The QL block is an effective technique for control of peri-operative pain in humans undergoing abdominal surgery (Baidya et al. 2015; Blanco et al. 2015; Ahmed et al. 2019; Irwin et al. 2020; Kim et al. 2020). It has been used as an alternative to epidural anaesthesia and transversus abdominis plane block, with fewer complications and superior pain control, respectively (Blanco et al. 2016; Öksüz et al. 2017; İpek et al. 2019).

Several approaches to the QL block have been described in humans with potential differences in their distribution patterns (Elsharkawy et al. 2019). A lateral approach (L-QL) allows the administration of local anaesthetic over the lateral aspect of the QL muscle in an anteromedial direction to the transversalis fascia (Carline et al. 2016). A transmuscular or anterior approach (T-QL) involves the injection of local anaesthetic between the QL and the psoas minor muscles (Dam et al. 2017). In a posterior QL block, the needle is located between the QL and erector spinae muscles (Blanco et al. 2015, 2016; Elsharkawy et al. 2019). Recently, two cadaver studies described the L-QL and T-QL approaches in dogs, indicating the potential application of QL block for the provision of perioperative analgesia in abdominal surgery (Garbin et al. 2020a,b). To our knowledge, there are no references to a dorsal approach to the QL muscle (D-QL) in dogs in veterinary literature.

Human studies have not defined the appropriate volume or associated distribution of local anaesthetic to administer. Injection volumes of 20 mL in a human or 0.2 and 0.4 mL kg⁻¹ have been reported in adults (Blanco et al. 2015) and 0.5 mL kg⁻¹ in paediatric patients (İpek et al. 2019). Garbin et al. (2020a) assessed the spread of two dye volumes (0.15 and 0.3 mL kg⁻¹) performed through a T-QL injection in canine cadavers. Although the authors observed an increase in the number of stained spinal nerves at higher volume, the association of the injectate volume and the number of stained nerves was not statistically significant.

Thus, the objectives of this study were: 1) to develop the ultrasound-guided approach to the dorsal aspect of the QL muscle in canine cadavers; 2) to assess the spread of high volume (HV) 0.5 mL kg⁻¹ or low volume (LV) 0.3 mL kg⁻¹ of methylene blue 1% and to compare the number of the different thoracic (T) and lumbar (L) spinal nerves and the sympathetic trunk segments stained following the injection of HV or LV into the D-QL at the level of L1.

The hypotheses of this study were: 1) the landmarks used for performing the D-QL approach could be identified ultrasonographically in canine cadavers; 2) the injection of methylene blue in the D-QL plane would stain the spinal nerves and the sympathetic trunk responsible for part of the abdominal innervation; and 3) a high volume of injectate would stain a greater number of nerves and sympathetic trunk segments than a low volume.

Materials and methods

Study design

The study was approved by the Animal Ethics Experimentation Committee of the University of Zaragoza (PI20/20). Brachycephalic dogs, those with spinal congenital malformations and penetrating wounds of the thorax or abdomen were excluded.

We used 12 medium-sized thawed canine cadavers which were euthanized for reasons unrelated to the study. Cadavers were thawed at room temperature for 24–48 hours.

The study was divided into two phases. In the first phase, two canine cadavers were used to describe the D-QL approach. In the second phase, D-QL injection was performed using 10 canine cadavers which were dissected to evaluate the staining of the spinal nerves and the sympathetic trunk when LV or HV of methylene blue was injected. In the second phase, the decision to include 10 canine cadavers was based on the sample size used in similar cadaver studies. All ultrasound-guided injections and the dissections were performed by the same experienced investigator (MA), who was not blinded to the volumes of injected solution.

Ultrasound-guided D-QL approach description

In the first phase of the study, two cadavers (weighing 4.5 and 14.4 kg) were used to describe the ultrasound-guided D-QL approach. In these cadavers, the position of the needle tip was assessed using computer tomography (CT; Aquilion Start 32; Canon Medical Systems Co., Japan) and no anatomical dissection was performed. Each dog was placed in lateral recumbency with the limbs directed away from the operator and the thoracolumbar area was clipped. A linear ultrasound transducer (14–6 MHz, L14 – 6Ns; Mindray Bio-Medical Electronics Co., Guangdong, China) connected to a portable ultrasound machine (Mindray M9 Vet; Mindray Bio-Medical Electronics Co.) was positioned caudal and parallel to the last rib with the marker oriented dorsally (Fig. 1). The probe was oriented in a ventrodorsal direction and slid cranially until the following lumbar structures were identified: external abdominal oblique, internal abdominal oblique and transversus



Figure 1 Ultrasound-guided approach to the dorsal aspect of the quadratus lumborum muscle at the level of the first lumbar vertebra in a dog. The transducer was positioned parallel and caudal to the last rib, with marker located dorsally, and slightly orientated in a ventrodorsal direction and tilted cranially. The white arrow indicates the direction of the needle using an in-plane technique. Ca, caudal; Cr, cranial; D, dorsal; V, ventral.

abdominis muscles, the QL and psoas minor muscle, the thoracolumbar fascia, erector spinae, vertebral body of L1 and the caudoventral aspect of the transverse process of L1 (Fig. 2). A 22 gauge, 63 mm spinal needle (BD Spinal Needle; BD Medical, NJ, USA) was inserted in a ventrolateral-to-mediiodorsal direction with an in-plane technique. The needle was advanced through the external abdominal oblique, internal abdominal oblique and QL muscles until the tip was positioned within the plane between the QL muscle, the vertebral body and the ventral aspect of the transverse process of L1 where it inserts on to the vertebral body (Figs 2 & 3). The tip of the needle was then advanced until it contacted the vertebral body. All of the CT images were evaluated with soft tissue algorithm and bone algorithm. After confirming the needle position was correct, a volume of 0.5 mL kg^{-1} of sodium chloride 0.9% (Sodium chloride solution for infusion 0.9%; B. Braun, Germany) was injected to verify the distribution of the solution

at the injection site and the formation of a pocket of fluid on the dorsal aspect of the QL muscle. This procedure was repeated on the contralateral side. The QL injections were performed with the canine cadaver in lateral recumbency.

Evaluation of methylene blue spread

In the second phase, 10 canine cadavers weighing $9.4 \pm 3.0 \text{ kg}$ (mean $\pm$ standard deviation) were injected with 0.3 mL kg^{-1} (LV) and 0.5 mL kg^{-1} (HV) of methylene blue (Methylthionium chloride injection 1% w/v; Martindale Pharma, UK) in the D-QL plane. All D-QL injections were performed at the level of L1 using the same technique as described, and the staining of nervous structures involved in abdominal somatic and visceral sensitivity was evaluated. The different injections were performed without randomization. In each dog, HV was injected as the first treatment on the right hemiabdomen and anatomical dissection of the spinal nerves and branches on that side was immediately performed.

Dissection was performed starting from a skin incision along the dorsal midline, above the spinal processes of the thoracolumbar vertebrae, with the canine cadavers positioned in sternal recumbency. Dorsal branches of the tenth, eleventh, twelfth and thirteenth thoracic (T10, T11, T12 and T13) and the first, second, third and fourth lumbar (L1, L2, L3 and L4) vertebral spinal nerves were exposed. This was done by separating the longissimus muscle and iliocostalis muscle from the spinous, transverse and articular processes of thoracolumbar vertebrae. The longissimus muscle and iliocostalis muscle were sectioned at T10 and reflected caudally to expose the T10 to L4 transverse processes. The thoracolumbar fascia and transversalis fascia were sectioned exposing the QL and psoas minor muscles as well as the ventral branches of spinal nerves L1 to L4. The eleventh, twelfth and thirteenth ribs were disarticulated from the transverse processes and intercostal muscles (external intercostal and internal intercostal muscles) and retractor costae muscles sectioned at their dorsal aspect. The ventral branches of T11, T12 and T13 were exposed and the spinal nerves from T11 to L4 were identified at their intervertebral foramen. Staining was considered successful when all nerve quadrants were dyed for more than 1 cm of their length. This procedure was repeated on the left side following administration of LV of methylene blue.

To evaluate the spread of dye through the epidural space, a dorsal laminectomy was performed from T11 to L4, and the presence of dura mater staining was recorded. Finally, the thoracic and abdominal cavities were accessed by median sternotomy and ventral midline laparotomy. The viscera were removed, and the ventral thoracolumbar vertebral region was exposed to identify both sympathetic trunks and assess the extent of their staining (Fig. 4).

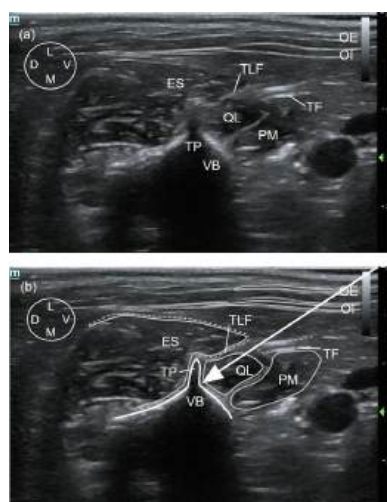


Figure 2 Ultrasound-guided approach to the dorsal aspect of the quadratus lumborum muscle (D-QL) at the level of the first lumbar vertebra (L1) in a dog. (a) Ultrasound image showing the anatomical structures observed during D-QL injection. (b) The same ultrasound image with the edges of the muscular structures (solid grey lines), the fascial structures (dashed lines) and L1 vertebra (solid white line) superimposed to facilitate their identification. The white arrow shows the needle pathway and the needle tip located between the L1 vertebral body, the transverse process and the dorsal aspect of the quadratus lumborum muscle. D, dorsal; ES, erector spinae muscles; L, lateral; M, medial; OE, external abdominal oblique muscle; OL, internal abdominal oblique muscle; PM, psoas minor muscle; QL, quadratus lumborum muscle; TF, transversalis fascia; TLF, thoracolumbar fascia; TP, transverse process of L1; V, ventral; VB, vertebral body of L1.

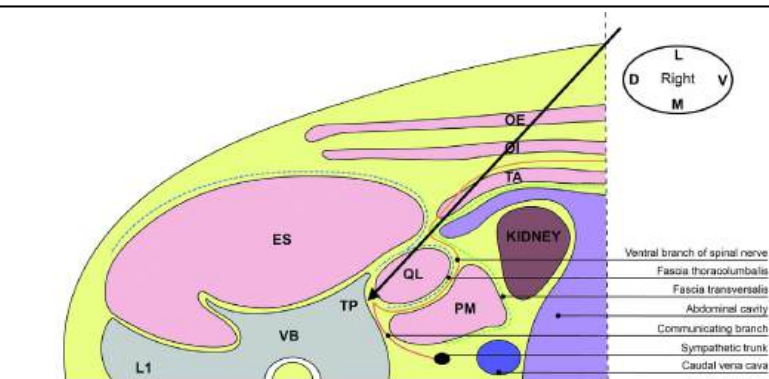


Figure 3 Schematic illustration of a cross section of the right hemiabdomen at the level of the first lumbar vertebra (L1) showing the anatomical structures involved in the dorsal aspect of the quadratus lumborum muscle approach in dogs. The black arrow shows the pathway and final position of the needle tip. D, dorsal; ES, erector spinae muscles; L, lateral; L1, first lumbar vertebra; M, medial; OE, external abdominal oblique muscle; OL, internal abdominal oblique muscle; PM, psoas minor muscle; QL, quadratus lumborum muscle; TA, transversus abdominis muscle; TP, transverse process of L1; V, ventral; VB, vertebral body of L1.

Statistical analysis

The Shapiro-Wilk normality test was used to determine the distribution of data, which are presented as mean $\pm$ standard deviation if normally distributed and as median (range) otherwise. Mann-Whitney *U* test was used to establish the differences between the total number of spinal nerves successfully stained with the two volumes and analyse the multisegmental sympathetic trunk staining by LV and HV.

The level of significance was set at $p < 0.05$. Statistical analyses were performed using IBM SPSS statistics Version 19.0 for Windows (SPSS Inc., IL, USA).

Results

Ultrasound-guided D-QL approach description

A total of four D-QL injections were performed in this phase. The sonographic landmarks of the D-QL were identified in all of the hemiabdomens, the needle was identified ultrasonographically, and the tip was visualized in the target fascial plane before each injection. CT confirmed the correct positioning of the needle tip in all injections as a hyperattenuated structure located between the ventrocaudal aspect of the transverse process of L1, the vertebral body of L1 and the dorsal aspect of QL muscle (Fig. S1). The bone algorithm allowed better visualization of the vertebra and the needle, facilitating the correct positioning of the tip. After the injection of NaCl 0.9%, sonographic visualization of an anechoic pocket of fluid between the vertebral body of L1, the transverse process of L1 and the dorsal aspect of QL muscle was observed in all cases.

Evaluation of methylene blue spread

A total of 20 injections and dissections were performed during this phase. Methylene blue was observed around all of the QL muscle staining the ventral branches of the thoracolumbar spinal nerves at the level of T12-L3 and T12-L4 with LV and HV injections, respectively. Spread of dye was also observed staining the dorsal, medial and ventral aspects of the psoas minor, reaching the sympathetic trunk at the level of T12-L3 with LV and T11-L3 with HV. No abdominal staining was found in any cadaver.

All the data referring to the detection of the methylene blue are shown in Fig. 5. There were no statistical differences in the number of stained ventral branches of the spinal nerves between LV and HV injections, but there were statistical differences in terms of stained sympathetic trunk segments between the two injections.

Methylene blue was visualized close to an intervertebral foramen staining at least one spinal nerve main trunk in 80% of all the injections performed (LV and HV). The HV technique stained the main trunk of T13, L1 and L2 spinal nerves in 20%, 80% and 40% of injections, respectively. The LV technique stained only the main trunk of L1 and L2 spinal nerves in 60% and 30% of injections, respectively.

Following HV injection, the ventral branches of T12, T13, L1, L2, L3 and L4 spinal nerves were stained in 30%, 100%, 100%, 100%, 60% and 30%, respectively. Following LV injection, the same nerves were stained in 10%, 70%, 100%, 90%, 50% and 0%, respectively. The ventral branches of the spinal nerves were stained for a median (range) of 3 (2–5) nerves using LV and 4 (3–5) nerves using HV ($p = 0.09$). The staining of the thoracic ventral branches occurred through the

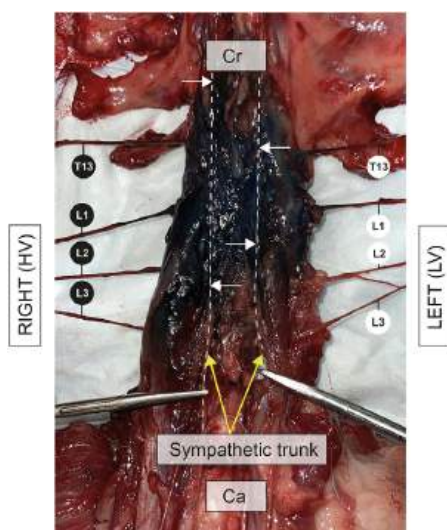


Figure 4 Anatomical dissection of the ventral aspect of the thoracolumbar region. The muscles of the abdominal wall have been removed (transversus abdominis muscle, external abdominal oblique muscle and internal abdominal oblique muscle). Both sympathetic trunks (dashed lines) appear stained (segments between white arrows). Ventral branches of spinal nerves from the thirteenth thoracic (T13) to the first lumbar (L1) nerves (black solid circles) were stained following high volume injection of methylene blue (0.5 mL kg^{-1}) and from T13 to L1 (white circles) following low volume of injection (0.3 mL kg^{-1}). Ca, caudal; Cr, cranial; HV, high volume; L, lumbar; LV, low volume; T, thoracic. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

distribution of dye in the dorsal compartment of the thoracic paravertebral space in all cases.

In 14 out of 20 injections, the dye was observed staining the dorsal branches of the spinal nerves of T13, L1, L2 and L3 in 10%, 60%, 40%, 0% and 20%, 70%, 60%, 10% using LV and HV, respectively.

In five out of 20 injections, methylene blue was found in the epidural space. With the HV injection, the dye was found staining the epidural space close to L1 and L2 vertebral foramina (Fig. S2) in 30% and 10% of injections, respectively. With LV injection, the L1 epidural space was stained in 20% of the injections.

In the HV group, the sympathetic trunk was stained in its T11, T12, T13, L1, L2 and L3 segments in 40%, 80%, 100%, 100%, 100% and 60%, respectively. In the LV group, these segments were stained in 0%, 20%, 80%, 100%, 100% and 30%, respectively. Multisegmental spread of the sympathetic trunk was found on 5 (3–6) and 3 (3–4) vertebral spinal levels following HV and LV injections, respectively ($p = 0.005$).

In all cases in which staining of the thoracic segments of the sympathetic trunk was observed, it was found that the distribution of the dye occurred through the ventral compartment of the thoracic paravertebral space. The staining of the thoracic aspect of the diaphragm was observed in 100% of HV injections and in 80% of LV injections.

Discussion

In this study, we describe the sono-anatomical landmarks of the D-QL approach in canine cadavers. Moreover, the D-QL approach enables administration of injectate in the target plane. The main trunk, ventral and dorsal branches of the spinal nerves, the sympathetic trunk segments and the epidural space between T11 and L4 were stained. Specifically, the D-QL approach enables the staining of the ventral branches of the spinal nerves from T12 to L4 and the sympathetic trunk segments from T11 to L3. However, the results observed in some of these nerve structures were irregular and dependent upon the volume injected.

The ventral branches of the ninth thoracic (T9) to L3 spinal nerves innervate the abdominal wall in dogs (Evans & de Lahunta 1993a). The current study showed a consistent staining of the ventral branches of T13, L1 and L2. Furthermore, a higher number of the ventral branches of the spinal nerves were stained when a HV of injectate was used, suggesting that increasing the injected volume could be more effective in desensitizing the abdominal wall. Although the frequency of staining of the ventral branches of T12 and T13 increased with the HV, the ventral branches arising from T9 to T11 were not stained. This suggests they would not be desensitized with the D-QL approach. We could not explain the presence of methylene blue dorsal to the thoracolumbar fascia and the staining of the main nerve trunk and dorsal branches of the spinal nerves and the epidural space. We propose two possible explanations for this observation: either, the inadvertent perforation of the thoracolumbar fascia by the needle tip, at a point close to the vertebral body at the insertion of the transverse process, or alternatively, methylene blue spread through a hole created by the needle following inadvertent puncture of the thoracolumbar fascia and iliocostalis muscle before it passed through the QL muscle.

The interfascial plane between the QL and psoas minor muscles is not always easily identifiable, as previously described by Garbin et al. (2020a). Thus, the approach to the D-QL could be an alternative when this interfascial plane is difficult to identify.

Compared with other QL approaches using a LV (0.3 mL kg^{-1}) (Garbin et al. 2020a,b), the D-QL approach provided a median number of stained ventral branches equal to the T-QL approach and less with the L-QL approach (three nerves with D-QL and T-QL versus four nerves with L-QL).

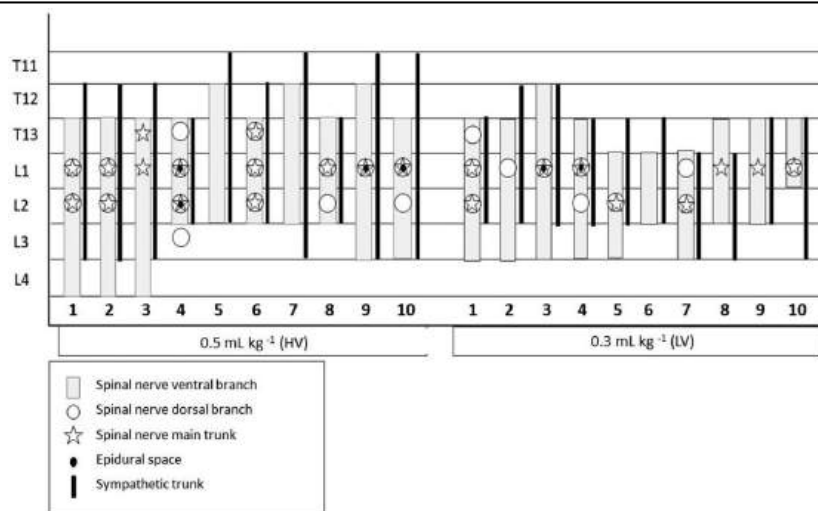


Figure 5 Staining of nerve structures after the injection of 0.5 (HV) and 0.3 (LV) mL kg^{-1} methylene blue in 10 canine cadavers (20 injections). All HV injections were performed in the right hemiabdomen and LV injections in the left hemiabdomen. Each cadaver is represented by its corresponding number from 1 to 10. HV, high volume; L, lumbar; LV, low volume; T, thoracic.

The frequency of staining of the ventral branches of T12 and T13 was similar for the D-QL and the L-QL approaches and superior to the T-QL approach (10% and 70% in T12 and T13 with the D-QL approach; 12.5% and 75% with the L-QL approach; 0% and 20% with the T-QL approach, respectively). The staining frequency for the ventral branch of L3 was less with the D-QL approach compared with the L-QL and T-QL approaches (60% of the injections in D-QL *versus* 100% in T-QL and L-QL). These results suggest that the D-QL and L-QL approaches would increase the cranial spread of dye compared with the T-QL approach, increasing the probability of staining the last thoracic ventral branches. In contrast, the D-QL approach would decrease the caudal spread of the dye. [Garbin et al. \(2020b\)](#) suggested that the administration of an injectate volume greater than 0.3 mL kg^{-1} could produce more consistent staining of the ventral branches of T12 and T13. In our study, we observed that the ratio of staining of these nerve structures was greater using HV (0.5 mL kg^{-1}) compared with LV (0.3 mL kg^{-1}). Nevertheless, the administration of HV did not stain the ventral branches cranial to T12 as suggested by [Garbin et al. \(2020b\)](#).

In dogs, the abdominal viscera are innervated by the major, minor and lumbar splanchnic nerves. These nerves arise from the thoracolumbar sympathetic trunk between T13 and their lumbar vertebral segments ([Evans & de Lahunta 1993b](#)). In this study, the D-QL injection of HV *versus* LV provided wider and more consistent craniocaudal staining of the sympathetic trunk, involving T13, L1 and L2 segments in all cases as a minimum. Thus, the injection of 0.5 mL kg^{-1} anaesthetic

solution via a D-QL approach could be a potential technique to anaesthetize the thoracolumbar sympathetic segments.

In the current study, using a LV of injectate, the staining of sympathetic trunk segments was similar to that reported by [Garbin et al. \(2020a\)](#) with the T-QL approach, while staining was superior to the two segments observed with the L-QL approach ([Garbin et al. 2020b](#)), both using the same volume. Increasing the injectable volume solution when performing the L-QL or T-QL approaches might be more effective in desensitizing more segments involved in the visceral sympathetic innervation of the abdomen as occurs in the D-QL approach.

The efficacy of the different types of QL block for the control of perioperative pain has been demonstrated in several clinical studies in humans ([Elsharkawy et al. 2019](#); [Kim et al. 2020](#)). The posterior approach, corresponding to the D-QL in dogs, is associated with a lower requirement for rescue analgesia and lower pain scores in humans compared with the transverse abdominis plane block ([Blanco et al. 2016](#); [Öksüz et al. 2017](#)).

The posterior approach in humans may provide a more predictable spread of local anaesthetic into the paravertebral space than the L-QL approach ([Blanco et al. 2015](#)). [Dam et al. \(2017\)](#) suggested that the continuation of the transversalis fascia with the endothoracic fascia is a potential pathway for the spread of injected solutions through the thoracic paravertebral space in humans. This pathway could explain the high incidence of staining of the thoracic surface of the diaphragm, which is enveloped by the endothoracic fascia, and the thoracic paravertebral space we observed in this study.

Anatomical differences exist between canine and human species. However, the D-QL approach we describe suggests that paravertebral thoracic distribution of the dye solution with staining of the nerve structures involved in the innervation of the abdomen, is similar to that described in humans (Dam et al. 2017). Portela et al. (2017) described the spread of dye through the ventral compartment of the thoracic paravertebral space and consequent staining of the sympathetic trunk after injection of dye into the thoracic paravertebral space. However, no staining of the spinal nerve ventral branches located in the dorsal compartment of the paravertebral space was observed. The spread of the dye through the dorsal and ventral compartments of the thoracic paravertebral space was not systematically evaluated in our study. However, our results suggest that methylene blue could be distributed through these compartments by staining the thoracic segments of the sympathetic trunk between T11 and T13 and the ventral thoracic branches of T12 and T13 as well.

To avoid an increase in economic costs, spinal needles were used in this study although we recommend the use of more atraumatic needles, such as Tuohy, in live animals to prevent tissue injury. One of the main limitations of this study concerns the use of thawed cadavers, which could alter the spread of the injected solutions compared to their administration in live animals. Moreover, the use of methylene blue as the only dye injected might create confusion when evaluating which nerve structures have been stained by the HV and LV we used. This is mainly those present in the ventral aspect of the thoracolumbar region. In addition, spread of methylene blue may differ from that achieved with anaesthetic solutions owing to changes in the concentration, density and viscosity of the solutions. A potential source of bias and a limitation of the study was the lack of randomization when the different injections were performed. Finally, the fact that a single unblinded operator performed both injections and dissections may have led to bias when the results were evaluated.

Conclusions

This study showed that the ultrasound-guided approach to the D-QL is feasible in canine cadavers and could provide a sufficient spread of injectate to stain the thoracolumbar nerves involved in visceral and somatic abdominal sensitivity. The HV of dye used in this study demonstrated greater nerve staining of the last thoracic nerves (T11, T12 and T13) and the sympathetic trunk. Therefore, 0.5 mL kg⁻¹ of local anaesthetic, diluted if necessary to avoid exceeding its toxic dose, shows potential for clinical application. Clinical trials are needed to evaluate the efficacy of the D-QL block for the provision of abdominal analgesia in dogs.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Acknowledgements

The authors would like to offer our special thanks to Alba Llucia Fornés Argilés for editing the images. The facilities for this study were provided by the Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza and the Hospital Veterinario Anicura Valencia Sur.

Authors' contributions

MA: literature review, study design, anatomical dissections, data collection, interpretation of the results, writing the manuscript. CB and AL: interpretation of the results, study design, review and editing the manuscript. IdB: data curation, statistical analysis, review and editing the manuscript. CMGA: anatomical dissections, manuscript revision.

Conflict of interest statement

The authors declare no conflict of interest.

References

- Ahmed A, Fawzy M, Nasr MAR et al. (2019) Ultrasound-guided quadratus lumborum block for postoperative pain control in patients undergoing unilateral inguinal hernia repair, a comparative study between two approaches. *BMC Anesthesiol* 19, 184.
- Baidya DK, Maitra S, Arora MK, Agarwal A (2015) Quadratus lumborum block: an effective method of perioperative analgesia in children undergoing pyeloplasty. *J Clin Anesth* 27, 694–696.
- Blanco R, Ansari T, Girgis E (2015) Quadratus lumborum block for postoperative pain after caesarean section: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 32, 812–818.
- Blanco R, Ansari T, Riad W, Shetty N (2016) Quadratus lumborum block versus transversus abdominis plane block for postoperative pain after caesarean delivery: a randomized controlled trial [published correction appears in *Reg Anesth Pain Med*. 2018;43:111]. *Reg Anesth Pain Med* 41, 757–762.
- Carline L, McLeod GA, Lamb C (2016) A cadaver study comparing spread of dye and nerve involvement after three different quadratus lumborum blocks. *Br J Anaesth* 117, 387–394.
- Dam M, Moriggl B, Hansen CK et al. (2017) The pathway of injectate spread with the transmuscular quadratus lumborum block: a cadaver study. *Anesth Analg* 125, 303–312.
- Elsharkawy H, El-Boghdady K, Barrington M (2019) Quadratus lumborum block: anatomical concepts, mechanisms, and techniques. *Anesthesiology* 130, 322–335.
- Evans HE, de Lahunta A (1993a) The Muscular System. In: Miller's *Anatomy of the Dog* (4th edn). Carioto L (ed.). Elsevier, USA, pp. 224–228.

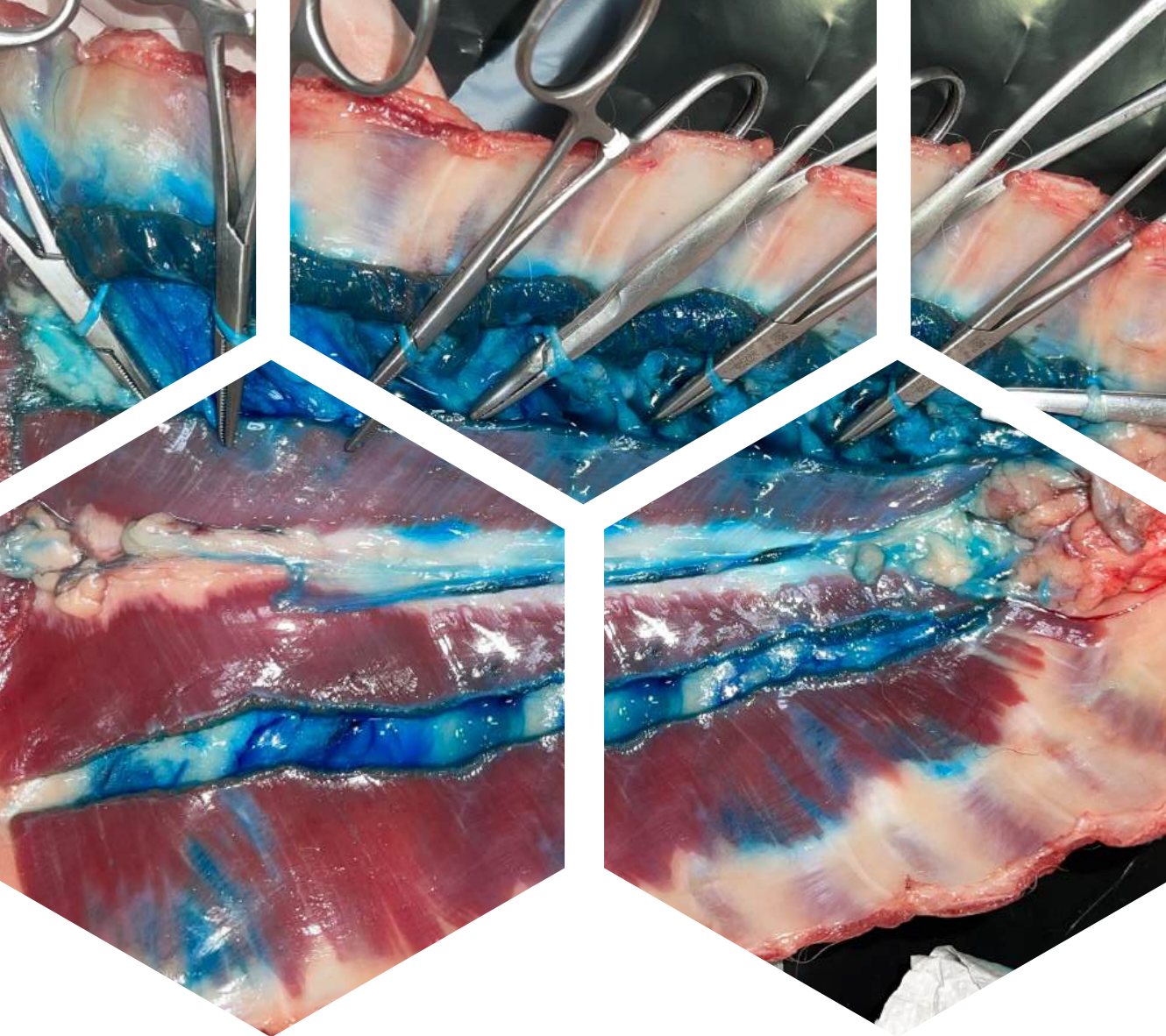
- Evans HE, de Lahunta A (1993b) The Autonomic Nervous System. In: Miller's Anatomy of the Dog (4th edn), Carioto L (ed.), Elsevier, USA. pp. 582–583.
- Garbin M, Portela DA, Bertolizio G et al. (2020a) Description of ultrasound-guided quadratus lumborum block technique and evaluation of injectate spread in canine cadavers. *Vet Anaesth Analg* 47, 249–258.
- Garbin M, Portela DA, Bertolizio G et al. (2020b) A novel ultrasound-guided lateral quadratus lumborum block in dogs: a comparative cadaveric study of two approaches. *Vet Anaesth Analg* 47, 810–818.
- İpek CB, Kara D, Yölmaz S et al. (2019) Comparison of ultrasound-guided transversus abdominis plane block, quadratus lumborum block, and caudal epidural block for perioperative analgesia in pediatric lower abdominal surgery. *Turk J Med Sci* 49, 1395–1402.
- Irwin R, Stanescu S, Buzaianu C et al. (2020) Quadratus lumborum block for analgesia after caesarean section: a randomised controlled trial. *Anaesthesia* 75, 89–95.
- Kim SH, Kim N, Lee B et al. (2020) Effectiveness of quadratus lumborum block for postoperative pain: a systematic review and meta-analysis. *Minerva Anesthesiol* 86, 554–564.
- Öksüz G, Bilal B, Gürkan Y et al. (2017) Quadratus lumborum block versus transversus abdominis plane block in children undergoing low abdominal surgery: a randomized controlled trial. *Reg Anesth Pain Med* 42, 674–679.
- Portela DA, Campoy L, Otero PE et al. (2017) Ultrasound-guided thoracic paravertebral injection in dogs: a cadaveric study. *Vet Anaesth Analg* 44, 636–645.

Received 14 April 2020; accepted 4 September 2021.

Available online xxx

Supporting Information

Supporting information to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2021.09.002>.



A Two-Point Ultrasound-Guided Injection Technique for the Transversus Thoracis Plane Block: A Canine Cadaveric Study.

Alaman M, Bonastre C, González-Marrón A, Gamez E, Laborda A

Animals 12 (2022), 2165.

Article

A Two-Point Ultrasound-Guided Injection Technique for the Transversus Thoracis Plane Block: A Canine Cadaveric Study

Manuel Alaman ^{1,2}, Cristina Bonastre ^{1,3,*} , Adrián González-Marrón ⁴ , Ekaterina Gámez Maidanskaia ⁵ and Alicia Laborda ¹

¹ Department of Animal Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zaragoza, C/Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, Spain

² Hospital Veterinario Anicura Valencia Sur, Avda. Picassent, 28, 46460 Silla, Spain

³ Instituto Universitario de Investigación Mixto Agroalimentario de Aragón (IA2), University of Zaragoza, C/Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, Spain

⁴ Group of Evaluation of Health Determinants and Health Policies, Department of Basic Sciences, Universitat Internacional de Catalunya, 08159 Barcelona, Spain

⁵ Anaesthesiology and Pain Therapy Division, Department of Clinical Veterinary Medicine, Vetsuisse Faculty, University of Bern, 3012 Bern, Switzerland

* Correspondence: cbonastr@unizar.es



Citation: Alaman, M.; Bonastre, C.; González-Marrón, A.; Maidanskaia, E.G.; Laborda, A. A Two-Point Ultrasound-Guided Injection Technique for the Transversus Thoracis Plane Block: A Canine Cadaveric Study. *Animals* **2022**, *12*, 2165. <https://doi.org/10.3390/ani12172165>

Academic Editor: Gabrielle C. Musk

Received: 10 July 2022

Accepted: 19 August 2022

Published: 24 August 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Simple Summary: The transversus thoracis plane block is a locoregional technique recently described in canine cadavers to desensitize the intercostal nerves running through this plane. In canine cadavers, a transverse approach through a single injection point at the fifth intercostal space has been described, although consistent staining of the intercostal nerves was not completely achieved. The objective of this study was twofold: (1) to evaluate if the transverse approach is feasible at the third and sixth intercostal spaces and (2) to compare, by anatomical dissection, the spread of a dye solution and the staining of the intercostal nerves when a low volume (0.5 mL kg^{−1}) or a high volume (1 mL kg^{−1}) was equally divided at a two-point injection in the same hemithorax. Our results showed that the injection of the high-volume dye solution, equally injected at the third and sixth intercostal spaces using the transverse approach, achieved a consistent staining of from T2 to T7 intercostal nerves. This block could achieve adequate desensitization of the ventral chest wall during sternotomy in the dog. Clinical studies in live animals are necessary to confirm the efficacy of this technique.

Abstract: The transversus thoracis plane (TTP) block desensitizes the intercostal nerves that run through this plane, providing analgesia to the ventral thoracic wall. Two canine cadavers were used to assess the feasibility of the transverse approach for the TTP (t-TTP) under ultrasound guidance to inject a solution at the third and sixth intercostal spaces. Eight cadavers were used to compare the spread and number of intercostal nerves that were stained when a low volume (LV) 0.5 mL kg^{−1} or a high volume (HV) 1 mL kg^{−1} of a dye-lidocaine solution was injected into the same hemithorax, injecting the volume equally at these intercostal spaces using the transverse approach. Fisher's exact test and Wilcoxon signed-rank test were used to contrast the spread of the different volume solutions. The injectate spread along the TTP after all injections, dyeing a median number (range) of 3 (2–5) and 6 (5–6) nerves with LV and HV, respectively ($p = 0.011$). The two-point injection of HV, using the t-TTP approach, is a feasible technique that provides a consistent staining from T2 to T7 intercostal nerves. The injection of HV instead of LV increases the spread and enhances the number of stained intercostal nerves.

Keywords: dog; intercostal nerve; mastectomy; parasternal block; regional anaesthesia; sternotomy

1. Introduction

Several anaesthetic blocks have been described to provide analgesia for the ventral thoracic wall in human medicine [1]. These techniques could control the nociceptive

stimulus related to thoracic surgery and reduce the perioperative opioid consumption and its side effects [2,3]. The use of opioids has been associated with decreased pulmonary functional residual capacity, respiratory depression and hypoxaemia [4]. Thus, the use of locoregional anaesthetic techniques could be recommended in thoracic surgery as a part of a balanced anaesthetic approach [5].

In veterinary medicine, thoracic epidural [6], thoracic paravertebral block [7–11], erector spinae plane block [12–14], intercostal blocks [6,15], transversus thoracis plane (TTP) block [16,17] and pecto-intercostal block [18] could be useful, providing analgesia to the ventral chest wall.

The TTP block is performed under ultrasound guidance injecting the anaesthetic solution in the fascial plane between the transversus thoracis (TT) and the internal intercostal muscles. In human medicine, this anaesthetic block desensitizes the anterior portion of the intercostal nerves, which innervate the thoracic ventral midline skin, sternum and pleura [19,20]. The analgesia provided by the TTP block has been effective in humans undergoing pericardiocentesis [21], median sternotomies [21–24] or breast surgery [25,26] or to alleviate chronic pain related to sternal injuries [27,28]. Bilateral catheter placement has been reported for continuous TTP block in a human patient undergoing median sternotomy [29].

In dogs, sagittal [16] and transverse (t-TTP) [17] approaches for TTP block have recently been described in cadaveric studies. Although both approaches have only been reported in canine cadavers, they could enable the distal injection of an anaesthetic solution into the TTP in live dogs and block from the second to seventh intercostal nerves (T2–T7), which run through the TTP and innervate the sternum and adjacent tissues. In a previous study, the authors reported the spread of a methylene blue and lidocaine solution through the TTP and the dying of the intercostal nerves that run along this plane when it was injected into the TTP through a single injection point at the fifth intercostal space [17]. Although they observed that the spread and number of stained nerves were greater when a larger volume was administered, the higher volume (1 mL kg^{-1}) did not achieve the staining of all intercostal nerves running along the TTP.

Thus, the objectives of this study were: (1) to assess if the ultrasound-guided t-TTP approach can recognise the TTP at the third and sixth intercostal spaces and to inject a solution into this plane; (2) to compare the spread of a low-volume 0.5 mL kg^{-1} (LV) and a high-volume 1 mL kg^{-1} (HV) methylene blue and lidocaine solution when each was injected using the t-TTP approach at the same hemithorax and equally divided in two injections at the third and sixth intercostal spaces.

We hypothesized that: (1) the transversus approach to the TTP can ultrasonographically recognise the TTP at the third and sixth intercostal spaces and inject a solution into this plane. (2) A methylene blue and lidocaine solution injected in the TTP, using a t-TTP approach at the third and sixth intercostal spaces, will stain the intercostal nerves that run through the TTP; more intercostal nerves will be stained when injecting HV solution versus LV.

2. Materials and Methods

2.1. Study Design

This study received the approval of the Animal Ethics Experimentation Committee of the University of Zaragoza (PI43/22). A total of 10 canine cadavers were included in the project. Exclusion criteria included the presence of congenital sternal malformations and/or penetrating abdominal or thoracic injuries. All dogs were euthanized for reasons unrelated to the study and immediately frozen in individual black bags. Cadavers were thawed at room temperature 72 h before the study.

The study was divided into two phases. In the first phase, two cadavers were used to assess if the t-TTP approach could recognise the TTP at the third and sixth intercostal spaces and inject a solution into this plane. In the second phase, a total of 8 cadavers were used to evaluate the spread of a methylene blue and lidocaine solution and the staining of the intercostal nerves when LV or HV of this solution was injected into the same hemithorax, dividing the injected volume equally between the third and sixth intercostal spaces. In

the second phase, the decision to include 8 canine cadavers was based on the sample size used in similar cadaver studies. The anatomical evaluation and all the injections were performed ultrasound-guided using a linear ultrasound transducer (14–6 MHz, L14-6Ns, Mindray Bio-Medical Electronics Co., Shenzhen, China) and a portable ultrasound machine (Mindray M9 Vet, Mindray Bio-Medical Electronics Co., Shenzhen, China). This phase was performed by the same experienced researcher (MA).

2.2. Phase I: Two-Point T-TTP Injection

Among the available dogs, two were randomly selected and their thoracolumbar region was clipped. Each cadaver was positioned in dorsal recumbence with cranially oriented forelimbs. A dissection was carried out in only one hemithorax of each of the two cadavers. After removing the skin, the pectoralis superficialis and pectoralis profunda muscles were separated from the sternum and laterally reclined. The rectus abdominis muscle, which was sectioned between the first costal cartilage and caudal to the xiphoid process, as well as the rectus thoracis muscle, were reclined. The external and internal intercostal muscles present between the third and fourth and the sixth and seventh costal cartilages were separated from the sternum and their caudal costal cartilage insertion and cranially reclined to visualize the TTP. The internal intercostal membrane, the path of the intercostal nerves, the internal thoracic artery and vein and the TT muscle, were identified in both intercostal spaces. Subsequently, the TT muscle was separated from the endothoracic fascia and costal pleura. After that, the other hemithorax was ultrasonographically evaluated along the regions between the third and fourth and the sixth and seventh costal cartilages. The transducer was positioned on the third and the sixth intercostal spaces in a parasternal position, parallel to the longitudinal axis of the costal cartilages and slightly lateral to the sternebra, as the authors described in a previous study of the t-TTP approach [17]. The sonoanatomy of both regions was correlated with the gross anatomical findings observed during dissections to recognize the references to perform the ultrasound-guided t-TTP. Gross and ultrasonographic anatomical differences between the third and sixth intercostal spaces were recorded. Once the investigators became familiar with the sonoanatomy, 0.1 mL of methylene blue (Methylthionium Chloride Injection 1% w/v; Martindale Pharma, Brentwood, UK) was injected using the t-TTP at the third and sixth intercostal spaces, laterally to the internal thoracic artery and vein, using a 63 mm × 22 G spinal needle (BD Spinal Needle; BD Medical, Franklin Lakes, NJ, USA). Finally, the dissection procedure was repeated to confirm the spread of the dye into the TTP.

2.3. Phase II: Evaluation of the Injectable Solution Spread

The injectable solution consisted of a mixture of 200 mL lidocaine (lidocaine 2%, B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Germany) and 0.2 mL of methylene blue. For the HV and LV injections, the total volume was equally divided into two syringes, with 0.5 mL kg^{−1} and 0.25 mL kg^{−1} of the injectable solution for each of the eight cadavers, respectively. The HV injections were performed into the TTP at the same hemithorax at the third and sixth intercostal spaces. The LV injections were performed at the contralateral hemithorax using the same procedure. Cadavers were randomized (Microsoft Excel for Windows Version 2013, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) as to which hemithorax, right or left, and which volume of the solution, LV or HV, was injected. After all injections were performed in the same cadaver, the spread of the injectate and the staining of the intercostal nerves were evaluated by anatomical dissection. The injections and dissections of the cadavers were performed by different researchers (MA and CB, respectively), with second investigator blinded to the volume of solution injected at each hemithorax.

2.3.1. Ultrasound-Guided T-TTP Injection

Each cadaver was placed in dorsal recumbency with forelimbs cranially oriented and its thoracolumbar region clipped. The linear ultrasound transducer was placed in a parasternal position at the third intercostal space, slightly lateral to the sternum and parallel

to the longitudinal axis of the adjacent costal cartilages with a medially oriented marker (Figure 1). The following thoracic structures were identified: pectoralis profunda, rectus abdominis and external and internal intercostal muscles, internal intercostal membrane, third sternebra, internal thoracic artery and vein, transversus thoracis muscle and costal pleura (Figure 2).

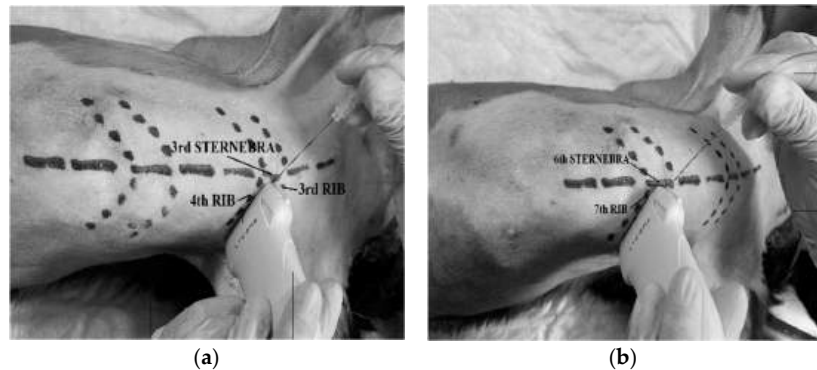


Figure 1. Two-point injection technique for the transverse approach to the transversus thoracis plane under ultrasound guidance. (a) The probe was placed parasternal and parallel to the third and fourth ribs, and the marker medially situated and guided from a caudo-lateral to cranio-medial orientation. The spinal needle was inserted from a ventro-medial to dorso-lateral direction using an “in-plane” technique. (b), Transducer positioned in the same orientation between the sixth and seventh ribs.

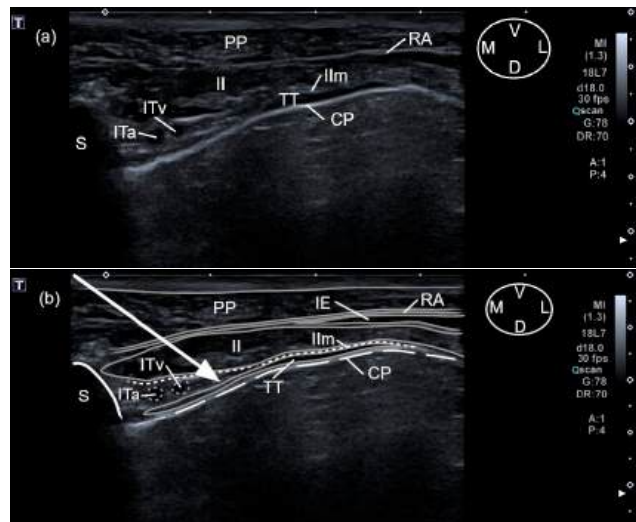


Figure 2. (a) Anatomical structures visualized during the two-point ultrasound-guided injection technique for the transverse approach to the transversus thoracis plane at the third intercostal space in a canine cadaver. (b) The same visualization of the anatomical structures with the edges of the muscles highlighted to improve the identification (solid grey lines), the internal intercostal membrane (short dashed white lines), third sternebra (solid white line), vascular structures (short dashed grey lines) and costal pleura (long dashed lines). The arrow shows the pathway followed by the needle before reaching the transversus thoracis plane. CP, costal pleura; D, dorsal; IE, external intercostal muscle; IL, internal intercostal muscle; IIm, internal intercostal membrane; ITa, internal thoracic artery; ITv, internal thoracic vein; L, lateral; M, medial; PP, pectoralis profunda muscle; RA, rectus abdominis muscle; S, Sternum; TT, transversus thoracis muscle; V, ventral.

A 63 mm $\times$ 22 G spinal needle (BD Spinal Needle; BD Medical, Franklin Lakes, NJ, USA), was inserted in a ventro-medial-to-dorso-lateral direction using an in-plane technique. The needle was advanced through the pectoralis profunda, rectus abdominis, intercostal muscles and internal intercostal membrane until the tip was positioned in the TTP. The target plane was recognized between the transversus thoracis muscle and the internal intercostal membrane and muscle, lateral to the internal thoracic artery and vein (Figure 2). The correct positioning of the needle tip was confirmed by injecting 0.5 mL of saline and visualising the formation of a pocket of fluid into the TTP. If the injectate did not reach the target plane, the needle tip was redirected. Then, one of the HV or LV syringes (with 0.5 mL kg⁻¹ for the HV treatment and 0.25 mL kg⁻¹ for the LV) was injected at the third intercostal space, based on randomization assignments. The procedure was repeated at the sixth intercostal space of the same hemithorax injecting the same volume (Figure 3). On the contralateral hemithorax, the procedure was performed in the same way but injecting the other study volume. After all injections, the quality of needle tip ultrasound visualization was scored as absent, poor or good (Appendix A Table A1).

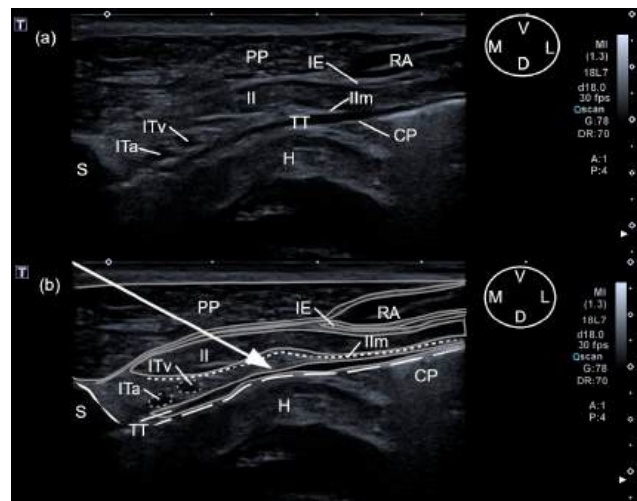


Figure 3. (a) Anatomical structures visualized during the two-point ultrasound-guided injection technique for the transverse approach to the transversus thoracis plane at the sixth intercostal space in a canine cadaver. (b) The same visualization of the anatomical structures with the edges of the muscles highlighted to improve the identification (solid grey lines), the internal intercostal membrane (short, dashed white lines), sixth sternebra (solid white line), vascular structures (short dashed grey lines) and costal pleura (long dashed lines). The arrow shows the pathway followed by the needle until reaching the transversus thoracis plane. CP, costal pleura; D, dorsal; H, heart; IE, external intercostal muscle; II, internal intercostal muscle; IIm, internal intercostal membrane; ITa, internal thoracic artery; ITv, internal thoracic vein; L, lateral; M, medial; PP, pectoralis profunda muscle; RA, rectus abdominis muscle; S, Sternum; TT, transversus thoracis muscle; V, ventral.

2.3.2. Anatomical Dissection

The dissection of both hemithorax began with an incision along the ventral midline skin. The pectoralis superficialis and pectoralis profunda muscles were separated from their sternal attachments and laterally reclined. Rectus thoracis and rectus abdominis muscles were sectioned at the first costal cartilage and caudally to the xiphoid process and reclined dorsally. Then, the thoracic wall was bilaterally and longitudinally sectioned to its sagittal midline. The cervical and abdominal muscles that attach to the ventral chest wall, the diaphragm, the ventral mediastinum, and the internal thoracic arteries and veins were sectioned before they go through the TTP. The ventral chest wall was removed to expose its inner aspects. Costal pleura and TT muscles were bilaterally sectioned along the

longitudinal axis of the TT muscle, exposing the TTP and T2 to T7 intercostal nerves. The nerves with all their quadrants dyed more than 1 centimetre in length were considered to be stained.

Five different locations were evaluated to record the spread pattern of the injectable solution: (1) the plane between the rectus abdominis muscle and the intercostal muscles; (2) the transversus thoracis plane (3) the plane between the TT muscle, the endothoracic fascia and the costal pleura; (4) the mediastinum; (5) the intrapleural space. TTP was divided in segments, taking each intercostal space as a reference. Segments were considered dyed when staining was observed along their longitudinal axis.

2.4. Statistical Analysis

IBM SPSS statistics version 19.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used to perform statistical analysis. The quantitative variables were described with median and range and qualitative variables with absolute frequency and percentage. The spread of the injectable solution along the five locations described above and the staining of the intercostal nerves were compared based on the volume that was injected (HV and LV). Wilcoxon signed-rank tests were used to compare the mean ranks of TTP intercostal segments and intercostal nerves stained with HV and LV methylene blue and lidocaine solution. The proportions of intercostal nerves and TTP segments stained according to the volume injected were evaluated using the Fisher's exact test. The significance level was set at $p < 0.05$.

3. Results

Two cadavers, weighing 8.2 and 20.3 kg, were used in phase I, and eight dogs, with a mean weight of 8.4 kg ($SD \pm 7.1$), were used in phase II.

3.1. Phase I: Two-Point T-TTP Injection

The sternbrae corresponding to the third and sixth intercostal spaces were visualized as a triangular structure with a hyperechoic surface and an acoustic shadow underneath. In both intercostal spaces, the pectoralis profunda muscle was visualized as a thick hypoechoic structure located lateral and ventral to the sternum. The rectus abdominis muscle, located between the pectoralis profunda muscle and the intercostal muscles, was observed as a hypoechoic structure, with a thin parasternal hyperechoic line at the level of the sixth intercostal space, and only as a thin hyperechoic line at the third space. In both spaces, the external intercostal muscle was observed as a hypoechoic structure covering the lateral portion of the internal intercostal muscle, except for its most proximal aspect to the sternum. The internal intercostal muscle appeared as a hypoechoic structure, extending in both spaces to the lateral aspect of the corresponding sternbra. The internal intercostal membrane was observed in both spaces as a hyperechoic line that was intimately related to the dorsal aspect of the internal intercostal muscles. The TT muscle, observed as a hypoechoic structure, was located dorsal to the intercostal muscles and ventral to the costal pleura, which was identified as a thin hyperechoic line. At the sixth intercostal space, the TT muscle extended slightly more laterally than at the third space. At both intercostal spaces, the TTP was visualised as a virtual space, delimited by the internal intercostal membrane and the TT. TTP contained a variable amount of fat and also the internal thoracic artery and vein, both visualized as two rounded anechoic structures next to the sternum.

The anatomical landmarks delimiting the TTP could be recognised at the third and sixth intercostal space of the two cadavers used during this phase (Figures 2 and 3). During anatomical dissections, the presence of dye in the TTP was confirmed after all injections.

3.2. Phase II: Evaluation of the Injectable Solution Spread

3.2.1. Ultrasound-Guided T-TTP Injection

The TTP ultrasound landmarks could be recognized during all injections. At the third intercostal space, the visualization of the needle tip into the TTP was scored as good in 12

out of 16 injections and poor in 4 out of 16 injections. At the sixth intercostal space, the needle tip visualization was scored as excellent in 12 out of 16 injections, regular in 3 out of 16 and poor in 1 out of 16. In all injections, the visualization of a pocket of fluid delimited by the TT muscle and the internal intercostal membrane was evident.

3.2.2. Evaluation of Methylene Blue and Lidocaine Solution Spread

A median (range) of 3 (2–5) intercostal nerves using LV and 6 (5–6) nerves using HV were stained ($p = 0.011$). In all cadavers, HV injection succeeded in staining more intercostal nerves than LV.

The methylene blue and lidocaine solution was observed along the longitudinal axis of the TTP (Figure 4) staining 4 (3–5) and 6 (5–6) (median (range)) intercostal segments after LV and HV injections, respectively ($p = 0.016$). Moreover, HV and LV injections resulted in staining of the plane between the TT muscle, endothoracic fascia and costal pleura. The presence of injectable solution in the ventral mediastinum was observed in all cadavers. Intrapleural staining was recorded in 1 out of 8 cadavers. In this case, the intrapleural injection was ultrasonographically detected during the execution of the t-TTP approach and the needle tip was repositioned into the TTP.

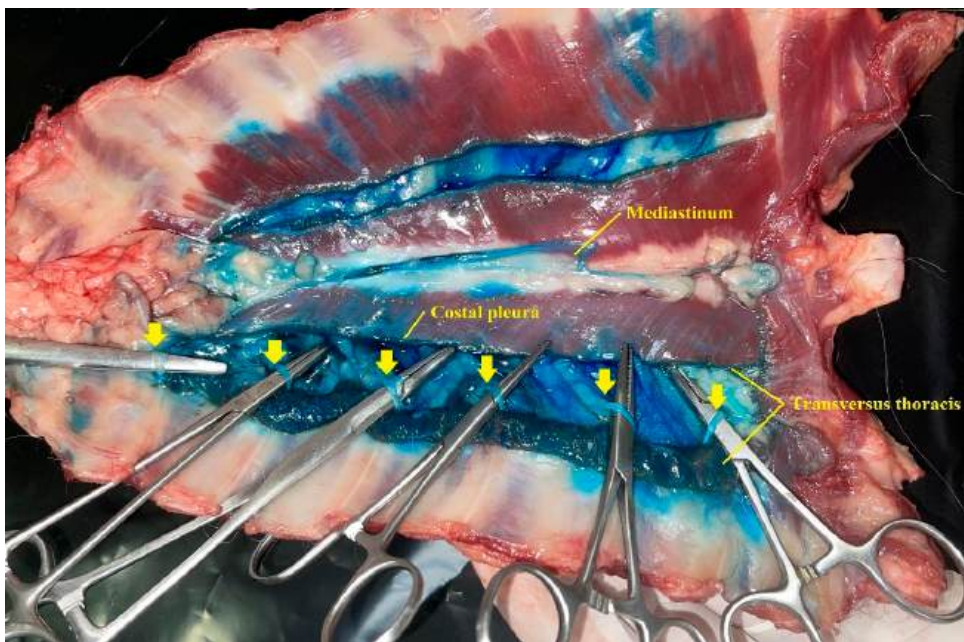


Figure 4. Image of the transversus thoracis plane after performing the blockade and the anatomical dissection. Costal pleura and TT muscle were sectioned along the longitudinal axis of the TT muscle, exposing the TTP and T2 to T7 intercostal nerves (arrows). The methylene blue and lidocaine solution was found in the TTP staining the intercostal nerves and the ventral mediastinum. TT, transversus thoracis; TTP, transversus thoracis plane.

All the data referring to the detection of the methylene blue-lidocaine solution are shown in Figure 5 and Tables 1 and 2.

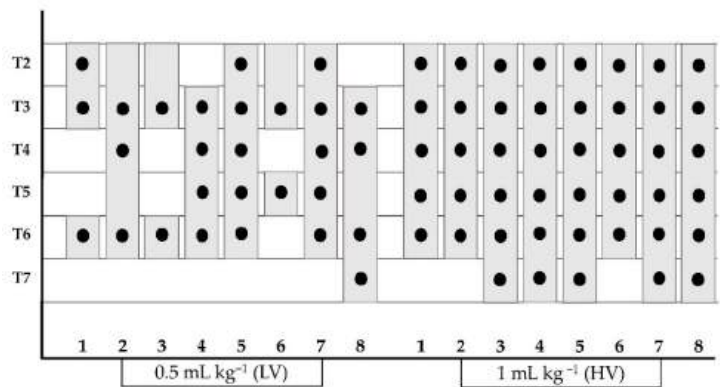


Figure 5. The figure shows the intercostal nerves stained between T2–T7 (black points) and the spread of the injectate along the intercostal TTP segments (grey columns) after the injection of a low volume (0.5 mL kg^{-1}) and a high volume (1 mL kg^{-1}) of the methylene blue and lidocaine solution in eight canine cadavers (a total of sixteen two-point injections). The numbers from 1 to 8 represent the different individuals in the study. HV, high volume; LV, low volume.

Table 1. The table shows the number and percentage of intercostal nerves between T2–T7 stained after performing the two-point technique for the transverse approach to the transversus thoracis plane with both volumes.

Intercostal Nerves	LV	HV	<i>p</i> -Value *
T2	3 (37.5%)	8 (100%)	0.026
T3	8 (100%)	8 (100%)	NA
T4	5 (62.5%)	8 (100%)	0.200
T5	4 (50%)	8 (100%)	0.077
T6	7 (87.5%)	8 (100%)	1
T7	1 (12.5%)	5 (62.5%)	0.119

* Fisher’s exact test. LV, low volume (0.5 mL kg^{-1}); HV, high volume (1 mL kg^{-1}).

Table 2. The table shows the number and percentage of transversus thoracis plane intercostal segments between T2–T7 stained after performing the two-point technique for the transverse approach to the transversus thoracis plane with both volumes.

Region	LV	HV	<i>p</i> -Value *
TTP (2)	6 (75%)	8 (100%)	0.467
TTP (3)	8 (100%)	8 (100%)	NA
TTP (4)	5 (62.5%)	8 (100%)	0.200
TTP (5)	5 (62.5%)	8 (100%)	0.200
TTP (6)	7 (87.5%)	8 (100%)	1
TTP (7)	1 (12.5%)	5 (62.5%)	0.119

* Fisher’s exact test. HV, high volume (1 mL kg^{-1}); LV, low volume (0.5 mL kg^{-1}). NA, not applicable; TTP, transversus thoracis plane.

4. Discussion

The present study demonstrates that the TTP is an identifiable plane at the third and sixth intercostal spaces, following the sonoanatomical landmarks described by the authors for the t-TTP approach [17]. Furthermore, this two-point approach performed at the third and sixth intercostal spaces enables the injection of a methylene blue and lidocaine solution in the TTP. The ultrasound guidance for t-TTP approach allows for a complete visualisation of the needle and the injectate in real time at both intercostal spaces, improving the accuracy and safety of the technique.

As other studies have reported [16,17], the injection of an anaesthetic-dye solution into the TTP resulted in its cranio-caudal and latero-medial spread along the extension of TTP and the dying of T2 to T7 intercostal nerves. Moreover, in the present study, a significantly higher rate of staining of intercostal TTP segments and intercostal nerves was obtained when HV was injected compared to LV. These results, together with those reported by other studies [16,17], suggest that increasing the injected volume of an anaesthetic-dye TTP solution would produce a more extensive spread of the solution, increasing the probability of desensitizing a higher number of intercostal nerves and providing a more effective analgesia for the ventral chest wall.

The injectable solution composition and the LV and HV injected into each hemithorax were the same as those used in a previous study carried out by the authors [17]. In the current study, these volumes were distributed in two injection points at the third and sixth intercostal spaces of the same hemithorax, whereas, in the previous study, the total volume was injected by a single-point injection at the fifth intercostal space. This single-point injection technique resulted in 3 (2–4) and 4 (3–5) (median (range)) stained intercostal nerves using the LV and HV, respectively, while the two-point injection technique resulted in a median of 3 (range 2–5) for the LV and 6 (range 5–6) for the HV. In addition, the previous study reported a median number of stained TTP intercostal segments of 4 (range 3–5) and 5 (range 4–6) for LV and HV, respectively, while the present study reports a median of 4 (range 3–5) for the LV injection, and 6 (range 5–6) for the HV. The results obtained after the HV two-point injection suggest that this technique would achieve a wider spread of the solution along the TTP and dye more intercostal nerves than the single-point injection technique. However, the spread and the number of stained nerves were similar for both techniques when LV was injected. The authors hypothesise that the injection of small volumes in the LV group (0.25 mL kg^{-1} at each point) could result in incomplete staining of several TTP intercostal segments, which, therefore, would not have been recorded. This incomplete distribution could decrease the probability of staining the intercostal nerves.

In dogs, the distal part of the intercostal nerves from T2 to T7 are involved in the innervation of the ventral chest wall, including the ventral midline skin, the medial aspect of the thoracic mammary tissue, the sternum, the TT, the internal intercostal and rectus abdominis muscles, and the costal pleura [30]. The results of the current study suggest that a two-point injection technique could be effective to desensitize from T2 to T7 intercostal nerves when a HV anaesthetic solution is injected, providing analgesia to the ventral chest wall. Furthermore, this technique would provide a wider and more consistent anaesthetic block than the single-point injection technique when a high volume is administered. However, the injection of 1 mL kg^{-1} local anaesthetic solution could suppose an important clinical limitation, as the therapeutic range of the anaesthetics used could be exceeded or its excessive dilution could be required, with a consequent loss of efficacy. Further cadaveric and clinical studies would be necessary to assess the efficacy of using lower injectable volumes.

In humans, a low rate of complications related to the use of this technique has been reported. [31]. During the present study, staining of the intrapleural space was observed in one cadaver. Although the solution could be injected sonographically and the needle repositioned, errors in the execution of the technique could result in inadvertent cardiac or pulmonary punctures; therefore, attention should always be focused on the path of the needle tip. Although the puncture of the internal thoracic vessels was not noted in any cadaver, the use of colour Doppler in live dogs could improve their identification and reduce the risk of puncture.

In all cases, the dye solution was found in the TTP staining the costal pleura, the TT muscle and ventral mediastinum. As suggested in other studies [17,32], the injectate could reach the mediastinum through the endothoracic fascia, which separates the costal pleura and the TT muscle and enters the ventral mediastinum through the costomediastinal recess.

Multiple blinded or ultrasound-guided intercostal nerve blocks were commonly used to provide analgesia to patients undergoing median sternotomy [9,15]. Our results and

those reported in similar studies [16,17] suggest that the TTP block would reduce the number of injection sites needed to desensitize these nerves. Furthermore, Zublena et al. (2021) suggested that the TTP block would produce less ventilatory involvement than that produced by multiple intercostal blocks, considering that the muscles desensitized by the TTP are not as essential in ventilation as intercostal muscles.

One of the main limitations of this study concerns the use of thawed cadavers, which could produce differences in the spread of the injectable solution compared with alive dogs [33]. Furthermore, the spread of the injectate may be influenced by the movement of the thoracic cage during ventilation, blood flow and lymphatic drainage. Ventilatory movements may also impair the execution of the technique. The ultrasound appearance of the muscles and fascial layers may be altered in cadavers after freezing and thawing, so the appearance of TTP sonoanatomical landmarks may be different in alive animals. The use of methylene blue as the only injected dye may impair the assessment of whether the intrapleural cavity or the ventral mediastinum were stained by the injection of HV or LV. Although the mixture of methylene blue-lidocaine is widely used in other cadaveric studies [34,35], this should be considered another limitation of the study since, the dye's effects on the physical properties and the spread of the lidocaine are still unknown.

5. Conclusions

The ultrasound-guided t-TTP approach at the third and sixth intercostal spaces is a feasible technique, which could be used to inject a solution into the TTP. Considering the results reported in the current study, the injection of 1 mL kg⁻¹ anaesthetic solution, equally injected at the third and sixth intercostal spaces using the t-TTP approach, could produce a consistent block from T2 to T7 intercostal nerves. Despite this, clinical studies are required to assess the efficacy of this high-volume, two-point injection technique to provide analgesia to the ventral chest wall of dogs in vivo, as well as the efficacy of injecting lower volumes to achieve the same purpose.

Author Contributions: Conceptualization, M.A., E.G.M. and C.B.; methodology, M.A., E.G.M. and C.B.; software, A.G.-M.; validation, M.A., A.G.-M., E.G.M., C.B. and A.L.; formal analysis, A.G.-M.; investigation, M.A., A.G.-M., E.G.M., C.B. and A.L.; resources, M.A., E.G.M., C.B. and A.L.; data curation, M.A., C.B. and A.L.; writing—original draft preparation, M.A. and C.B.; writing—review and editing, M.A., A.G.-M., E.G.M., C.B. and A.L.; visualization, M.A. and C.B.; supervision, M.A. and C.B.; project administration, M.A., C.B. and A.L.; funding acquisition, C.B. and A.L. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Animal Ethics Experimentation Committee of the University of Zaragoza (PI12/21NE).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Data supporting the reported results can be sent to anyone interested by contacting the corresponding author.

Acknowledgments: We thank the Hospital Veterinario de la Universidad de Zaragoza and the Hospital Veterinario Anicura Valencia Sur for the support and availability of the facilities. The authors thank Amber Holden for her help with English.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Appendix A

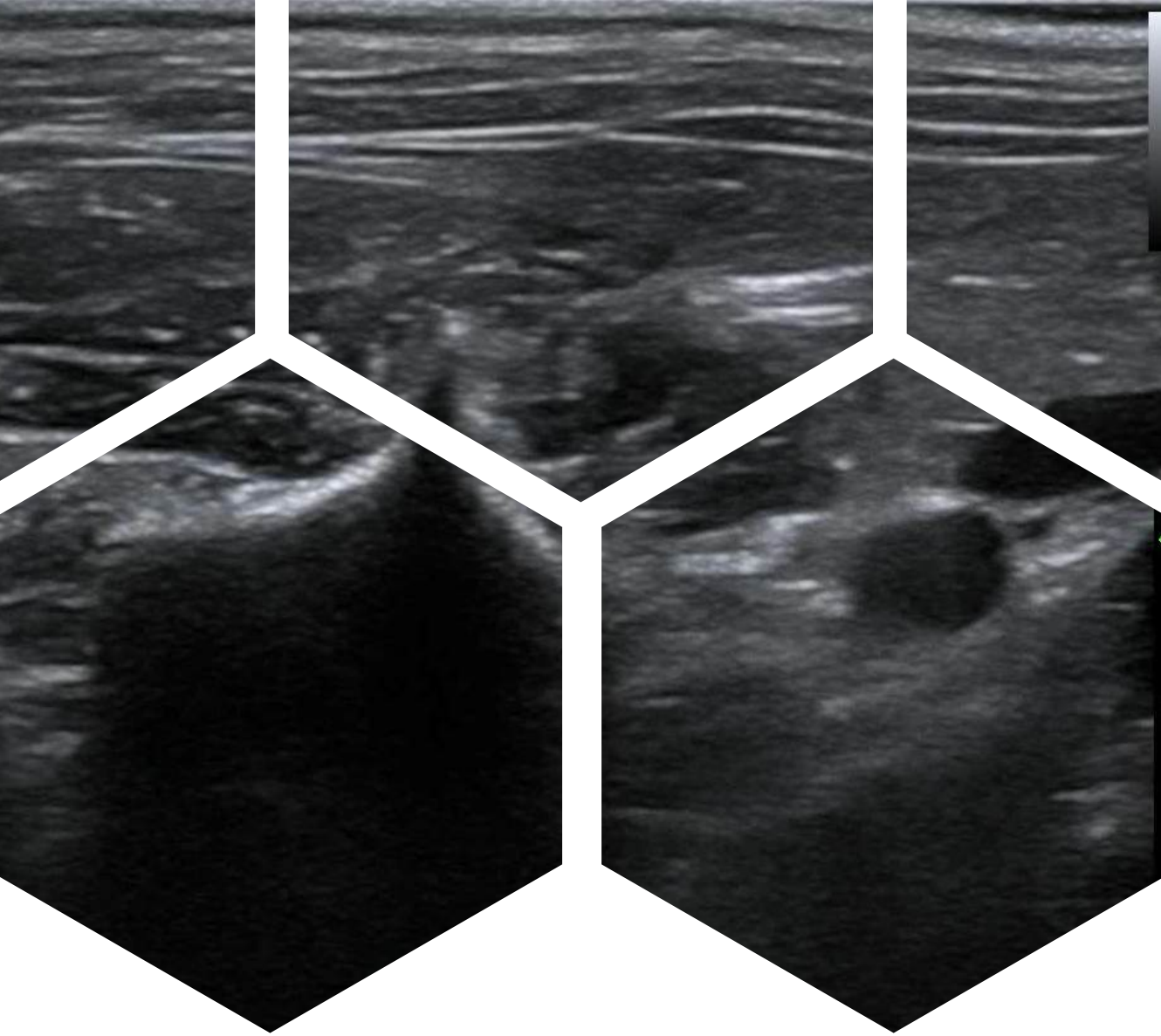
Table A1. Grading ultrasonographic visualization of the needle.

Grade	Description
Good	The shaft and the tip of the needle can be completely visualised
Poor	The needle tip is only visualized after gentle in- and out- movements or jiggling of the needle.
Absent	The needle tip cannot be recognized.

References

- Raj, N. Regional anesthesia for sternotomy and bypass—Beyond the epidural. *Paediatr. Anesth.* **2019**, *29*, 519–529. [\[CrossRef\]](#)
- Mazzeffi, M.; Khelemsky, Y. Poststernotomy pain: A clinical review. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* **2011**, *25*, 1163–1178. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Gregory, A.J.; Grant, M.C.; Manning, M.W.; Cheung, A.T.; Ender, J.; Sander, M.; Zarbock, A.; Stoppe, C.; Meineri, M.; Grocott, H.P.; et al. Enhanced recovery after cardiac surgery (ERAS Cardiac) recommendations: An important first step—But there is much work to be done. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* **2020**, *34*, 39–47. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Dhokarkar, P.; Caywood, D.D.; Stobie, D.; Raffae, M.R.; Albrecht, M.; Kannan, M.; King, V.; Hegstad, B.; Randall, R. Effects of intramuscular or interpleural administration of morphine and interpleural administration of bupivacaine on pulmonary function in dogs that have undergone median sternotomy. *Am. J. Vet. Res.* **1996**, *27*, 375–380.
- Berg, R.J.; Orton, E.C. Pulmonary function in dogs after intercostal thoracotomy: Comparison of morphine, oxymorphone, and selective intercostal nerve block. *Am. J. Vet. Res.* **1986**, *47*, 471–474. [\[PubMed\]](#)
- Pascoe, P.J.; Dyson, D.H. Analgesia after lateral thoracotomy in dogs. Epidural morphine vs. intercostal bupivacaine. *Vet. Surg.* **1993**, *22*, 141–147. [\[CrossRef\]](#)
- Portela, D.A.; Otero, P.E.; Sclocco, M.; Romano, M.; Briganti, A.; Breggi, G. Anatomical and radiological study of the thoracic paravertebral space in dogs: Iohexol distribution pattern and use of the nerve stimulator. *Vet. Anaesth. Analg.* **2012**, *39*, 398–408. [\[CrossRef\]](#)
- Portela, D.A.; Campoy, L.; Otero, P.E.; Martin-Flores, M.; Gleed, R.D. Ultrasound-guided thoracic paravertebral injection in dogs: A cadaveric study. *Vet. Anaesth. Analg.* **2017**, *44*, 636–645. [\[CrossRef\]](#)
- Portela, D.A.; Fuensalida, S.; Viscasillas, J.; Verdier, N.; Otero, P.E. Peripheral nerve blocks of the thorax and abdomen. In *Manual of Small Animal Regional Anesthesia: Illustrated Anatomy for Nerve Stimulation and Ultrasound-Guided Nerve Blocks*, 2nd ed.; Otero, P.E., Portela, D.A., Eds.; Editorial Inter-Médica: Buenos Aires, Argentina, 2019; pp. 219–272.
- Ferreira, T.H.; Teixeira, L.B.; Schroeder, C.A.; de Miguel Garcia, C.; Schroeder, K.M. Description of an ultrasound-guided thoracic paravertebral block technique and the spread of dye in dogs cadavers. *Vet. Anaesth. Analg.* **2018**, *45*, 811–819. [\[CrossRef\]](#)
- Santoro, F.; Debidia, P.; Franci, P. Single-injection caudal thoracic paravertebral block improves pain control and recovery quality in female dogs undergoing unilateral radical mastectomy: A randomized controlled trial. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **2021**, *260*, S53–S58. [\[CrossRef\]](#)
- Ferreira, T.H.; James, M.; Schroeder, C.A.; Hersberger-Braker, K.L.; Teixeira, L.B.; Schroeder, K.M. Description of an ultrasound-guided erector spinae plane block and the spread of dye in dogs cadavers. *Vet. Anaesth. Analg.* **2019**, *46*, 516–522. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Portela, D.A.; Castro, D.; Romano, M.; Gallastegui, A.; Garcia-Pereira, F.; Otero, P.E. Ultrasound-guided erector spinae plane block in canine cadavers: Relevant anatomy and injectate distribution. *Vet. Anaesth. Analg.* **2020**, *47*, 229–237. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Gómez Fernandez, L.; Huuskonen, V.; Potter, J. The combination of an ultrasound-guided erector spinae plane (ESP) block and epidural morphine as effective intra-operative adjuncts to opioid premedication in six dogs undergoing lateral thoracotomy. *Vet. Rec. Case Rep.* **2021**, *9*, e152. [\[CrossRef\]](#)
- Thomson, A.C.S.; Portela, D.A.; Romano, M.; Otero, P.E. Evaluation of the effect of ultrasound guidance on the accuracy of intercostal nerve injection: A canine cadaveric study. *Vet. Anaesth. Analg.* **2021**, *48*, 256–263. [\[CrossRef\]](#)
- Zublena, F.; Briganti, A.; De Gennaro, G.; Corletto, F. Ultrasound-guided parasternal injection in dogs: A cadaver study. *Vet. Anaesth. Analg.* **2021**, *48*, 563–569. [\[CrossRef\]](#)
- Alaman, M.; González-Marrón, A.; Lorente, C.; Bonastre, C.; Laborda, A. Description of an Ultrasound-Guided Transverse Approach to the Transversus Thoracis Plane Block and Evaluation of Injectate Spread in Canine Cadavers. *Animals* **2021**, *11*, 2657. [\[CrossRef\]](#)
- Escalante, G.C.; Ferreira, T.H.; Hersberger-Braker, K.L.; Schroeder, C.A. Evaluation of ultrasound-guided pecto-intercostal block in canine cadavers. *Vet. Anaesth. Analg.* **2022**, *49*, 182–188. [\[CrossRef\]](#)
- Ueshima, H.; Takeda, Y.; Ishikawa, S.; Otake, H. Ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block: A cadaveric study of the spread of injectate. *J. Clin. Anesth.* **2015**, *27*, 696. [\[CrossRef\]](#)
- Fujii, S.; Vissa, D.; Ganapathy, S.; Johnson, M.; Zhou, J. Transversus thoracic muscle plane block on a cadaver with history of coronary artery bypass grafting. *Reg. Anesth. Pain Med.* **2017**, *42*, 535–537. [\[CrossRef\]](#)

21. Fujii, S.; Bairagi, R.; Roche, M.; Zhou, J.R. Transversus thoracis muscle plane block. *BioMed Res. Int.* **2019**, *2019*, 1716365. [[CrossRef](#)]
22. Ueshima, H.; Otake, H. Continuous transversus thoracic muscle plane block is effective for the median sternotomy. *J. Clin. Anesth.* **2017**, *37*, 174. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Abdelbaser, I.I.; Mageed, N.A. Analgesic efficacy of ultrasound guided bilateral transversus thoracis muscle plane block in pediatric cardiac surgery: A randomized, double-blind, controlled study. *J. Clin. Anesth.* **2020**, *67*, 110002. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Zhang, Y.; Chen, S.; Gong, H.; Zhang, B. Efficacy of bilateral transversus thoracis muscle plane block in pediatric patients undergoing open cardiac surgery. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* **2020**, *34*, 2430–2434. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Ueshima, H.; Kimura, S.; Otake, H. Bilateral breast cancer resection performed under the bilateral transversus thoracic muscle plane block. *J. Clin. Anesth.* **2016**, *33*, 413. [[CrossRef](#)]
26. Ueshima, H.; Otake, H. A combination of an erector spinae plane block and a transversus thoracic muscle plane block for partial mastectomy. *J. Clin. Anesth.* **2019**, *54*, 1. [[CrossRef](#)]
27. Aydin, M.E.; Celik, M.; Celik, E.C.; Ahiskalioglu, E.O.; Selvitopi, K. Transversus thoracic muscle plane block for persistent parasternal pain: The Tietze syndrome. *J. Clin. Anesth.* **2020**, *63*, 109755. [[CrossRef](#)]
28. Piraccini, E.; Biondi, G.; Byrne, H.; Calli, M.; Bellantonio, D.; Musetti, G.; Maitan, S. Ultrasound guided transversus thoracic plane block, parasternal block and fascial planes hydrodissection for internal mammary post thoracotomy pain syndrome. *Eur. J. Pain* **2018**, *22*, 1673–1677. [[CrossRef](#)]
29. Kumari, P.; Kumar, A.; Sinha, C.; Kumar, A.; Saravanan, P.; Smita, S. Continuous bilateral transversus thoracis muscle plane block in median sternotomy. *Saudi J. Anaesth.* **2022**, *16*, 255–256. [[CrossRef](#)]
30. Evans, H.E.; de Lahunta, A. Spinal nerves. In *Miller's Anatomy of the Dog*, 4th ed.; Carioto, L., Ed.; Elsevier: St. Louis, MO, USA, 1993; pp. 224–228.
31. Ueshima, H.; Otake, H. Ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block: Complication in 299 consecutive cases. *J. Clin. Anesth.* **2017**, *41*, 60. [[CrossRef](#)]
32. Dam, M.; Moriggl, B.; Hansen, C.K.; Hoerman, R.; Bendtsen, T.F.; Børglum, J. The pathway of injectate spread with the transmuscular quadratus lumborum block: A cadaver study. *Anesth. Analg.* **2017**, *125*, 303–312. [[CrossRef](#)]
33. Kull, K.; Baer, G.A.; Samarütel, J.; Sand, J.; Rosenberg, P.H. Distribution of local anesthetic solution in retroradiastinal block. Preliminary experimental results. *Reg. Anesth.* **1997**, *22*, 308–312. [[CrossRef](#)]
34. Campoy, L.; Martin-Flores, M.; Looney, A.L.; Hollis, N.E.; Ludders, J.W.; Stewart, J.; Gleed, R.D.; Asakawa, M. Distribution of a lidocaine-methylene blue solution staining in brachial plexus, lumbar plexus and sciatic nerve blocks in the dog. *Vet. Anaesth. Analg.* **2008**, *35*, 348–354. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Portela, D.A.; Otero, P.E.; Briganti, A.; Romano, M.; Corletto, F.; Breggi, G. Femoral nerve block: A novel psoas compartment lateral pre-iliac approach in dog. *Vet. Anaesth. Analg.* **2013**, *40*, 194–204. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]



Caso clínico de Anestesia.

Alaman M, Lorente C, Laborda A, Costas A, Bonastre C

Clin Vet Peq An (2022) 42, 2.

Caso clínico de...

ANESTESIA

M. Alamán,^{1,2} C. Lorente,¹ A. Laborda,² A. Costas,¹ C. Bonastre²¹Hospital Veterinario Anicura Valencia Sur. Av. de Picassent 28. 46460 Silla (Valencia).²Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. c/ Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza.

Historia clínica

Se remite al servicio de cirugía de nuestro hospital veterinario un perro macho mestizo de 13 años de edad y 8,8 kg, por la presencia de una masa de gran tamaño en la pared abdominal izquierda de varios meses de evolución. A la palpación, la lesión infiltraba la musculatura adyacente, era de consistencia blanda y no dolorosa. Las mucosas presentaban un aspecto rosado, el tiempo de relleno capilar era inferior a 2 segundos y el pulso femoral era fuerte, regular, bilateral y sincrónico. En la auscultación cardíaca y pulmonar no hubo hallazgos reseñables, la frecuencia cardíaca fue de 84 lpm y la frecuencia respiratoria de 24 rpm. No se observó dolor a la palpación del abdomen. Se realizaron múltiples punciones de la masa para su posterior estudio citológico siendo el resultado compatible con un lipoma. No se observaron células con criterios de malignidad.

Dado el gran tamaño de la masa, se realizó una tomografía computarizada (TC) con el objetivo de evaluar los límites de la lesión y descartar la posible invasión de la cavidad abdominal. Se realizó una valoración preanestésica previa a la TC que incluyó como pruebas complementarias un hemograma y perfil bioquímico completos, donde no se observaron alteraciones reseñables. Los hallazgos observados tras la TC fueron compatibles con un lipoma infiltrativo (11,5 cm de largo, por 8 cm de ancho y 4,5 cm de altura) que se extendía desde el área de proyección de T12 hasta L6, entre los músculos oblicuo interno y transverso del abdomen (Fig. 1). En el mismo estudio se observaron, de forma accidental, una neoplasia gástrica (Fig. 2) y una lesión hepática, de aspecto quístico y 2,8 cm de diámetro

en el lóbulo medial izquierdo. Dados los resultados obtenidos, se amplió el estudio de TC a la región torácica donde no se observaron alteraciones reseñables. Se realizaron citologías de las lesiones hepática y gástrica en las que se obtuvo un resultado compatible con hiperplasia nodular para la lesión en hígado y con leiomioma como diagnóstico más probable en estómago. Se planteó la resección quirúrgica de las lesiones localizadas en pared abdominal y estómago y la toma de biopsias de la lesión hepática. El paciente fue clasificado como ASA III en el momento de la TC y cirugía.

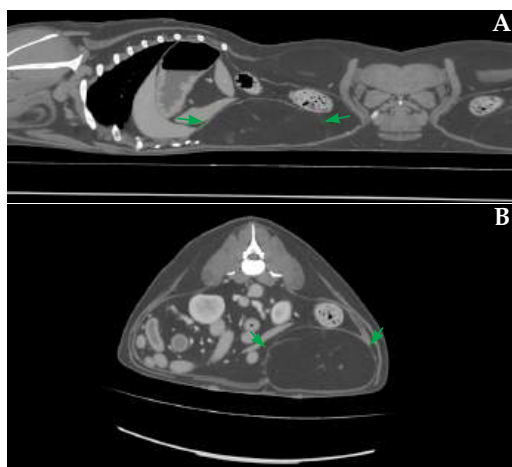


Figura 1. Imagen postcontraste sagital (A) y axial (B) de TC, en ventana tejido blando, donde se observa una masa ovalada de radiopacidad grasa (flechas) localizada en el flanco izquierdo, entre el músculo oblicuo interno y transverso, y que desplaza algunas vísceras abdominales.

¿Cuál sería tu planteamiento anestésico para la cirugía del caso descrito?

¿Qué técnicas de anestesia locorregional podrían ser aplicadas en el caso descrito?

¿Cuál es el objetivo del bloqueo del plano del cuadrado lumbar?

¿Qué abordajes ecoguiados conoces para la realización del bloqueo del plano del cuadrado lumbar en perros?

¿Cuál sería tu protocolo analgésico para el control del dolor perioperatorio?

* Contacto: malamanv@gmail.com

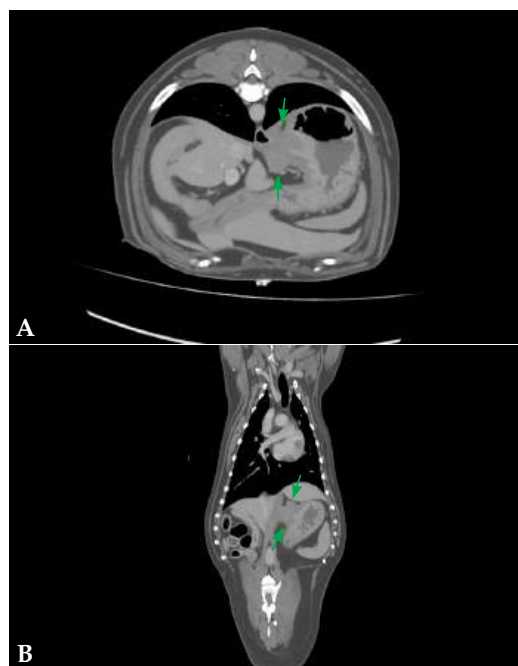


Figura 2. Imagen postcontraste axial (A) y dorsal (B) de TC, en ventana tejido blando, donde se observa una masa excéntrica (flechas), bien delimitada, que parte de la capa muscular del estómago, caudal y medial al cardias.

¿Cuál sería tu planteamiento anestésico para la cirugía del caso descrito?

En el caso presentado, la premedicación consistió en la administración intravenosa (IV) de 0,2 mg/kg de metadona (Senfortan, Dechra, AE Bladel). Previamente a la inducción anestésica, el paciente fue preoxigenado durante 5 minutos con un flujo de oxígeno al 100 % de 200 mL/kg/min. Después de la inducción, llevada a cabo con propofol (3 mg/kg; Propofol lipuro, B. Braun, Melsungen) y midazolam (0,3 mg/kg; Midazolam B. Braun, B. Braun, Melsungen) IV, se realizó la intubación orotraqueal del paciente con un tubo endotraqueal de 9 mm de diámetro interno. El mantenimiento anestésico se realizó con isoflurano (Isoflo, Zoetis, Louvain-la-Nouve) y un flujo de gases frescos de 20 mL/kg/min. La FiO_2 se mantuvo en 0,4 durante todo el procedimiento anestésico, manteniéndose una SpO_2 superior al 97 %. Se estableció una pauta de fluidoterapia con Ringer lactato y un ritmo de infusión de 5 mL/kg/h. El paciente fue ventilado mecánicamente en modo volumen control con un volumen Tidal de 15 mL/kg y una frecuencia respiratoria de 14-18 rpm, lo que permitió mantener unos niveles de $EtCO_2$ entre 35 y 45 mm Hg, y se instauró una PEEP de 4 cm de H_2O .

La “driving pressure” se mantuvo entre 10 y 12 cm H_2O durante todo el procedimiento. Como parte de un planteamiento anestésico multimodal, se realizó un bloqueo bilateral del plano del músculo cuadrado lumbar a nivel de L1. La monitorización anestésica incluyó frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), presión arterial invasiva (PA) mediante cateterización de una arteria pedal dorsal, SpO_2 , $EtISO$ y $EtCO_2$. Estos parámetros fueron registrados inmediatamente antes de comenzar el estímulo quirúrgico y, una vez comenzada la cirugía, cada 5 minutos. El registro anestésico se dividió en las siguientes fases: incisión cutánea, extirpación de la masa abdominal, extirpación de la masa gástrica, hepatectomía parcial y síntesis de la laparotomía. Se estableció que, con el paciente en un plano de inconsciencia adecuado, un incremento del 20 % de la FC, FR y/o PA media respecto a los niveles preincisionales supondría la administración de analgesia de rescate con fentanilo (Fentanest, Kern Pharma, Terrassa) IV (3 μ g/kg).

Durante la cirugía, la FC se mantuvo en valores comprendidos entre 120 y 127 lpm, la FR entre 14 y 18 rpm y la PA media entre 77 y 91 mmHg. No fue necesaria la administración de fentanilo durante la cirugía. Los niveles de $EtISO$ se mantuvieron entre 0,88 y 1,01 %. El tiempo anestésico fue de aproximadamente 1 hora, mientras que la cirugía se prolongó 45 minutos.

¿Qué técnicas de anestesia locorregional podrían ser aplicadas en el caso descrito?

En cirugía abdominal se ha descrito el empleo de técnicas neuroaxiales, como la anestesia epidural, y de bloqueos fasciales, tales como el del plano del cuadrado lumbar, el bloqueo paravertebral torácico, el bloqueo del plano transversal del abdomen y el bloqueo del plano erector espinal. En este caso se realizó un bloqueo guiado por ecografía (Mindray M9 Vet, Mindray Bio-Medical Electronics Co., China) del plano dorsal del cuadrado lumbar (D-QLP) 20 minutos antes de comenzar el procedimiento quirúrgico. Para ello, con el paciente en decúbito lateral y el transductor (14-6 MHz, L14 – 6Ns, Mindray Bio-Medical Electronics Co., Shenzhen, China) posicionado caudal y paralelo a la última costilla y el marcador orientado dorsalmente, se avanzó una aguja espinal (22 G y 63 mm) siguiendo una dirección ventrodorsal mediante una técnica “in plane”, hasta situar la punta de esta en el plano comprendido entre el cuerpo vertebral de L1, su proceso transversal y el aspecto dorsal del músculo cuadrado lumbar. El bloqueo se realizó de forma bilateral inyectando 0,5 mL/kg de bupivacaína al 0,25 % (Bupivacaina B. Braun, B. Braun, Melsungen) a nivel de L1 (Figs. 3 y 4).

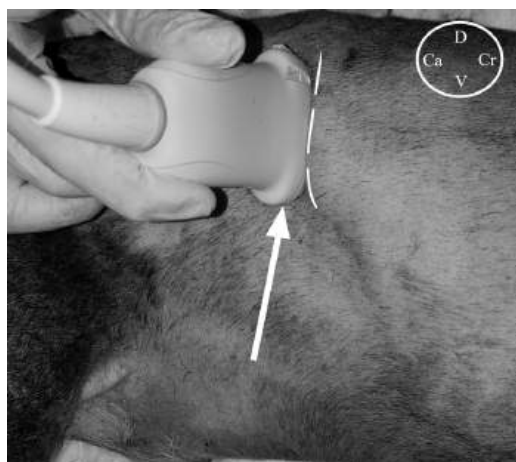


Figura 3. Abordaje ecoguiado del plano dorsal del músculo cuadrado lumbar a nivel de la vértebra L1. El transductor fue posicionado paralelo y caudal a la última costilla, con el marcador localizado dorsalmente, y ligeramente orientado en dirección ventrodorsal. La flecha blanca indica la dirección de la aguja empleando una técnica "en plano". Cr: craneal; Ca: caudal; D: dorsal; V: ventral. La línea blanca discontinua indica la posición de la última costilla.

¿Cuál es el objetivo del bloqueo del plano del cuadrado lumbar?

El bloqueo del cuadrado lumbar consiste en la inyección de anestésico local en un plano fascial adyacente al músculo cuadrado lumbar (QL), con el objetivo de desensibilizar los nervios espinales toracolumbares y el tronco simpático y proporcionar analgesia somática y visceral al abdomen.¹ Se trata de una técnica eficaz para el control del dolor perioperatorio en seres humanos sometidos a cirugía abdominal y ortopédica,^{1,2} postulándose como alternativa a la anestesia epidural y al bloqueo del plano transversal del abdomen (TAP), con menos complicaciones y un control del dolor superior, respectivamente.³

Figura 5. Ilustración esquemática de la sección axial abdominal a nivel de la primera vértebra lumbar, donde se muestran las estructuras involucradas en los distintos abordajes descritos para el bloqueo del plano del cuadrado lumbar en perros. La estrella azul corresponde al plano lateral del músculo cuadrado lumbar, la estrella negra al plano dorsal y la estrella blanca al plano comprendido entre los músculos cuadrado lumbar y psoas menor.

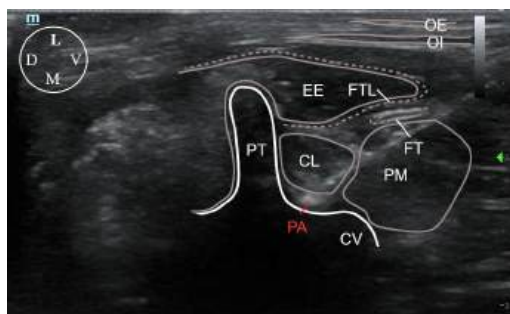
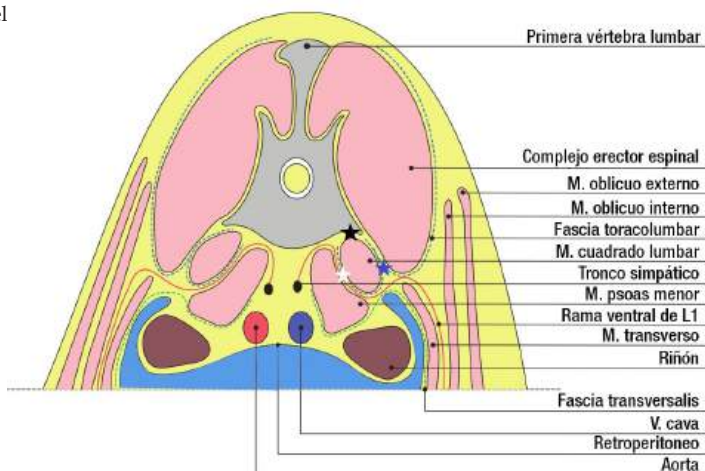


Figura 4. Imagen ecográfica de la aguja con la punta posicionada en el plano dorsal del músculo cuadrado lumbar, adyacente al cuerpo vertebral y proceso transversal de L1. CL: cuadrado lumbar; CV: cuerpo vertebral; D: dorsal; EE: erector espinal; FT: fascia transversal; FTL: fascia toracolumbar; L: lateral; M: medial; OE: oblicuo externo; Ol: oblicuo interno; PA: punta de la aguja; PM: psoas menor; PT: proceso transversal; V: ventral.

¿Qué abordajes ecoguiados conoces para la realización del bloqueo del plano del cuadrado lumbar en perros?

Se han descrito múltiples abordajes guiados por ecografía para el bloqueo del plano del cuadrado lumbar (QLP) en humanos.¹ En la especie canina se han descrito dos abordajes ecoguiados en estudios cadavéricos que permiten la inyección de una solución inyectable en el plano transmuscular comprendido entre los músculos QL y psoas menor (T-QLP);^{4,5} dos abordajes (sagital y transversal) para acceder al plano comprendido entre el aspecto lateral del músculo QL y la fascia toracolumbar;⁶ y un abordaje para llevar a cabo la inyección de una solución en el plano dorsal del QL (D-QLP), en un punto comprendido entre el QL, el cuerpo vertebral y el proceso transversal (Fig. 5).⁷ Se han reportado diferencias en el patrón de distribución de la solución inyectable y de las estructuras nerviosas

afectadas entre los diferentes abordajes descritos, tanto en humanos¹ como en perros.⁴⁻⁷

¿Cuál sería tu protocolo analgésico para el control del dolor perioperatorio?

En el caso descrito se administró, inmediatamente después de la cirugía, meloxicam subcutáneo (0,2 mg/kg; Meloxicam, Aristo Pharma Iberia, Torrejón de Ardoz) y se monitorizó el dolor postoperatorio mediante el formulario abreviado de la Escala de Glasgow, realizando evaluaciones seriadas a las 1, 2, 3, 6, 8, 12, 16, 20 y 24 horas postoperatorias. En el caso de obtener una valoración superior a 5, se pautó la administración de buprenorfina (Buprecare 0,3 mg/mL, Ecuphar, Oostkamp) IV (15 µg/kg). Durante las primeras 24 horas de hospitalización, el paciente no requirió de la administración de buprenorfina y las constantes vitales permanecieron dentro de los rangos normales.

Discusión

Aunque los opioides se han utilizado tradicionalmente para controlar el dolor perioperatorio asociado a cirugía abdominal, la anestesia locorregional se ha descrito como una alternativa eficaz a los opioides, disminuyendo su consumo, sus efectos secundarios y mejorando la recuperación. Tanto en la literatura humana como veterinaria, se han descrito múltiples técnicas de anestesia locorregional eficaces en el control del dolor perioperatorio asociado a estos procedimientos. Entre ellas destacan técnicas neuroaxiales, así como el bloqueo del plano del cuadrado lumbar, el bloqueo del plano transverso del abdomen y el bloqueo del plano erector espinal. En este caso clínico se describe el empleo del abordaje D-QLP en un paciente al que se realizó la exéresis quirúrgica de una masa de gran tamaño en la pared abdominal, una gastrectomía y una hepatectomía parcial. El empleo de opioides perioperatorios fue mínimo tanto en la cirugía como en las siguientes 24 horas postoperatorias, reduciéndose a la administración de metadona en la premedicación anestésica.

En medicina humana se ha demostrado la eficacia en el control del dolor perioperatorio de los diferentes abordajes para el bloqueo del QLP.^{1,2} El abordaje posterior, con un punto de inyección similar al descrito para el D-QLP, se ha asociado con un menor requerimiento de analgésicos de rescate y puntuaciones de dolor más bajas en personas sometidas a cesárea, cirugía laparoscópica del tracto genital y/o cirugía abdominal inferior en comparación con el bloqueo del TAP.³ Recientemente, se ha reportado un estudio clínico realizado en la especie canina donde se concluye que el bloqueo del cuadrado lumbar es seguro y eficaz proporcionando analgesia a perras sometidas a ovariosterectomía.⁸

Las ramas ventrales de los nervios espinales de T9 a L3 son las responsables de la sensibilidad de la pared abdominal en los perros.⁹ Por otro lado, las vísceras abdominales están inervadas por los nervios espláncnicos mayor, menor y lumbares, que surgen del tronco simpático a nivel de T13 y de los segmentos vertebrales lumbares.¹⁰ En un reciente estudio cadavérico desarrollado en perros, el abordaje D-QLP y la administración de 0,5 mL/kg de una solución de azul de metileno demostró su eficacia para la tinción de las ramas ventrales de los nervios espinales comprendidos entre T12 y L4, mostrando una tinción consistente de T13, L1, L2 y L3. De igual forma, el abordaje D-QLP demostró una tinción extensa y consistente del tronco simpático en los segmentos vertebrales comprendidos entre T13 y L3. Los resultados observados sugirieron la eficacia de la técnica para proporcionar analgesia somática y visceral al abdomen, si bien la desensibilización del aspecto craneal de la pared abdominal podría no ser la adecuada dada la pobre tinción observada en los nervios torácicos implicados.⁷ En el caso clínico descrito, y a pesar de que se realizó una laparotomía amplia que afectaba al abdomen craneal, no se observó ninguna respuesta neuroendocrina ante los estímulos nociceptivos generados durante la cirugía ni fue necesario administrar analgésicos de rescate durante el periodo postoperatorio. Si bien los hallazgos observados podrían sugerir la eficacia del abordaje D-QLP para proporcionar analgesia somatovisceral al abdomen, incluida la pared abdominal craneal, sería necesario el desarrollo de estudios clínicos que confirmaran esta hipótesis.

Los estudios en humanos aún no han establecido el volumen adecuado de solución anestésica que debe administrarse ni su relación con la extensión alcanzada. Se han comunicado volúmenes de inyección de 20 ml por persona o de 0,2 y 0,4 mL/kg en adultos y de 0,5 mL/kg en pacientes pediátricos.³ En la literatura veterinaria se ha reportado el empleo de 0,15; 0,2; 0,3 y 0,5 mL/kg de solución inyectable.⁴⁻⁷ Garbin *et al.* (2020a) evaluaron la propagación de dos volúmenes de colorante (0,15 y 0,3 mL/kg) realizada mediante una inyección en T-QLP en cadáveres caninos. Aunque observaron un aumento en el número de nervios espinales teñidos usando el volumen mayor, la asociación del volumen inyectable y el número de nervios teñidos no fue estadísticamente significativa. En otro estudio, se demostró que la inyección de un volumen de solución colorante de 0,5 mL/kg mediante el abordaje D-QLP era más eficaz para la tinción de las estructuras nerviosas estudiadas que cuando se empleaba un volumen de 0,3 mL/kg. Los autores concluyeron que la inyección de 0,5 mL/kg de solución anestésica mediante el abordaje D-QLP podría ser una técnica potencial para

bloquear los segmentos simpáticos toracolumbares y los nervios espinales encargados de la innervación visceral y de la pared abdominal.⁷ Los hallazgos observados en el caso clínico descrito apoyan el empleo de 0,5 mL/kg como volumen de la solución inyectable.

En el caso clínico presentado, el paciente pudo permanecer sin analgésicos de rescate durante las siguientes 24 horas tras la cirugía. Este hallazgo podría ser debido a una mayor duración del bloqueo D-QLP de la prevista, lo cual podría estar asociado a una permanencia mayor de la esperada del anestésico local en los planos fasciales adyacentes al músculo QL, así como a los efectos sistémicos del anestésico local. Por el contrario, los hallazgos observados por Viscasillas *et al.* (2021) limitan la duración del bloqueo del cuadrado lumbar

con bupivacaína 0,25 %, realizado en el plano fascial comprendido entre los músculos QL y psoas menor, a las 4 horas siguientes a someter a pacientes caninos a una ovariectomía. Serían necesarios nuevos estudios clínicos para evaluar la duración del bloqueo del cuadrado lumbar mediante su abordaje dorsal y su eficacia para el control del dolor asociado a otros procedimientos quirúrgicos.

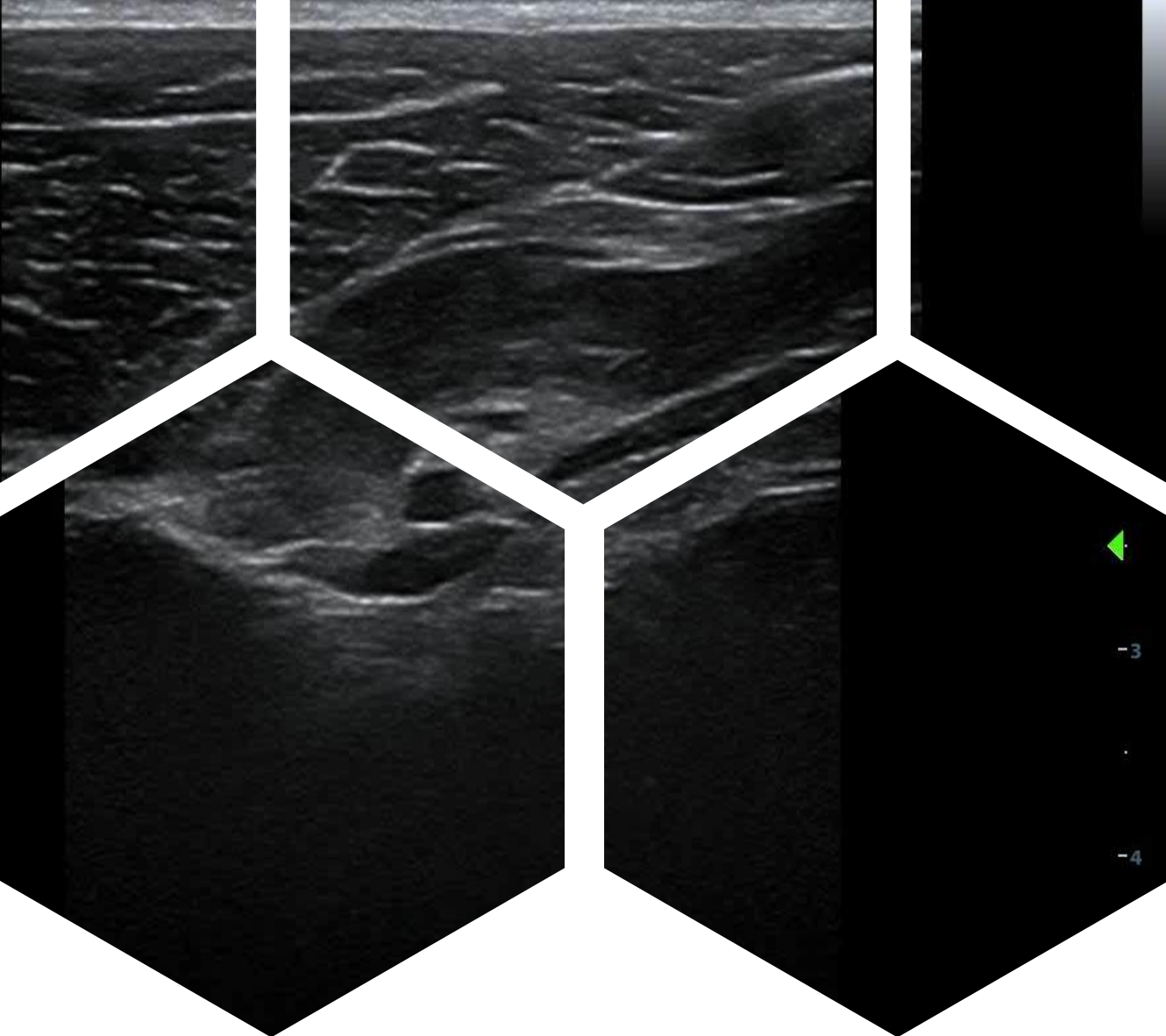
En conclusión, la administración de 0,5 mL/kg mediante el abordaje D-QLP podría ser una técnica eficaz para proporcionar analgesia tanto a la pared como a las vísceras abdominales y reducir el consumo de opioides durante el periodo perioperatorio.

Fuente de financiación: este trabajo no se ha realizado con fondos comerciales, públicos o del sector privado.

Conflicto de intereses: los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Elsharkawy H, El-Boghdady K, Barrington M: Quadratus lumborum block: anatomical concepts, mechanisms, and techniques. *Anesthesiology* 2019; 130: 322-335.
2. Kim SH, Kim N, Lee B *et al.*: Effectiveness of quadratus lumborum block for postoperative pain: a systematic review and meta-analysis. *Minerva Anesthesiol* 2020; 86: 554-564.
3. İpek CB, Kara D, Yılmaz S *et al.*: Comparison of ultrasound-guided transversus abdominis plane block, quadratus lumborum block, and caudal epidural block for perioperative analgesia in pediatric lower abdominal surgery. *Turk J Med Sci* 2019; 49: 1395-1402.
4. Garbin M, Portela DA, Bertolizio G *et al.*: Description of ultrasound-guided quadratus lumborum block technique and evaluation of injectate spread in canine cadavers. *Vet Anaesth Analg* 2020a; 47: 249-258.
5. Viscasillas J, Terrado J, Marti-Scharfhausen R *et al.*: A modified approach for the ultrasound-guided quadratus lumborum block in dogs: a cadaveric study. *Animals* 2021; 11(10): 2945.
6. Garbin M, Portela DA, Bertolizio G *et al.*: A novel ultrasound-guided lateral quadratus lumborum block in dogs: a comparative cadaveric study of two approaches. *Vet Anaesth Analg* 2020b; 47: 810-818.
7. Alaman M, Bonastre C, De Blas I *et al.*: Description of a novel ultrasound-guided approach for a dorsal quadratus lumborum block: a canine cadaver study. *Vet Anaesth Analg* 2021; 49:118-125.
8. Viscasillas J, Sanchis-Mora S, Burillo P *et al.*: Evaluation of Quadratus Lumborum Block as Part of an Opioid-Free Anaesthesia for Canine Ovariectomy. *Animals* 2021; 11:3424
9. Evans HE, de Lahunta A: The Muscular System. En Carrioto L (ed): Miller's Anatomy of the Dog, Elsevier, St. Louis, Missouri. 1993; 224-228.
10. Evans HE, de Lahunta A: The Autonomic Nervous System. En Carrioto L (ed): Miller's Anatomy of the Dog, Elsevier, St. Louis, Missouri. 1993; 582-583.



Ultrasound-Guided Two-Point Transversus Thoracic Plane Block for Canine Sternotomy.

Alaman M, Lence R, Ramón E, Laborda A, Bonastre C, Viscasillas J

Vet Anaesth Analg. 2023 Aug 6: S1467-2987(23)00135-6.

may be warranted, along with assisted or controlled ventilation. In this case, a mechanical ventilator was not readily available.

Significant consequences from triggering these reflexes have been previously described in rabbits (Khurana et al. 1992; Turner Giannico et al. 2014), but there are no reports following retrobulbar or periconal blocks in rabbits. In this case, the volume of local anesthetic or pressure from the ultrasound probe could have triggered these reflexes. Bradycardia and apnea could also reflect local anesthetic toxicity or inadvertent intrathecal injection following puncture of the dural optic nerve sheath (Kostadinov et al. 2019). These are less likely as spontaneous breathing resumed after a few minutes and anticholinergic administration was effective without additional cardiovascular support. While some caution may be warranted for this ocular block, in the authors' experience the benefits of analgesia and anesthetic stability provided by this technique outweigh the low risk of eliciting either reflex. Planning for potential complications is sensible, with monitoring equipment attached as soon as possible and emergency drugs calculated and readily available (or drawn up) before induction of anesthesia.

Conflict of interest statement

The authors declare no conflict of interest.

Nicholas L Fleissner & Tatiana H Ferreira

Department of Surgical Sciences, School of Veterinary Medicine, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI, USA

E-mail: tatiana.ferreira@wisc.edu (TH Ferreira)

References

- Blanc VF, Jacob J-L, Milot J, Cyrenne L (1988) The oculorespiratory reflex revisited. *Can J Anesth* 35, 468–472.
- Diehl KA, McKinnon JA (2016) Eye removal surgeries in exotic pets. *Vet Clin Exot Anim* 19, 245–267.
- Khurana AK, Khurana I, Yadav RN (1992) An experimental model of oculorespiratory reflex. *Br J Ophthalmol* 76, 76–78.
- Kostadinov I, Hostnik A, Cvenkel B, Potocnik I (2019) Brainstem anaesthesia after retrobulbar block. *Open Med* 14, 287–291.
- Najman IE, Ferreira JZ, Abimussi CJ et al. (2015) Ultrasound-assisted periconal ocular blockade in rabbits. *Vet Anaesth Analg* 42, 433–441.
- Spiriev TY, Chowdhury T, Schaller BY (2015) The trigeminal nerve: Anatomical pathways. Trigemino-cardiac reflex trigger points. In: *Trigemino-cardiac reflex* (1st edn). Chowdhury T, Schaller BY (eds). Academic Press, Amsterdam, pp. 9–35.
- Turner Giannico A, de Sampaio MO, Lima L et al. (2014) Characterization of the oculocardiac reflex during compression of the globe in Beagle dogs and rabbits. *Vet Ophthalmol* 17, 321–327.

Received 31 May 2023; accepted 1 August 2023.

Available online 5 August 2023

<https://doi.org/10.1016/j.vaa.2023.08.004>

© 2023 Association of Veterinary Anaesthetists and American College of Veterinary Anesthesia and Analgesia. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

An ultrasound-guided two-point transversus thoracic plane block for canine sternotomy

We describe a two-point ultrasound-guided transversus thoracic plane (TTP) block in a 10 year old entire female Shih Tzu, weighing 8.5 kg, and undergoing sternotomy for thymoma removal. Thymoma was an incidental finding observed during preanaesthetic radiographs prior to dental cleaning. The dog did not present clinical signs and no notable alterations were found in her physical examination or blood analyses, so she was assigned an American Society of Anesthesiologists status score of II. After cannulation of both saphenous veins (intravenous catheter; Covetrus, The Netherlands), methadone (0.2 mg kg⁻¹; Semfortan; Dechra, Spain) and dexmedetomidine (0.001 mg kg⁻¹; Dexdomitor; Ecuphar, Spain) were administered intravenously (IV). After 5 minutes of preoxygenation by facemask (B. Braun Medical SA, Spain), anaesthesia was induced and maintained with propofol (2 mg kg⁻¹ followed by 0.3 mg kg⁻¹ minute⁻¹, Propomitor; Ecuphar). Immediately after tracheal intubation, pressure-controlled mechanical ventilation was started [peak inspiratory pressure 8 cmH₂O; respiratory rate was adjusted to maintain the end-expiratory carbon dioxide pressure (P_ECO₂) between 35 and 45 mmHg (4.7–6 kPa); 9100c NXT; GE Healthcare GmbH, Germany] and a 1:1 mixture of oxygen and air was administered using a rebreathing system (circle circuit; Intersurgical Ltd, UK). Arterial blood pressure was measured using oscillometry as arterial catheter placement was unsuccessful. The cuff (4.3–8 cm; Dräger, Spain) was placed over the left dorsal pedal artery.

Oesophageal temperature, electrocardiogram, haemoglobin oxygen saturation and respiratory gases were monitored during the procedure using a multiparametric anaesthetic monitor (9100c NXT; GE Healthcare GmbH). Variables were recorded every 2 minutes and reported as median (range). Lactated Ringer's solution ($5 \text{ mL kg}^{-1} \text{ hour}^{-1}$; Ringer lactate; B. Braun VetCare SA, Spain) was administered during anaesthesia.

With the dog positioned in dorsal recumbency, the ventral chest wall was clipped and aseptically prepared. A 15–6 MHz linear transducer, attached to an ultrasound machine (GE Logicq F6; GE Healthcare GmbH), was positioned at the third and the sixth intercostal spaces in a parasternal position, parallel to the longitudinal axis of the costal cartilages and with the marker orientated medially. A 22 gauge, 50 mm spinal needle (BD Spinal Needle; BD Medical, Spain) was advanced in a ventromedial-dorsolateral direction until the tip was positioned between the transversus thoracic muscle and the internal intercostal membrane and muscle. The correct position of the needle was confirmed by injecting 0.5 mL of saline solution ($\text{NaCl } 0.9\%$; B. Braun VetCare SA) and observing the TTP hydrodissection (Fig. 1). Then, 0.3 mL kg^{-1} of 0.25% bupivacaine (Bupivacaine; B. Braun Medical SA) was injected at each point.

Surgery, which was unremarkable, lasted 90 minutes; total anaesthesia time was 140 minutes. No signs indicative of nociception were observed: heart rate and mean arterial blood pressure were $87 (81\text{--}97) \text{ beats minute}^{-1}$ and $90 (83\text{--}100) \text{ mmHg}$, respectively. The $\text{Pr}'\text{CO}_2$ was $40 (37\text{--}44) \text{ mmHg}$ [$5.3 (4.9\text{--}5.9) \text{ kPa}$], oesophageal temperature was $38.1 (37.5\text{--}38.7) ^\circ\text{C}$ and haemoglobin oxygen saturation was $98\% (96\text{--}99\%)$.

Postoperative pain was assessed by the intensive care staff using the short form of the Glasgow Composite Pain Scale (GCPS-SF) at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 16, 24 and 32 hours after extubation. During the first 6 postoperative hours, the GCPS-SF was 1 ($0\text{--}2$)/24. At 8 hours postoperatively, the GCPS-SF was $8/24$, so methadone ($0.2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ IV}$) was administered and 2 hours later the GCPS-SF was $9/24$. Therefore, lidocaine ($1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ IV}$) was administered followed by an infusion at $1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ hour}^{-1} \text{ IV}$ (Lidocaine; B. Braun Medical SA) which was continued for 16 hours, while methadone was administered every 4 hours for 24 hours. The pain scores were $4 (3\text{--}9)/24$ during this time. Subsequently, the dog received paracetamol ($10 \text{ mg kg}^{-1} \text{ IV}$ every 12 hours; Paracetamol; B. Braun Melsungen AG, Germany) until discharge from the hospital 56 hours after surgery. Paracetamol was continued orally (10 mg kg^{-1} every 12 hours; Paracetamol Normon; Normon SA, Spain) for 3 days.

While the TTP block may be a useful technique to provide analgesia of the ventral chest wall in dogs (Alaman et al. 2021, 2022; Zublena et al. 2021), there is a paucity of clinical reports and studies investigating its effect *in vivo*. Prior to this report, a one-point TTP block was described in a dog undergoing sternotomy (Fernández Barrientos & Merlin 2022). In that study, 0.2 mL kg^{-1} of 0.25% bupivacaine was injected bilaterally and the block was considered to be effective despite the concomitant intraoperative infusion of ketamine and lidocaine. Compared with the one-point injection technique, a wider and more consistent distribution of dye solution was found using a two-point injection technique, resulting in a larger number of

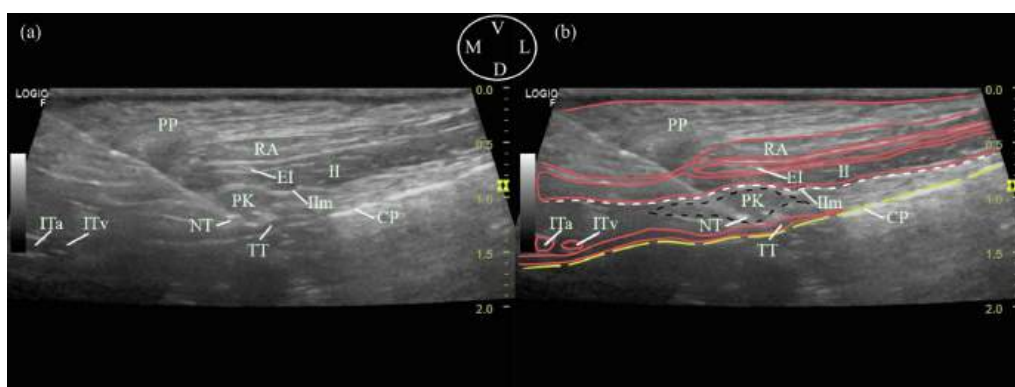


Figure 1 (a) Ultrasound image of the sixth intercostal space sonoanatomy, showing the injection of a local anaesthetic solution during the transversus thoracis plane (TTP) block. (b) The same ultrasound image with the edges of the muscular and vascular structures (solid red lines), the pocket of fluid formed by the injection of the local anaesthetic (black dotted line), the internal intercostal membrane (white dotted line) and the costal pleura (yellow dashed line) superimposed to facilitate their recognition. CP, costal pleura; D, dorsal; EI, external intercostal muscle; II, internal intercostal muscle; IIm, internal intercostal membrane; ITa, internal thoracic artery; ITv, internal thoracic vein; L, lateral; M, medial; NT, needle tip; PK, pocket of fluid; PP, pectoralis profunda muscle; RA, rectus abdominis muscle; TT, transversus thoracis muscle; V, ventral. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

stained intercostal nerves (Alaman et al. 2022). In our report, no additional analgesic drugs were deemed necessary during the intraoperative period nor were they administered during the first 8 postoperative hours.

While performing a fascial plane block, it is important to maximize the volume and the concentration of the local anaesthetic should be reduced to avoid exceeding toxic doses. The total dose of bupivacaine we used was 3 mg kg^{-1} and the concentration 0.25%. Our total dose was $< 4.3 \text{ mg kg}^{-1}$ reported to cause convulsions after IV administration in conscious dogs (Feldman et al., 1991). No signs of toxicity were observed.

The main limitation of this report was the lack of invasive arterial blood pressure measurements, which would have allowed a more accurate assessment of the dog's haemodynamic status and its response to nociceptive stimulation. Nonetheless, the two-point TTP block was useful to limit the need for additional analgesic drugs during the intraoperative period and the first 8 postoperative hours.

Authors' contributions

MA: technique execution, preparation of manuscript. RL and ER: anaesthetic management. CB: critical review of manuscript. AL and JV: critical review of manuscript.

Conflict of interest statement

The authors declare no conflict of interest.

Manuel Alaman^{ab}, Ricardo Lence^c, Cristina Bonastre^{ad}, Eduardo Ramón^c, Alicia Laborda^a & Jaime Viscasillas^b

^a Department of Animal Pathology, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain

^b Hospital Veterinario Anicura Valencia Sur, Silla, Spain

^c Hospital Veterinario Madrid Este, Torrejón de Ardoz, Spain

^d Instituto Universitario de Investigación Mixto Agroalimentario de Aragón (IA2), Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain

E-mail: malamanv@gmail.com (M Alaman)

References

- Alaman M, González-Marrón A, Lorente C et al. (2021) Description of an ultrasound-guided transverse approach to the transversus thoracis plane block and evaluation of injectate spread in canine cadavers. *Animals* 11, 2657.
- Alaman M, Bonastre C, González-Marrón A et al. (2022) A two-point ultrasound-guided injection technique for the transversus thoracis plane block: a canine cadaveric study. *Animals* 12, 2165.
- Feldman HS, Arthur GR, Pitkanen M et al. (1991) Treatment of acute systemic toxicity after the rapid intravenous injection of

ropivacaine and bupivacaine in the conscious dog. *Anesth Analg* 73, 373–384.

Fernández Barrientos M, Merlin T (2022) Ultrasound-guided transversus thoracis plane block as part of multimodal analgesia in a dog undergoing median sternotomy. *Vet Anaesth Analg* 49, 674–676.

Zublena F, Briganti A, De Gennaro C, Corletto F (2021) Ultrasound-guided parasternal injection in dogs: a cadaver study. *Vet Anaesth Analg* 45, 563–569.

Received 3 January 2023; accepted 2 August 2023.

Available online 6 August 2023

<https://doi.org/10.1016/j.vaa.2023.08.004>

© 2023 Association of Veterinary Anaesthetists and American College of Veterinary Anesthesia and Analgesia. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

An ultrasound-guided brachial plexus block using an interscalene approach in an *Huacaya alpaca*

We report the ultrasound-guided blockade of the brachial plexus in an alpaca undergoing open reduction of a scapulohumeral luxation with subsequent surgical joint stabilization. An intact male *Huacaya alpaca*, weighing 65 kg and aged 4 years, was referred to the large animal clinic of the University of Zurich for a left thoracic limb lameness as a result of a scapulohumeral luxation of 4 weeks duration.

The alpaca was premedicated intramuscularly with ketamine 2 mg kg^{-1} (Ketanarkon 100; Streuli, Switzerland) and xylazine 0.3 mg kg^{-1} (Xylazin; Streuli). After 10 minutes, butorphanol 0.05 mg kg^{-1} (Butomidor; Streuli) was administered intravenously (IV) followed by a second dose of xylazine (0.3 mg kg^{-1} IV) administered slowly to effect. Preoxygenation was initiated and anaesthesia was induced with a combination of ketamine (2.0 mg kg^{-1} IV) and midazolam (0.2 mg kg^{-1} IV) (Dormicum; Roche, Austria).

The trachea was intubated using an endotracheal tube with internal diameter of 11 mm (Bivona Medical Technologies, CA, USA). The animal was placed in right lateral recumbency and connected to a rebreathing system (UniFlow; Intersurgical Ltd, UK) delivering isoflurane using an oxygen–air mixture with an inspired oxygen concentration (FiO_2) of 40–50%. Mechanical ventilation was initiated and adjusted to maintain





7. Discussion

Los trabajos recogidos en el compendio de artículos han aportado a la literatura científica veterinaria las primeras descripciones en la especie canina de las técnicas guiadas por ecografía para la realización del bloqueo del TTP (en un punto único de inyección y en dos puntos) y del bloqueo del QLP mediante el abordaje de su aspecto dorsal.

Todas las inyecciones realizadas bajo guía ecográfica durante los tres estudios cadavéricos y los dos casos clínicos presentados se realizaron en los planos objetivo. Por tanto, se puede afirmar que las referencias anatómicas propuestas posibilitan la inyección de una solución en dichos planos de forma precisa, permitiendo el posicionamiento de la punta de una aguja en su interior y confirmando, por ende, la primera de nuestras hipótesis. De igual manera, la ecografía se revela como una herramienta eficaz que permite la ejecución de las técnicas propuestas.

En los estudios cadavéricos realizados, la solución inyectada se distribuyó a través de los planos del TT y QL, así como por los planos adyacentes, consiguiendo la tinción de múltiples estructuras nerviosas estudiadas y confirmando la segunda de nuestras hipótesis.

Los volúmenes inyectados fueron seleccionados en base a los empleados en otros estudios cadavéricos similares a los realizados. En todos los trabajos se observó una distribución más extensa de la solución cuanto mayor era el volumen inyectado, confirmándose así la tercera de

nuestras hipótesis. Los bloqueos del plano fascial son comúnmente conocidos como bloqueos de volumen ya que es necesario el empleo de elevados volúmenes para garantizar la afectación de estructuras nerviosas que, aunque discurren por el mismo plano, muchas veces se encuentran muy distantes entre sí. Esto puede implicar el empleo de dosis de anestésico local próximas a las dosis máximas recomendadas, a partir de las cuales pueden aparecer signos de toxicidad sistémica (204). La difusión del anestésico local hacia el espacio intravascular va a estar influenciada por factores fisicoquímicos atribuibles al anestésico local (liposolubilidad, pKa, unión a proteínas) y al plano de inyección (vascularización, composición de las estructuras que conforman el plano y los compartimentos adyacentes) (117, 118). Por ello, es importante desarrollar estudios farmacocinéticos que evalúen las concentraciones plasmáticas alcanzadas tras la inyección de determinadas dosis de anestésico local en los distintos planos de inyección, con el fin de optimizar la dosis y concentración del anestésico local empleado, ajustar las concentraciones plasmáticas alcanzadas a su rango terapéutico en plasma y garantizar su eficacia.

Hay que considerar que las concentraciones perineurales de anestésicos locales necesarias para conseguir interrumpir la conducción nerviosa podrían ser mucho menores a las empleadas habitualmente. Se ha reportado que, en el caso de la lidocaína y la bupivacaína, serían

necesarios $1/5$ y $1/80$ de las concentraciones comúnmente inyectadas de ambos anestésicos locales (2 %, en el caso de la lidocaína; 0,25 %, en el caso de la bupivacaína) para conseguir el bloqueo tónico de propagación del potencial de acción (205, 206). Este hecho apoyaría el empleo de soluciones anestésicas menos concentradas y, por tanto, de volúmenes de inyección más elevados. Gracias a ello, se podría conseguir una mayor extensión de la solución inyectable, lo que facilitaría la afectación de las estructuras nerviosas objetivo sin exceder el rango terapéutico de los anestésicos locales empleados. Por el contrario, el empleo de soluciones anestésicas poco concentradas alargaría el periodo de latencia de la técnica y acortaría la duración del bloqueo. Además, las posibles diferencias en la distribución entre animales vivos y cadáveres podrían posibilitar una mayor extensión de la solución con un volumen inyectado menor. Por otra parte, podría existir una relación directa entre el tiempo transcurrido desde el momento de la inyección y el grado de extensión de la solución (78, 207), lo que favorecería la eficacia de estas técnicas con menores volúmenes de inyección. A pesar de ello, Viscasillas et al. (34) no observaron dicha progresión tras la realización del bloqueo del QLP en perros.

En el tercer trabajo presentado (134) se comparó la distribución de un mismo volumen de una solución de tinte cuando es inyectada en el plano TT en un único punto de inyección (a través del quinto espacio

intercostal) o en dos puntos (a través del tercer y sexto espacio intercostal). La hipótesis en dicha comparativa era que, en un plano con una extensión relativamente amplia, repartir el volumen inyectado en dos puntos optimizaría la distribución de la solución, consiguiéndose extensiones más amplias y una tinción de las estructuras nerviosas más numerosa y consistente. Los resultados observados apoyaron dicha hipótesis, por lo que repartir el volumen de la solución anestésica en dos puntos podría mejorar la eficacia del bloqueo del TTP. En la misma línea, Samerchua et al. (2008) han publicado recientemente resultados similares en un estudio cadavérico en humanos. En dicho estudio los autores observaron que, repartiendo un volumen de una solución de tinte en dos puntos (a través de los espacios intercostales tercero y quinto), se conseguía que la solución de tinte se distribuyera más ampliamente por el TTP y que la tinción de los nervios intercostales T2-T6, implicados en la inervación esternal, fuera más consistente que cuando la inyección se realizaba a través de un único punto. A pesar de ello, y dadas las potenciales diferencias que podrían producirse en la distribución de una solución inyectable en animales vivos y cadáveres, sería interesante evaluar si existen diferencias clínicas en la eficacia de la técnica empleando uno o dos puntos de inyección.

En los dos casos clínicos presentados, los bloqueos del TTP y del D-QLP proporcionaron analgesia perioperatoria al aspecto ventral de la

pared torácica y al abdomen respectivamente. Es evidente que, al tratarse de dos casos presentados de forma aislada no es posible confirmar la cuarta hipótesis planteada en esta tesis doctoral. A pesar de ello, nuestras observaciones recogidas en este compendio y nuestra experiencia clínica no publicada van en consonancia con las aportadas recientemente a la literatura veterinaria y humana, por lo que podemos afirmar que se trata de técnicas potencialmente efectivas y que podrían ser incluidas en el ámbito clínico como parte del manejo multimodal del dolor perioperatorio.

Fernández-Barrientos y Merlin (136) emplearon la técnica de un punto de inyección para el bloqueo del TTP, descrita en nuestro primer trabajo (133), en un paciente canino sometido a una esternotomía media para la extirpación de una masa mediastínica. El bloqueo anestésico fue realizado dentro de un planteamiento analgésico multimodal que incluía la infusión continua perioperatoria de lidocaína y ketamina. Puesto que estas infusiones podían enmascarar la eficacia real del bloqueo del TTP, se decidió evaluar la eficacia del bloqueo en un caso de similares características quirúrgicas sin emplear de forma concomitante la infusión perioperatoria de analgésicos. En el quinto trabajo recogido en esta tesis doctoral (209), se presentó un caso clínico en el que se realizó el bloqueo del TTP, mediante la técnica de inyección en dos puntos (134) realizada bilateralmente, en un perro sometido a una esternotomía media para la

exéresis de un timoma. La técnica pudo ser realizada de forma adecuada, fue eficaz en el control perioperatorio del estímulo nociceptivo (como indica la ausencia de nocicepción intraoperatoria y de dolor durante las primeras horas posoperatorias) y no tuvo asociada ninguna complicación. Por otro lado, se decidió el empleo de una dosis de bupivacaína de 3 mg kg^{-1} , superior a la dosis recomendada (2 mg kg^{-1}) (210) aunque por debajo de la dosis intravenosa responsable de la aparición de convulsiones en perros ($4,3 \text{ mg kg}^{-1}$) (211). Esta dosis permitió inyectar un volumen de $0,3 \text{ mL kg}^{-1}$ de bupivacaína al 0,25 % por punto de inyección. Este volumen, aunque era inferior al de $0,5 \text{ mL kg}^{-1}$ con el que se había observado una tinción más numerosa y consistente de los nervios intercostales (134), se creyó suficiente como para producir una distribución del anestésico local amplia, capaz de desensibilizar los nervios intercostales que discurren por el TTP, manteniendo una concentración de bupivacaína eficaz con una dosis inferior a la responsable de la aparición de convulsiones (211). Al tratarse de un único caso clínico no es posible extraer conclusiones en cuanto a la eficacia y perfil de seguridad del bloqueo y de la dosis de bupivacaína empleados. A pesar de ello, los hallazgos observados (tanto en los trabajos aquí presentados como en el de Fernández-Barrientos y Merlin (136) sugieren la potencial eficacia de la técnica proporcionando analgesia al aspecto ventral de la pared torácica, y apremian al desarrollo de estudios clínicos

que confirmen la eficacia clínica del bloqueo del TTP respondiendo a cuestiones como: ¿Existen diferencias clínicas entre las técnicas basadas en uno y dos puntos de inyección? ¿Cuál es la dosis de anestésico local necesaria para conseguir un bloqueo eficaz y duradero? ¿Cuál es la prevalencia de las complicaciones asociadas tanto a la técnica como al empleo de dosis de anestésico local por encima de las recomendadas?

Respecto al bloqueo del QLP, esta podría ser una técnica eficaz a la hora de proporcionar analgesia abdominal en perros, a tenor de los resultados obtenidos tanto en el estudio cadavérico presentado (190) como en los observados en otros estudios publicados de la misma naturaleza (188, 189, 191, 192, 197). Todos los abordajes descritos en la literatura veterinaria consiguen involucrar las estructuras nerviosas encargadas de la inervación del abdomen medio de forma más o menos consistente. Por otro lado, dichos resultados arrojan dudas acerca de la eficacia del bloqueo en procedimientos quirúrgicos que involucren el abdomen craneal y caudal, debido a la tinción inconsistente y/o ausente de algunas de las estructuras nerviosas implicadas en su inervación: las ramas ventrales de T9-T12, en el caso de la pared abdominal craneal, o la rama ventral de L4 en el caso de la pared caudal (188-192).

Durante el desarrollo de este trabajo han sido publicados varios estudios en perros a cerca de nuevos abordajes para el bloqueo del QLP,

tanto clínicos como cadavéricos, que apoyan los resultados obtenidos. Uno de ellos, publicado por Marchina-Gonçalves et al. (188), describe una modificación de la técnica presentada en esta tesis doctoral ya que el punto de inyección, si bien se localiza junto al cuerpo vertebral de la vértebra L₁, está desplazado unos milímetros ventralmente. En este estudio, los autores observaron en algunos casos la distribución de la solución de tinte hacia el EPT, provocando la tinción multisegmentaria del tronco simpático. Estos resultados van en consonancia con los observados en nuestro trabajo, así como con los observados por Garbin et al. (191, 192) mediante los abordajes intermuscular y lateral. De igual manera, en todos los estudios cadavéricos publicados hasta la fecha se ha observado una escasa o nula tinción de las ramas ventrales de los nervios torácicos craneales a T₁₃ (188-192). La tinción de la rama ventral de T₁₂ únicamente fue observada mediante el abordaje D-QLP presentado en esta tesis doctoral (190), si bien su tinción fue infrecuente. Este hecho podría ser explicado por una distribución limitada a través de los compartimentos dorsales, donde se encuentran las ramas ventrales, en favor de su extensión a través del compartimento ventral del EPT, donde se localiza el tronco simpático. En medicina humana, Naja et al. (212) sugirieron que la fascia endotorácica, que separa ambos compartimentos, podría jugar un rol importante en el patrón de distribución de la solución inyectable dentro de este espacio, reportando que las inyecciones

superficiales a la fascia endotorácica provocaban una distribución muy localizada, mientras que las inyecciones profundas a esta generaban una tinción multisegmentaria más extensa. Portela et al. (40) obtuvieron resultados similares en un estudio cadavérico en perros que evaluaba el patrón de distribución de una solución de tinte tras su inyección en el EPT. Los autores observaron una comunicación multisegmentaria entre los compartimentos ventrales del EPT, no así entre los compartimentos dorsales. A pesar de ello, los propios autores comentan que no es descartable la difusión de anestésico local a través de pequeños orificios de la fascia endotorácica, lo que posibilitaría su migración hacia compartimentos dorsales adyacentes y la tinción de ramas ventrales contiguas. Además, Portela et al. (40) refieren que, si bien en medicina humana existen varios estudios cadavéricos que muestran una tinción multisegmentaria de los nervios espinales tras la inyección de una solución en el EPT, el patrón de distribución siempre es evaluado desde el interior de la caja torácica. Este hecho provocaría la ruptura de la fascia endotorácica para poder acceder a los compartimentos dorsales y haría imposible distinguir cuando el tinte ha migrado como resultado de una distribución multisegmentaria o como consecuencia de la propia disección. En nuestro caso, no pudimos definir la vía por la cual se produjo la tinción de varias ramas ventrales de T₁₂, por lo que tampoco podemos descartar que dicha tinción estuviera asociada al protocolo de

dissección empleado. Por otra parte, no existen estudios clínicos en la literatura veterinaria que evidencien la distribución de una solución anestésica por el EPT. En el momento de depósito de la presente tesis doctoral únicamente han sido publicados dos estudios clínicos que evalúan la eficacia del bloqueo del QLP en la especie canina (34, 197). En el primero de ellos, publicado por Viscasillas et al. (34) en perras sometidas a ovariectomía por cirugía convencional, se realizó el bloqueo del QLP inyectando bilateralmente, entre los músculos QL y psoas menor, $0,4 \text{ mL kg}^{-1}$ de una solución compuesta por iomeprol y bupivacaína al 0,5 %. Posteriormente, Degani et al. (197) publicaron un estudio en el que evaluaban la eficacia perioperatoria del bloqueo del QLP mediante el abordaje transversal del aspecto lateral del QL, publicado por Garbin et al. (192), en perras ovariectomizadas mediante laparoscopia. Aunque el consumo intraoperatorio de fentanilo observado por Degani et al. (197) es superior al publicado por Viscasillas et al. (34), ambos estudios concluyen que el bloqueo del QLP a través de ambas técnicas fue efectivo al proporcionar analgesia somática y visceral intraoperatoria y en el posoperatorio inmediato. Los distintos resultados observados podrían justificarse por los distintos protocolos de premedicación administrados, los diferentes abordajes para el bloqueo del QLP utilizados y los distintos tipos de anestésico local y volúmenes inyectados.

Cabe destacar que la piel y la pared muscular del abdomen medio y caudal, involucrados en este procedimiento quirúrgico, están inervados principalmente por las ramas ventrales de los nervios espinales de T13 a L3. Por otro lado, la inervación simpática y sensitiva de los ovarios y útero procede de los segmentos del tronco simpático comprendidos entre T10 y L4, en el caso de los ovarios (aunque la mayoría procede de los segmentos entre T13 y L2), y entre L1 y L4 en el caso del útero (213, 214). Estas estructuras nerviosas, a excepción de los segmentos del tronco simpático comprendidos entre L3 y, sobre todo, L4, son teñidas de forma frecuente y consistente mediante el abordaje del D-QLP, así como por el resto de los abordajes descritos. Por ello, si bien el bloqueo del QLP podría ser eficaz en procedimientos que involucren preferentemente el abdomen medio y, en menor medida, el abdomen caudal, este hecho no tendría por qué ser extrapolable a la región más craneal del abdomen, inervada por los nervios espinales comprendidos entre T9 y T13. Viscasillas et al. (34) evaluaron la distribución de la solución mediante tomografía computarizada observando que, en ningún caso, el contraste radiológico se distribuía hasta alcanzar la décima vértebra torácica en perros vivos. A pesar de ello, observaron diferencias significativas en el umbral de respuesta térmica en la región más craneal del abdomen 30 minutos después de la cirugía, lo que podría sugerir que el anestésico local podría alcanzar la rama ventral de T10. Este hallazgo iría en consonancia con lo

observado en el caso clínico presentado en este trabajo (215), un paciente canino al que se le practicó una laparotomía craneal con objeto de realizar una gastrectomía parcial, la toma de biopsias hepáticas y la extirpación de un lipoma infiltrativo que afectaba a la pared abdominal en toda su longitud. Aunque se trata de un caso clínico aislado, la ausencia de nocicepción intraoperatoria y de dolor durante las primeras horas del posoperatorio sugieren que el bloqueo del D-QLP podría proporcionar analgesia a la totalidad del abdomen.

Por todo ello, y aunque la distribución multisegmentaria de una solución anestésica por ambos compartimentos del EPT podría ser posible, la inconsistencia de los resultados observados en los estudios cadavéricos (188-192), fundamentalmente en lo referido a la migración multisegmentaria por los compartimentos dorsales y la ausencia de evidencias clínicas que apoyen esta hipótesis, hacen necesarios nuevos estudios cadavéricos y clínicos que evalúen la eficacia de estos abordajes para proporcionar analgesia abdominal craneal en perros.

Recientemente se han descrito dos casos de pacientes caninos, de raza braquicefálica, en los que se observó la formación de un hematoma retroperitoneal tras la ejecución del bloqueo del D-QLP (195). Ninguno de los casos sufrió otra complicación asociada a la técnica ni a la formación del hematoma. Los hematomas retroperitoneales son una complicación

documentada en medicina humana tras la realización del bloqueo del QLP debido a la punción accidental de las arterias lumbares (186). En la especie canina, las arterias lumbares y sus ramas espinales y dorsales discurren a lo largo de los aspectos lateral del cuerpo vertebral y ventral del proceso transversal (195). La punción de dichas estructuras es posible durante la ejecución del abordaje del D-QLP, ya que recorren el plano de inyección objetivo, por lo que será recomendable confirmar que no existe aspiración de sangre antes de la inyección de anestésico local para evitar su administración intravascular. Puesto que se trata de dos únicos casos, se hace necesaria la realización de estudios clínicos que evalúen la incidencia de esta y otras complicaciones asociadas al bloqueo del QLP en general, y del abordaje de su aspecto dorsal en particular, con el fin de evaluar el perfil de seguridad de la técnica.

Las técnicas descritas en los tres estudios cadavéricos presentados (133, 134, 190) permiten evaluar la distribución de una solución de azul de metileno una vez inyectada en el plano objetivo, aunque con ciertas limitaciones. La metodología empleada da idea de cómo se extiende la solución a través de dichos planos y de los compartimentos adyacentes, tanto como un “flujo en masa” que se moviliza siguiendo un gradiente de presión, como mediante su difusión a través de los orificios microscópicos presentes en los tejidos adyacentes (28). Obviamente, el empleo de cadáveres descongelados puede influir directamente en esta distribución

ya que, características como la morfología, composición, elastancia y distensibilidad de las estructuras anatómicas implicadas pueden no ser idénticas a las propias de animales vivos. De igual manera, la ausencia de movimientos musculares (incluyendo los ventilatorios) podría afectar a la propagación final de la solución inyectada. Además, la extensión atribuible a la difusión de la solución, siguiendo un gradiente de osmolaridad, podría verse influenciada por la composición de las estructuras anatómicas adyacentes y de la propia solución. De igual forma, la difusión de la solución hacia el espacio intravascular y la consiguiente concentración plasmática de la solución inyectada no es valorable y, posiblemente, tampoco podría ser extrapolable a la alcanzada en un animal vivo tras la administración de un anestésico local. Con relación a lo expuesto, hay que tener en cuenta que en la literatura humana y veterinaria hay múltiples referencias a los efectos analgésicos atribuibles a los bloqueos del plano fascial que no pueden ser justificados con los resultados observados en estudios cadavéricos. Por todo ello, aunque los resultados obtenidos permiten sacar múltiples conclusiones, la naturaleza de estos estudios supone una limitación importante que hace todavía más necesario el desarrollo de estudios clínicos que evalúen la eficacia *in vivo* de las técnicas presentadas.

Los estudios realizados en este trabajo confirman la viabilidad de las técnicas presentadas en cuanto a su ejecución guiada por ecografía,

sugieren un buen perfil de seguridad y muestran una potencial eficacia en la prevención y control del dolor agudo perioperatorio abdominal y en la región ventral de la pared torácica. Aunque son necesarios estudios clínicos que confirmen los resultados aquí presentados, los hallazgos observados son esperanzadores de cara a la implementación de estas técnicas en la actividad clínica diaria. Se trata de técnicas que podrían mejorar la calidad analgésica de los protocolos anestésicos empleados y el confort posoperatorio de los pacientes, reducir las dosis de anestésicos y otros analgésicos y, por ende, sus efectos secundarios, y disminuir los tiempos de recuperación posoperatoria y hospitalización. Por otra parte, estas técnicas podrían ser empleadas en el tratamiento del dolor crónico posoperatorio tras la realización de esternotomías, así como al asociado a patologías abdominales o lesiones esternales que puedan afectar a la calidad de vida de los pacientes caninos.



clínica

terinario

juntos como todos juntos



8. CONCLUSIONES

- √ Los abordajes del TTP y D-QLP son factibles. Las referencias anatómicas propuestas como guía para su realización son reconocibles ecográficamente y permiten la inyección precisa de una solución en el plano objetivo.
- √ La inyección de una solución en el TTP y D-QLP permite su distribución a lo largo de ambos planos y de los planos adyacentes.
- √ Cuanto mayor es el volumen de la solución inyectada en el TTP y D-QLP, más amplia es su distribución y más numerosa y consistente es la tinción de las estructuras nerviosas evaluadas.
- √ La inyección de $0,5 \text{ mL kg}^{-1}$ de solución de tinte mediante el abordaje del D-QLP provoca la tinción consistente de las ramas ventrales y de los segmentos simpáticos de T13-L2. Por otro lado, la tinción del resto de estructuras nerviosas implicadas en la inervación abdominal es inconsistente o está ausente, sugiriendo que el bloqueo anestésico del abdomen medio podría ser factible y el de las regiones craneal y caudal poco previsible.



- ✓ Los hallazgos clínicos observados sugieren que el bloqueo del QLP, inyectando $0,5 \text{ mL kg}^{-1}$ de bupivacaína al 0,25 % en su aspecto dorsal, podría ser una técnica eficaz para proporcionar analgesia tanto a la pared como a las vísceras abdominales, permitiendo reducir el consumo de opioides perioperatorios.
- ✓ La inyección de una solución de tinte en el TTP provoca una tinción en los nervios intercostales T₂-T₇ más consistente cuando dicha solución es repartida equitativamente en dos puntos de inyección ipsilaterales (3^{er} y 6^o espacio intercostal) que cuando es inyectada en su totalidad en un único punto (5^o espacio intercostal).
- ✓ Los resultados observados en los estudios cadavéricos realizados referentes al abordaje del TTP, así como los hallazgos observados durante la realización del bloqueo del TTP en el caso clínico publicado, sugieren la potencial eficacia de las técnicas descritas (basadas en la inyección en uno y dos puntos) para proporcionar analgesia a la región ventral de la pared torácica.





9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rioja E. Local anesthetics. En: Grimm KA, Lamont LA, Tranquilli WJ, Greene SA, Robertson SA, editors. *Veterinary anesthesia and analgesia*. 5th. ed. USA: John Wiley & Sons, Inc; 2015. p. 332-354.
2. Ruetsch YA, Böni T, Borgeat A. From cocaine to ropivacaine: the history of local anesthetic drugs. *Curr Top Med Chem*. 2001 Aug; 1(3):175-82.
3. Barrington MJ, Uda Y. Did ultrasound fulfill the promise of safety in regional anesthesia? *Curr Opin Anaesthesiol*. 2018 Oct; 31(5):649-655.
4. Heydinger G, Tobias J, Veneziano G. Fundamentals and innovations in regional anaesthesia for infants and children. *Anaesthesia*. 2021 Jan; 76 Suppl 1:74-88.
5. Chen SL, Kabutey NK, Whealon MD, Kuo IJ, Donayre CE, Fujitani RM. Locoregional anesthesia offers improved outcomes after endovascular repair of ruptured abdominal aortic aneurysms. *Ann Vasc Surg*. 2019 Aug 1; 59:134-42.
6. Martínez Martín A, Pérez Herrero M, Sánchez Quirós B, López Herrero R, Ruiz Bueno P, Cocho Crespo S. Benefits of analgesic blocks, PENG block (Pericapsular Nerve Group), in fast recovery after hip surgery. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2023 Jan 1; 67(1):27-34.

7. Dost B, De Cassai A, Balzani E, Tulgar S, Ahiskalioglu A. Effects of ultrasound-guided regional anesthesia in cardiac surgery: a systematic review and network meta-analysis. *BMC Anesthesiol.* 2022 Dec; 22(1):409.
8. Ohliger S, Harb A, Al-Haddadin C, Bennett DP, Frazee T, Hoffmann C. Addition of deep parasternal plane block to enhanced recovery protocol for pediatric cardiac surgery. *Local Reg Anesth.* 2023; 16:11-8.
9. Joshi GP. Rational multimodal analgesia for perioperative pain management. *Curr Pain Headache Rep.* 2023 Aug; 27(8):227-237.
10. Redondo JJ, Otero PE, Martínez-Taboada F, Doménech L, Hernández-Magaña EZ, Viscasillas J. Anaesthetic mortality in dogs: A worldwide analysis and risk assessment. *Vet Rec.* 2023 Nov 13; e3604.
11. Grigoras A, Lee P, Shorten G. Perioperative intravenous lidocaine decreases the incidence of persistent pain after breast surgery. *Clin J Pain.* 2012 Sep; 28(7):567-72.
12. Hasoon J, Urits I, Viswanath O, Aner M. Utilization of erector spinae plane block in the chronic pain clinic for two patients with post-thoracotomy pain. *Cureus.* 2020 Jul; 12(7): e8988.
13. King M, Stambulic T, Hassan SMA, Norman PA, Derry K, Payne DM, El Diasty M. Median sternotomy pain after cardiac surgery: To block, or not? A systematic review and meta-analysis. *J Card Surg.* 2022 Nov; 23(11):3729-3742.

14. Abar B, Gao J, Fletcher AN, Sachs E, Wong AH, Lazarides AL, et al. Regional anesthesia is associated with improved metastasis free survival after surgical resection of bone sarcomas. *J Orthop Res.* 2023 Dec; 41(12):2721-2729.
15. Murphy L, Shaker J, Buggy DJ. Anaesthetic techniques and strategies: do they influence oncological outcomes? *Curr Oncol.* 2023 May; 30(6):5309-21.
16. Ramachandran G, Sundar AS, Venugopal V, Shah HD, Dogra N. Recent advances in cardiac anaesthesia. *Indian J Anaesth.* 2023 Jan; 67(1):78-84.
17. Kurdi MS, Rajagopal V, Kalyani Sangineni SDL, Thalaiappan M, Grewal A, Gupta S. Recent advances in obstetric anaesthesia and critical care. *Indian J Anaesth.* 2023 Jan; 67(1):19-26.
18. Ballantyne JC, Carr DB, deFerranti S, Suarez T, Lau J, Chalmers TC, et al. The comparative effects of postoperative analgesic therapies on pulmonary outcome: cumulative meta-analyses of randomized, controlled trials. *Anesth Analg.* 1998 Mar; 86(3):598-612.
19. Beattie WS, Badner NH, Choi P. Epidural analgesia reduces postoperative myocardial infarction: a meta-analysis. *Anesth Analg.* 2001 Oct; 93(4):853-8.
20. Rodgers A, Walker N, Schug S, McKee A, Kehlet H, Van Zundert A, et al. Reduction of postoperative mortality and morbidity with epidural or

- spinal anaesthesia: Results from overview of randomised trials. *Br Med J*. 2000 Dec 16; 321(7275):1493-7.
21. Jørgensen H, Wetterslev J, Moineche S, Dahl JB. Epidural local anaesthetics versus opioid-based analgesic regimens for postoperative gastrointestinal paralysis, PONV and pain after abdominal surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2000; (4): CD001893.
 22. Borzellino G, Francis NK, Chapuis O, Krastinova E, Dyevre V, Genna M. Role of epidural analgesia within an eras program after laparoscopic colorectal surgery: a review and meta-analysis of randomised controlled studies. *Surg Res Pract*. 2016; 2016:7543684.
 23. Hughes MJ, Ventham NT, McNally S, Harrison E, Wigmore S. Analgesia after open abdominal surgery in the setting of enhanced recovery surgery: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Surg*. 2014 Dec 1;149(12):1224-30.
 24. El-Boghdadly K, Jack JM, Heaney A, Black ND, Englesakis MF, Kehlet H, et al. Role of regional anesthesia and analgesia in enhanced recovery after colorectal surgery: a systematic review of randomized controlled trials. *Reg Anesth Pain Med*. 2022 May; 47(5):282-292.
 25. Wagemans MF, Scholten WK, Hollmann MW, Kuipers AH. Epidural anesthesia is no longer the standard of care in abdominal surgery with

- ERAS. What are the alternatives? *Minerva Anesthesiol.* 2020 Oct; 86(10):1079-1088.
26. Kim DH, Kim SJ, Liu J, Beathe J, Memtsoudis SG. Fascial plane blocks: A narrative review of the literature. *Reg Anesth Pain Med.* 2021 Jul; 46(7):600-617.
27. Rawal N. Epidural technique for postoperative pain: Gold standard no more? *Reg Anesth Pain Med.* 2012 May; 37(3):310-7.
28. Chin KJ, Lirk P, Hollmann MW, Schwarz SKW. Mechanisms of action of fascial plane blocks: A narrative review. *Reg Anesth Pain Med.* 2021 Jul; 46(7):618-628.
29. Portela DA, Romano M, Otero PE. Locoregional Anesthesia of the Thoracic Limbs and Thorax in Small Animals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2019 Nov; 49(6):1063-1083.
30. Portela DA, Verdier N, Otero PE. Regional anesthetic techniques for the thoracic limb and thorax in small animals: A review of the literature and technique description. *Vet J.* 2018 Nov; 241:8-19.
31. Portela DA, Verdier N, Otero PE. Regional anesthetic techniques for the pelvic limb and abdominal wall in small animals: A review of the literature and technique description. *Vet J.* 2018 Aug; 238:27-40.

32. Viscasillas J, Cañón A, Hernández E, Martínez A, Marti-Scharfhausen R, Lafuente P, Redondo JL. Clinical assessment of introducing locoregional anaesthesia techniques as part as the intraoperative analgesia management for canine ovariohysterectomy in a veterinary teaching hospital. *Animals (Basel)*.2022; 12(15):1939.
33. Viilmann I, Drozdzyńska M, Vettorato E. Analgesic efficacy of a bilateral erector spinae plane block versus a fentanyl constant rate infusion in dogs undergoing hemilaminectomy: a retrospective cohort study. *BMC Vet Res*. 2022 Dec 5; 18(1):423.
34. Viscasillas J, Sanchis-Mora S, Burillo P, Esteve V, Del Romero A, Lafuente P, et al. Evaluation of quadratus lumborum block as part of an opioid-free anaesthesia for canine ovariohysterectomy. *Animals (Basel)*. 2021 Dec 1; 11(12):3424.
35. Di Bella C, Rabozzi R, Veterinario P, Sud R, Sarotti D. Analgesic efficacy of ultrasound-guided transversus abdominis plane block in dogs undergoing ovariectomy. *Front Vet Sci*. 2022 Oct 31; 9: 1031345.
36. Thompson SE, Johnson JM. Analgesia in dogs after intercostal thoracotomy a comparison of morphine, selective intercostal nerve block, and interpleural regional analgesia with bupivacaine. *Vet Surg*. 1991 Jan-Feb; 20(1):73-7.

37. Flecknell PA, Kirk AJB, Liles JH, Hayes PH, Darkl JH. Post-operative analgesia following thoracotomy in the dog: an evaluation of the effects of bupivacaine intercostal nerve block and nalbuphine on respiratory function. *Lab Anim.* 1991 Oct; 25(4):319-24.
38. Morphine E, Intercostal Bupivacaine V, Pascoe PJ, Acva D, Dyson DH. Analgesia After Lateral Thoracotomy in Dogs. *Vet Surg.* 1993 Mar-Apr; 22(2):141-7.
39. Thomson ACS, Portela DA, Romano M, Otero PE. Evaluation of the effect of ultrasound guidance on the accuracy of intercostal nerve injection: a canine cadaveric study. *Vet Anaesth Analg.* 2021 Mar 1; 48(2):256-63.
40. Portela DA, Campoy L, Otero PE, Martín-Flores M, Gleed RD. Ultrasound-guided thoracic paravertebral injection in dogs: a cadaveric study. *Vet Anaesth Analg.* 2017 May 1; 44(3):636-45.
41. Garbin M, Bertolizio G, Portela DA. Thoracic paravertebral block for an opioid-free thoracotomy in a dog. *Vet Anaesth Analg.* 2021 Jul; 48(4):622-623.
42. Ferré BMI, Drozdzyńska M, Vettorato E. Ultrasound-guided bilateral erector spinae plane block in dogs undergoing sternotomies anaesthetised with propofol-dexmedetomidine continuous infusion. *Vet Res Commun.* 2022 Dec 1; 46(4):1331-7.

43. Asorey I, Sambugaro B, Bhalla RJ, Drozdzyńska M. Ultrasound-guided serratus plane block as an effective adjunct to systemic analgesia in four dogs undergoing thoracotomy. *Open Vet J.* 2020; 10(4):407-11.
44. Bosak VL, Piontkovsky RJ, Mazur dos Santos A, Gonçalves Sousa M, Triches Dornbusch P, Duque JC. Ultrasound-guided superficial serratus plane block in multimodal analgesia for three dogs undergoing surgical correction of persistent ductus arteriosus. *Vet Anaesth Analg.* 2022 May; 49(3):330-332.
45. Freitag FA, Gaio TS, dos Santos AA, Muehlbauer E, Machado M, Duque JC. Ultrasound-guided superficial serratus plane block in dog cadavers: an anatomical evaluation and volume dispersion study. *Vet Anaesth Analg.* 2020 Jan 1; 47(1):88-94.
46. Carregaro AB, Freitas GC, Lopes C, Lukarsewski R, Tamiozzo FS, Santos RR. Evaluation of analgesic and physiologic effects of epidural morphine administered at a thoracic or lumbar level in dogs undergoing thoracotomy. *Vet Anaesth Analg.* 2014; 41(2):205-11.
47. Anwar S, Cooper J, Rahman J, Sharma C, Langford R. Prolonged Perioperative use of pregabalin and ketamine to prevent persistent pain after cardiac surgery. *Anesthesiology.* 2019 Jul 1; 131(1):119-31.
48. Korsik E, Meineri M, Zakhary WZA, Balga I, Jawad K, Ender J, et al. Persistent and acute postoperative pain after cardiac surgery with

- anterolateral thoracotomy or median sternotomy: A prospective observational study. *J Clin Anesth.* 2022 May; 77:110577.
49. Sasseron AB, Castilho De Figueiredo L, Trova K, Cardoso AL, Freire NM, Lima V, et al. Does the pain disturb the respiratory function after open heart surgery? *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009 Oct-Dec; 24(4):490-6.
50. Zubrzycki M, Liebold A, Skrabal C, Reinelt H, Ziegler M, Perdas E, et al. Assessment and pathophysiology of pain in cardiac surgery. *J Pain Res.* 2018 Aug 24; 11:1599-1611.
51. Gan TJ. Poorly controlled postoperative pain: Prevalence, consequences, and prevention. *J Pain Res.* 2017 Sep 25; 10:2287-2298.
52. Hecker B. R., Bjurstrom R., Schoene R.B. Effect of intercostal nerve blockade on respiratory mechanics and co2 chemosensitivity at rest and exercise. *Anesthesiology.* 1989; 70:13 8.
53. Cory P.C., Mulroy M.F. Postoperative respiratory failure following intercostal block. *Anesthesiology.* 1981; 54:418 9.
54. Dimarco AF, Connors AF, Kowalski KE. Gas exchange during separate diaphragm and intercostal muscle breathing. *J Appl Physiol* (1985). 2004 Jun; 96(6):2120-4
55. Casey WF. Respiratory failure following intercostal nerve blockade. *Anaesthesia.* 1984; 39(4):351 4.

56. Renes SH, Van Geffen GJ, Snoeren MM, Gielen MJ, Groen GJ. Ipsilateral brachial plexus block and hemidiaphragmatic paresis as adverse effect of a high thoracic paravertebral block. *Reg Anesth Pain Med.* 2011 Mar; 36(2):198-201.
57. Hargrave J, Grant MC, Kolarczyk L, Kelava M, Williams T, Brodt J, et al. An Expert Review of Chest Wall Fascial Plane Blocks for Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2023 Feb; 37(2):279-290.
58. Ueshima H, Takeda Y, Ishikawa S, Otake H. Ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block: A cadaveric study of the spread of injectate. *J Clin Anesth.* 2015 Dec; 27(8):696.
59. Ueshima H, Otake H. Where is an appropriate injection point for an ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block? Vol. 33, *Journal of Clinical Anesthesia.* *J Clin Anesth.* 2016 Sep; 33:190-1.
60. Ueshima H, Hara E, Marui T, Otake H. The ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block is effective for the median sternotomy. *J Clin Anesth.* 2016 Mar; 29:83.
61. Ueshima H, Otake H. Continuous transversus thoracic muscle plane block is effective for the median sternotomy. *J Clin Anesth.* 2017 Feb; 37:174.
62. Fujii S, Bairagi R, Roche M, Zhou JR. Transversus Thoracis Muscle Plane Block. *Biomed Res Int.* 2019 Jul 7; 2019:1716365.

63. Zhang Y, Chen S, Gong H, Zhan B. Efficacy of bilateral transversus thoracis muscle plane block in pediatric patients undergoing open cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020 Sep 1; 34(9):2430-4.
64. Bartlett E, Urman RD, Urits I, Kaye AD, Viswanath O. Is bilateral transversus thoracis muscle plane block effective in minimizing pain in pediatric cardiac surgery? *J Clin Anesth.* 2022 Aug; 79:110083.
65. Elbardan IM, Shehab AS, Mabrouk IM. Comparison of transversus thoracis muscle plane block and pecto-intercostal fascial plane block for enhanced recovery after pediatric open-heart surgery. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2023 Aug; 42(4):101230.
66. Abdildin Y, Tapinova K, Salamat A, Shaimakhanov R, Aitbayev A, Viderman D. Rectus sheath block in abdominal surgery: a systematic review with meta-analysis. *Rom J Anaesth Intensive Care.* 2023 Apr 20; 30(1):43-50.
67. McDonnell JG, O'Donnell BD, Farrell T, Gough N, Tuite D, Power C, et al. Transversus abdominis plane block: a cadaveric and radiological evaluation. *Reg Anesth Pain Med.* 2007 Sep; 32(5):399-404.
68. Rozen WM, Tran TMN, Ashton MW, Barrington MJ, Ivanusic JJ, Taylor GI. Refining the course of the thoracolumbar nerves: A new understanding of the innervation of the anterior abdominal wall. *Clinical Anatomy.* 2008; 21(4):325-33.

69. Elsharkawy H, El-Boghdadly K, Barrington M. Quadratus lumborum block: anatomical concepts, mechanisms, and techniques. *Anesthesiology*. 2019 Feb; 130(2):322-335.
70. Blanco R, Ansari T, Riad W, Shetty N. Quadratus lumborum block versus transversus abdominis plane block for postoperative pain after cesarean delivery: A randomized controlled trial. *Reg Anesth Pain Med*. 2016 Nov 1; 41(6):757-62.
71. Blanco R, Ansari T, Girgis E. Quadratus lumborum block for postoperative pain after caesarean section: A randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol*. 2015 Nov 1; 32(11):812-8.
72. Parsons-Moss D, Martin D, Condori M, Dreyfuss A. Erector spinae plane block performed in the emergency department for abdominal pain: A case series. *Clin Pract Cases Emerg Med*. 2023; 7(3):132-5.
73. Pöpping DM, Elia N, Van Aken HK, Marret E, Schug SA, Kranke P, et al. Impact of epidural analgesia on mortality and morbidity after surgery: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Surg*. 2014; 259(6):1056-67.
74. Rawal N. Epidural technique for postoperative pain: Gold standard no more? *Reg Anesth Pain Med*. 2012 May; 37(3):310-7.
75. Wagemans MF, Scholten WK, Hollmann MW, Kuipers AH. Epidural anesthesia is no longer the standard of care in abdominal surgery with

- ERAS. What are the alternatives? *Minerva Anesthesiol.* 2020 Oct; 86(10):1079-1088.
76. Blanco R. Tap block under ultrasound guidance: the description of a “no pops” technique. *Reg Anesth Pain Med.* 2007 Sep; 32(5):130-130.
77. Stecco A, Macchi V, Masiero S, Porzionato A, Tiengo C, Stecco C, et al. Pectoral and femoral fasciae: Common aspects and regional specializations. *Surg Radiol Anat.* 2009 Jan; 31(1):35-42.
78. Borglum J, Jensen K, Christensen AF, Hoegberg LCG, Johansen SS, Lönnqvist PA, et al. Distribution patterns, dermatomal anesthesia, and ropivacaine serum concentrations after bilateral dual transversus abdominis plane block. *Reg Anesth Pain Med.* 2012 May; 37(3):294-301.
79. El-Boghdadly K, Wolmarans M, Stengel AD, Albrecht E, Chin KJ, Elsharkawy H, et al. Standardizing nomenclature in regional anesthesia: An ASRA-ESRA Delphi consensus study of abdominal wall, paraspinal, and chest wall blocks. *Reg Anesth Pain Med.* 2021 Jul 1; 46(7):571-580.
80. Støving K, Rothe C, Rosenstock C V., Aasvang EK, Lundstrøm LH, Lange KHW. Cutaneous sensory block area, muscle-relaxing effect, and block duration of the transversus abdominis plane block: A randomized, blinded, and placebo-controlled study in healthy volunteers. *Reg Anesth Pain Med.* 2015 Jul 11; 40(4):355-362.

81. Kunigo T, Murouchi T, Yamamoto S, Yamakage M. Injection volume and anesthetic effect in serratus plane block. *Reg Anesth Pain Med.* 2017 Nov 1; 42(6):737-40.
82. Bijkerk E, Cornelissen AJM, Sommer M, Van Der Hulst RRWJ, Lataster A, Tuinder SMH. Intercostal nerve block of the anterior cutaneous branches and the sensibility of the female breast. *Clin Anat.* 2020 Oct; 33(7):1025-1032.
83. Lu Y, Zhang J, Xu X, Chen W, Zhang S, Zheng H, et al. Sensory assessment and block duration of transmuscular quadratus lumborum block at L2 versus L4 in volunteers: A randomized controlled trial. *Minerva Anesthesiol.* 2019 Dec 1; 85(12):1273-80.
84. Juhl CS, Rothe C, Støving K, Aasvang EK, Rosenstock C V., Lange KHW, et al. Intraindividual variation of the transversus abdominis plane block: An exploratory study in healthy volunteers. *Reg Anesth Pain Med.* 2020 Jun 1; 45(6):419-23.
85. Baeriswyl M, Kirkham KR, Kern C, Albrecht E. The analgesic efficacy of ultrasound-guided transversus abdominis plane block in adult patients: A meta-analysis. *Anesth Analg.* 2015 Dec 1; 121(6):1640-54.
86. Kendall MC, Alves L, Traill LL, De Oliveira GS. The effect of ultrasound-guided erector spinae plane block on postsurgical pain: A meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Anesthesiol.* 2020 May 1; 20(1):99.

87. Leong RW, Tan ESJ, Wong SN, Tan KH, Liu CW. Efficacy of erector spinae plane block for analgesia in breast surgery: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*. 2021 Mar; 76(3):404-413.
88. Uppal V, Retter S, Kehoe E, McKeen DM. Quadratus lumborum block for postoperative analgesia: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anaesth*. 2020 Nov; 67(11):1557-1575.
89. Viilmann I, Drozdzyńska M, Vettorato E. Analgesic efficacy of a bilateral erector spinae plane block versus a fentanyl constant rate infusion in dogs undergoing hemilaminectomy: a retrospective cohort study. *BMC Vet Res*. 2022 Dec 1; 18(1):423.
90. Di Bella C, Rabozzi R, Veterinario P, Sud R, Sarotti D. Analgesic efficacy of ultrasound-guided transversus abdominis plane block in dogs undergoing ovariectomy. *Front Vet Sci*. 2022 Oct 31; 9:1031345.
91. Mense S. The pathogenesis of muscle pain. *Curr Pain Headache Rep*. 2003 Dec; 7(6):419-25.
92. Mitchell SAT, Majuta LA, Mantyh PW. New insights in understanding and treating bone fracture pain. *Curr Osteoporos Rep*. 2018 Aug; 16(4):325-332.
93. Joshi GP, Machi A. Surgical site infiltration: A neuroanatomical approach. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2019 Sep; 33(3):317-324.

94. Cassuto J, Sinclair R, Bonderovic M. Anti-inflammatory properties of local anesthetics and their present and potential clinical implications. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2006 Mar; 50(3):265-8.
95. Beaussier M, Delbos A, Maurice-Szamburski A, Ecoffey C, Mercadal L. Perioperative use of intravenous lidocaine. *Drugs*. 2018 Aug; 78(12):1229-1246.
96. Mense S. Nociception from skeletal muscle in relation to clinical muscle pain. *Pain*. 1993; 54:241-89.
97. Hidalgo D.A., Pusic A.L. The role of methocarbamol and intercostal nerve blocks for pain management in breast augmentation. *Aesthet Surg J*. 2005 Nov-Dec; 25(6):571-5.
98. Dam M, Moriggl B, Hansen CK, Hoermann R, Bendtsen TF, Børglum J. The pathway of injectate spread with the transmuscular quadratus lumborum block: A cadaver study. *Anesth Analg*. 2017 Jul 1; 125(1):303-12.
99. Adhikary S Das, Bernard S, Lopez H, Chin KJ. Erector spinae plane block versus retrolaminar block: A magnetic resonance imaging and anatomical study. *Reg Anesth Pain Med*. 2018 Oct 1; 43(7):756-62.
100. Chin KJ, El-Boghdady K. Mechanisms of action of the erector spinae plane (ESP) block: a narrative review. *Can J Anaesth*. 2021 Mar; 68(3):387-408.

101. Adhikary SD, El-Boghdadly K, Nasrallah Z, Sarwani N, Nixon AM, Chin KJ. A radiologic and anatomic assessment of injectate spread following transmuscular quadratus lumborum block in cadavers. *Anaesthesia*. 2017 Jan 1; 72(1):73-9.
102. Carline L, McLeod GA, Lamb C. A cadaver study comparing spread of dye and nerve involvement after three different quadratus lumborum blocks. *Br J Anaesth*. 2016 Sep 1; 117(3):387-94.
103. Aponte A, Sala-Blanch X, Prats-Galino A, Masdeu J, Moreno LA, Sermeus LA. Anatomical evaluation of the extent of spread in the erector spinae plane block: a cadaveric study. *Can J Anaesth*. 2019 Aug; 66(8):886-893.
104. Schwartzmann A, Peng P, Maciel MA, Alcarraz P, Gonzalez X, Forero M. A magnetic resonance imaging study of local anesthetic spread in patients receiving an erector spinae plane block. *Can J Anaesth*. 2020 Aug 1; 67(8):942-8.
105. Visoiu M, Scholz S. Thoracoscopic visualization of medication during erector spinae plane blockade. *J Clin Anesth*. 2019 Nov; 57:113-114.
106. Cornish P.B. Erector spinae plane block. the “happily accidental” paravertebral block. *Reg Anesth Pain Med*. 2018 Aug; 43(6):644-645.

107. Ford D.J., Raj P.P., Singh P., Regan K.M., Ohlweiler D. Differential peripheral nerve block by local anesthetics in the cat. *Anesthesiology*. 1984; 28:28-33.
108. Lambert L.A., Lambert D.H., Strichartz G.R. Irreversible conduction block in isolated nerve by high concentrations of local anesthetics. *Anesthesiology*. 1994; 80(5):1082-93.
109. Kü N, Yamauchi M, Takahashi K, Yamakage M, Wada T. Differential axillary nerve block for hand or forearm soft-tissue surgery. *J Anesth*. 2014; 28(4):549-53.
110. Murouchi T, Iwasaki S, Yamakage M. Quadratus lumborum block: Analgesic effects and chronological ropivacaine concentrations after laparoscopic surgery. *Reg Anesth Pain Med*. 2016; 41(2):146-50.
111. Weibel S, Jeltting Y, Pace NL, Helf A, Eberhart LHJ, Hahnenkamp K, et al. Continuous intravenous perioperative lidocaine infusion for postoperative pain and recovery in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Jun 4; 6(6):CD009642.
112. Masic D, Liang E, Long C, Sterk EJ, Barbas B, Rech MA. Intravenous Lidocaine for Acute Pain: A Systematic Review. *Pharmacotherapy*. 2018 Dec; 38(12):1250-1259.
113. Hermanns H, Hollmann MW, Stevens MF, Lirk P, Brandenburger T, Piegeler T, et al. Molecular mechanisms of action of systemic lidocaine in

- acute and chronic pain: a narrative review. *Br J Anaesth.* 2019 Sep; 123(3):335-349.
114. Ueta K, Sugimoto M, Suzuki T, Uchida I, Mashimo T. In vitro antagonism of recombinant ligand-gated ion-channel receptors by stereospecific enantiomers of bupivacaine. *Reg Anesth Pain Med.* 2006 Jan; 31(1):19-25.
115. Picardi S, Cartellieri S, Groves D, Hahnenekamp K, Gerner P, Durieux ME, et al. Local anesthetic-induced inhibition of human neutrophil priming: The influence of structure, lipophilicity, and charge. *Reg Anesth Pain Med.* 2013 Jan; 38(1):9-15.
116. Latzke D, Marhofer P, Kettner SC, Koppatz K, Turnheim K, Lackner E, et al. Pharmacokinetics of the local anesthetic ropivacaine after transversus abdominis plane block in healthy volunteers. *Eur J Clin Pharmacol.* 2012 Apr; 68(4):419-25.
117. Taketa Y, Irisawa Y, Fujitani T. Comparison of ultrasound-guided erector spinae plane block and thoracic paravertebral block for postoperative analgesia after video-assisted thoracic surgery: a randomized controlled non-inferiority clinical trial. *Reg Anesth Pain Med.* 2020 Jan 1; 45(1):10-5.
118. De Cassai A, Bonanno C, Padrini R, Geraldini F, Boscolo A, Navalesi P, et al. Pharmacokinetics of lidocaine after bilateral ESP block. *Reg Anesth Pain Med.* 2021 Jan 1; 46(1):86-9.

119. Rahiri J, Tuhoe J, Svirskis D, Lightfoot NJ, Lirk PB, Hill AG. Systematic review of the systemic concentrations of local anaesthetic after transversus abdominis plane block and rectus sheath block. *Br J Anaesth.* 2017 Apr 1; 118(4):517-526.
120. Harbell MW, Langley NR, Seamans DP, Kraus MB, Carey FJ, Craner RC. Deep parasternal intercostal plane nerve block: An anatomical study. *Reg Anesth Pain Med.* 2024 Mar 4; 49(3):179-183.
121. Kaya C, Dost B, Dokmeci O, Yucel SM, Karakaya D. Comparison of ultrasound-guided pecto-intercostal fascial block and transversus thoracic muscle plane block for acute poststernotomy pain management after cardiac surgery: a prospective, randomized, double-blind pilot study. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2022 Aug 1; 36(8):2313-21.
122. Sepolvere G, Tognù A, Tedesco M, Coppolino F, Cristiano L. Avoiding the internal mammary artery during parasternal blocks: ultrasound identification and technique considerations. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2021 Jun 1; 35(6):1594-602.
123. Khera T, Murugappan KR, Leibowitz A, Bareli N, Shankar P, Gilleland S, et al. Ultrasound-guided pecto-intercostal fascial block for postoperative pain management in cardiac surgery: a prospective, randomized, placebo-controlled trial. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2021 Mar 1; 35(3):896-903.

124. Zhang Y, Gong H, Zhan B, Chen S. Effects of bilateral Pecto-intercostal Fascial Block for perioperative pain management in patients undergoing open cardiac surgery: a prospective randomized study. *BMC Anesthesiol.* 2021 Jun 22; 21(1):175.
125. Liu G, Gao M, Hu Y, Wang B, Lin Y, Guan Y, et al. Effects of ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block on postoperative pain and side effects: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2023 May; 37(5):788-800.
126. Wong HMK, Chen PY, Tang GCC, Chiu SLC, Mok LYH, Au SSW, et al. Deep parasternal intercostal plane block for intraoperative pain control in cardiac surgical patients for sternotomy: a prospective randomized controlled trial. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2024 Mar 1; 38(3):683 go.
127. Chen S, Zhang H, Zhang Y. Effect of transverse thoracic muscle plane block on postoperative cognitive dysfunction after open cardiac surgery: A randomized clinical trial. *J Cell Mol Med.* 2023 Apr 1; 27(7):976 81.
128. Fujii S, Roche M, Jones PM, Vissa D, Bainbridge D, Zhou JR. Transversus thoracis muscle plane block in cardiac surgery: A pilot feasibility study. *Reg Anesth Pain Med.* 2019 May 1; 44(5):556 60.
129. Aydin ME, Ahiskalioglu A, Ates I, Tor IH, Borulu F, Erguney OD, et al. Efficacy of ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane block on postoperative opioid consumption after cardiac surgery: A prospective,

- randomized, double-blind study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020 Nov 1; 34(11):2996–3003.
130. Xue J jun, Cui Y yang, Busse JW, Ge L, Zhou T, Huang W hua, et al. Transversus thoracic muscle plane block for pain during cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2023 Aug 1; 109(8):2500–2508.
 131. Zhao Y, Jin W, Pan P, Feng S, Fu D, Yao J. Ultrasound-guided transversus thoracic muscle plane-pectoral nerve block for postoperative analgesia after modified radical mastectomy: a comparison with the thoracic paravertebral nerve block. *Perioper Med*. 2022 Jul 27; 11(1):39.
 132. Zublena F, Briganti A, De Gennaro C, Corletto F. Ultrasound-guided parasternal injection in dogs: a cadaver study. *Vet Anaesth Analg*. 2021 Jul 1; 48(4):563–9.
 133. Alaman M, González-Marrón A, Lorente C, Bonastre C, Laborda A. Description of an ultrasound-guided transverse approach to the transversus thoracis plane block and evaluation of injectate spread in canine cadavers. *Animals (Basel)*. 2021 Sep 10; 11(9):2657.
 134. Alaman M, Bonastre C, González-Marrón A, Maidanskaia EG, Laborda A. A Two-Point Ultrasound-Guided Injection Technique for the Transversus Thoracis Plane Block: A Canine Cadaveric Study. *Animals (Basel)*. 2022 Aug 24; 12(17):2165.

- 135. Alaman M, Lence R, Bonastre C, Ramón E, Laborda A, Viscasillas J. An ultrasound-guided two-point transversus thoracic plane block for canine sternotomy. *Vet Anaesth Analg.* 2023 Nov; 50(6):524-526.
- 136. Fernández Barrientos MA, Merlin T. Ultrasound-guided transversus thoracis plane block as part of multimodal analgesia in a dog undergoing median sternotomy. *Vet Anaesth Analg.* 2022 Nov; 49(6):674-676.
- 137. Pérez BR, Martínez CP, Jiménez CP. Thoracic transversus plane block as part of a multimodal analgesia plan in a cat undergoing sternotomy. *Vet Rec Case Rep.* 2023 Jun 1; 11(2):e586.
- 138. Escalante GC, Ferreira TH, Hershberger-Braker KL, Schroeder CA. Evaluation of ultrasound-guided pecto-intercostal block in canine cadavers. *Vet Anaesth Analg.* 2022 Mar 1; 49(2):182-8.
- 139. Hermanson JW. The muscular system. In: Evans HE., de Lahunta A., editors. *Miller's anatomy of the dog.* 4th ed. USA: Elsevier; 2013. p. 220-280.
- 140. Fujii S, Bairagi R, Roche M, Zhou JR. Transversus thoracis muscle plane block. *Biomed Res Int.* 2019 Jul 7; 2019:1716365.
- 141. Evans HE., de Lahunta A. Thoracic nerves. In: Evans HE., de Lahunta A., editors. *Miller's Anatomy of the Dog.* 4th ed. USA: Elsevier; 2013. p. 633-6.

142. Abdallah FW, Laffey JG, Halpern SH, Brull R. Duration of analgesic effectiveness after the posterior and lateral transversus abdominis plane block techniques for transverse lower abdominal incisions: A meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2013 Nov; 111(5):721-35.
143. Tran DQ, Bravo D, Leurcharusmee P, Neal JM. Transversus abdominis plane block: A narrative review. *Anesthesiology*. 2019 Nov; 131(5):1166-1190.
144. Mieszkowski MM, Mayzner-Zawadzka E, Tuyakov B, Mieszkowska M, Zukowski M, Waśniewski T, et al. Evaluation of the effectiveness of the quadratus lumborum block type I using ropivacaine in postoperative analgesia after a cesarean section - a controlled clinical study. *Ginekol Pol*. 2018; 89(2):89-96.
145. Verma K, Malawat A, Jethava D, Jethava D. Comparison of transversus abdominis plane block and quadratus lumborum block for post-caesarean section analgesia: A randomised clinical trial. *Indian J Anaesth*. 2019 Oct 1; 63(10):820-6.
146. Krohg A, Ullensvang K, Rosseland LA, Langesæter E, Sauter AR. The analgesic effect of ultrasound-guided quadratus lumborum block after cesarean delivery: A randomized clinical trial. *Anesth Analg*. 2018; 126(2):559-65.
147. Tamura T, Yokota S, Ando M, Kubo Y, Nishiwaki K. A triple-blinded randomized trial comparing spinal morphine with posterior quadratus

- lumborum block after cesarean section. *Int J Obstet Anesth.* 2019 Nov 1; 40:32-8.
148. Kang W, Lu D, Yang X, Zhou Z, Chen X, Chen K, et al. Postoperative analgesic effects of various quadratus lumborum block approaches following cesarean section: A randomized controlled trial. *J Pain Res.* 2019; 12:2305-12.
149. Zhao Z, Xu K, Zhang Y, Chen G, Zhou Y. Quadratus lumborum block for postoperative analgesia after cesarean section: a meta-analysis of randomized controlled trials with trial sequential analysis. *Sci Rep.* 2021 Sep 13; 11(1):18104.
150. Fujimoto H, Irie T, Mihara T, Mizuno Y, Nomura T, Goto T. Effect of posterior quadratus lumborum blockade on the quality of recovery after major gynaecological laparoscopic surgery: A randomized controlled trial. *Anaesth Intensive Care.* 2019 Mar 1; 47(2):146-51.
151. Ishio J, Komazawa N, Kido H, Minami T. Evaluation of ultrasound-guided posterior quadratus lumborum block for postoperative analgesia after laparoscopic gynecologic surgery. *J Clin Anesth.* 2017 Sep 1; 41:1-4.
152. Brandão VGA, Silva GN, Perez MV, Lewandrowski KU, Fiorelli RKA. Effect of quadratus lumborum block on pain and stress response after video laparoscopic surgeries: A randomized clinical trial. *J Pers Med.* 2023 Apr 1; 13(4).

153. Vamnes JS, Sørenstua M, Solbakk KI, Sterud B, Leonardsen AC. Anterior quadratus lumborum block for ambulatory laparoscopic cholecystectomy: A randomized controlled trial. *Croat Med J.* 2021 Apr 1; 62(2):137-45.
154. Aksu C, Şen MC, Akay MA, Baydemir C, Gürkan Y. Erector spinae plane block vs quadratus lumborum block for pediatric lower abdominal surgery: a double blinded, prospective, and randomized trial. *J Clin Anesth.* 2019 Nov 1; 57:24-8.
155. Dewinter G, Coppens S, Van de Velde M, D’Hoore A, Wolthuis A, Cuypers E, et al. Quadratus lumborum block versus perioperative intravenous lidocaine for postoperative pain control in patients undergoing laparoscopic colorectal surgery: A prospective, randomized, double-blind controlled clinical trial. *Ann Surg.* 2018; 268(5):769-75.
156. Ökmen K, Ökmen BM. Ultrasound-guided anterior quadratus lumborum block for postoperative pain after percutaneous nephrolithotomy: A randomized controlled trial. *Korean J Anesthesiol.* 2020 Feb 1; 73(1):44-50.
157. Ahmed A, Fawzy M, Nasr MAR, Hussam AM, Fouad E, Aboeldahb H, et al. Ultrasound-guided quadratus lumborum block for postoperative pain control in patients undergoing unilateral inguinal hernia repair, a comparative study between two approaches. *BMC Anesthesiol.* 2019 Oct 17; 19(1):184.

158. Hashmi J, Cusack B, Hughes L, Singh V, Srinivasan K. Transmuscular quadratus lumborum block versus infrainguinal fascia iliaca nerve block for patients undergoing elective hip replacement: A double-blinded, pilot, randomized controlled trial. *Local Reg Anesth.* 2022; 15:45–55.
159. Blackwell RE, Kushelev M, Norton J, Pettit R, Vasileff WK. A Comparative analysis of the quadratus lumborum block versus femoral nerve and fascia iliaca blocks in hip arthroscopy. *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2021 Feb 1; 3(1): e7–13.
160. Kukreja P, MacBeth L, Sturdivant A, Morgan CJ, Ghanem E, Kalagara H, et al. Anterior quadratus lumborum block analgesia for total hip arthroplasty: A randomized, controlled study. *Reg Anesth Pain Med.* 2019 Dec 1; 44(12):1075–9.
161. Parras T, Blanco R. Ensayo clínico aleatorizado comparando bloqueo del plano transversal abdominal con abordaje posterior o bloqueo del cuadrado lumbar tipo I con el bloqueo femoral, ambos guiados con ultrasonidos, para analgesia postoperatoria en fractura de cuello de fémur. *Rev Esp Anestesiol Reanim.* 2016 Mar 1; 63(3):141–8.
162. Li J, Wei C, Huang J, Li Y, Liu H, Liu J, et al. Efficacy of quadratus lumborum block for pain control in patients undergoing hip surgeries: a systematic review and meta-analysis. *Front Med.* 2022 Feb 3; 8:771859.

163. Murouchi T, Iwasaki S, Yamakage M. Quadratus lumborum block: Analgesic effects and chronological ropivacaine concentrations after laparoscopic surgery. *Reg Anesth Pain Med.* 2016; 41(2):146-50.
164. Rahendra R, Pryambodho P, Aditianingsih D, Sukmono RB, Tantri A, Melati AC. Comparison of IL-6 and CRP concentration between quadratus lumborum and epidural blockade among living kidney donors: A randomized controlled trial. *Anesth Pain Med.* 2019 Apr 28; 9(2): e91527.
165. Zhu M, Qi Y, He H, Lou J, Pei Q, Mei Y. Analgesic effect of the ultrasound-guided subcostal approach to transmuscular quadratus lumborum block in patients undergoing laparoscopic nephrectomy: A randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol.* 2019 Aug 14; 19(1):154.
166. Little C, Rahman S. Quadratus lumborum blocks in nephrectomy: A narrative review. *Local Reg Anesth.* 2021 Apr 19; 14:57-65.
167. Shukla U, Yadav U, Duggal J. A comparative study of ultrasound-guided quadratus lumborum block and transversus abdominis plane block for postoperative analgesia following total abdominal hysterectomy. *Cureus.* 2023 Mar 20; 15(3):e36412.
168. Naaz S, Kumar R, Ozair E, Sahay N, Asghar A, Jha S, et al. Ultrasound guided quadratus lumborum block versus transversus abdominis plane block for post-operative analgesia in patients undergoing total abdominal hysterectomy. *Turk J Anaesthesiol Reanim.* 2021 Oct 1; 49(5):357-64.

169. Mao Y, Zhao W, Hao M, Xing R, Yan M. Ultrasound-guided quadratus lumborum block at the lateral supra-arcuate ligament versus subcostal transversus abdominis plane block for postoperative analgesia following open hepatectomy: A randomized controlled trial. *J Pain Res.* 2023; 16:1429-40.
170. Omara AF, Elbadry AA, Hagar AMA. Quadratus lumborum block against coupled transversus abdominis block and ilioinguinal/iliohypogastric nerve blocks for postoperative analgesia after total abdominal hysterectomy: A randomized controlled trial. *Anesth Pain Med.* 2023 Apr 1; 13(2).
171. Roy A, Bhoi D, Chhabra A, Mohan VK, Darlong V, Prasad G. Quadratus lumborum block vs. transversus abdominis plane block in laparoscopic trans-abdominal pre-peritoneal repair of inguinal hernia in adults: A randomised controlled trial. *Indian J Anaesth.* 2023 Feb 1; 67(2):207-15.
172. Sørenstua M, Ræder J, Vamnes JS, Leonardsen ACL. Efficacy of a TAP block versus an anterior QLB for laparoscopic inguinal hernia repair: A randomised controlled trial. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2023 Feb 1; 67(2):221-9.
173. Umeh UO, Kaplan DJ, Diskina D, Commeh E, Cuff G, Hertling A, et al. Transmuscular quadratus lumborum block does not provide significant

- benefit for primary hip arthroscopy with pericapsular infiltration: a randomized control trial. *Arthroscopy*. 2023 Dec; 39(12):2456-2463.
174. Fillingham YA, Hannon CP, Kopp SL, Sershon RA, Stronach BM, Meneghini RM, et al. The efficacy and safety of regional nerve blocks in total hip arthroplasty: Systematic review and direct meta-analysis. *J Arthroplasty*. 2022 Oct; 37(10):1922-1927.e2.
 175. Hussain N, Brull R, Speer J, Hu LQ, Sawyer T, McCartney CJL, et al. Analgesic benefits of the quadratus lumborum block in total hip arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*. 2022 Oct; 77(10):1152-1162.
 176. Hu Z, Zhang Z, Tian X. Efficacy of ultrasound-guided quadratus lumborum block for postoperative analgesia after hip arthroplasty: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Arthroplasty*. 2023 Jan; 38(1):194-201.
 177. She H, Qin Y, Peng W, Zhou Y, Dai Y, Wang Y, et al. Anterior quadratus lumborum block for total laparoscopic hysterectomy. *Clin J Pain*. 2023 Nov; 39(11):571-9.
 178. Huang L, Cai Y, Yang L, Liu L, Wang Q, Shi K. Ultrasound-guided anterior quadratus lumborum block at the L2 level for postsurgical analgesia in patients undergoing laparoscopic gynaecological surgery: a

- single-centre, randomised, double-blinded trial at a university-affiliated hospital in China. *BMJ Open*. 2023 Oct 10; 13(10):e073917.
179. Horosz B, Białowolska K, Kociuba A, Dobruch J, Malec-Milewska M. Ultrasound-guided posterior quadratus lumborum block for postoperative pain control after minimally invasive radical prostatectomy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *EXCLI J*. 2022 Jan 27;21:335-343.
180. Zhu Y, Li Z, Qin S, Xu H, He J, Sheng F, et al. Ultrasound-guided posterior quadratus lumborum block can reduce postoperative opioid consumption and promote rapid recovery in patients undergoing sutureless laparoscopic partial nephrectomy: A triple-blind, randomized, controlled study. *Front Oncol*. 2022 Oct 6; 12:969452.
181. Yetik F, Yilmaz C, Karasu D, Haliloğlu Dastan N, Dayioğlu M, Baytar Ç. Comparison of ultrasound-guided quadratus lumborum block-2 and quadratus lumborum block-3 for postoperative pain in cesarean section: A randomized clinical trial. *Medicine*. 2022 Dec 9; 101(49): e31844.
182. Singh NP, Makkar JK, Koduri S, Singh PM. Efficacy of different approaches of quadratus lumborum block for postoperative analgesia after cesarean delivery. *Clin J Pain*. 2023 Nov; 39(11):634-42.
183. Shi R, Shao P, Hu J, Li H, Wang Y. Anterior quadratus lumborum block at lateral supra-arcuate ligament vs lateral quadratus lumborum block for

- postoperative analgesia after laparoscopic colorectal surgery: A randomized controlled trial. *J Am Coll Surg*. 2024 Feb 1; 238(2):197-205.
184. Wikner M. Unexpected motor weakness following quadratus lumborum block for gynaecological laparoscopy. *Anaesthesia*. 2017 Feb 1; 72(2):230-2.
185. Sá M, Cardoso JM, Reis H, Esteves M, Sampaio J, Gouveia I, et al. Quadratus lumborum block: are we aware of its side effects? A report of 2 cases. *Braz J Anesthesiol*. 2018 Jul-Aug; 68(4):396-399.
186. Visoiu M, Pan S. Quadratus lumborum blocks: Two cases of associated hematoma. *Paediatr Anaesth*. 2019 Mar 1; 29(3):286-8.
187. Gupta A, Sondekoppam R, Kalagara H. Quadratus lumborum block: A technical review. *Curr Anesthesiol Rep*. 2019; 9:257-262.
188. Marchina-Gonçalves A, Gil F, Laredo FG, Soler M, Agut A, Belda E. Evaluation of high-volume injections using a modified dorsal quadratus lumborum block approach in canine cadavers. *Animals (Basel)*. 2021 Dec 22; 12(1):18.
189. Marchina-Gonçalves A, Laredo FG, Gil F, Soler M, Agut A, Redondo JI, et al. An Ultrasound-Guided Latero-Ventral Approach to Perform the Quadratus Lumborum Block in Dog Cadavers. *Animals (Basel)*. 2023 Jul 6; 13(13):2214

190. Alaman M, Bonastre C, de Blas I, Gomez-Alvarez CM, Laborda A. Description of a novel ultrasound-guided approach for a dorsal quadratus lumborum block: a canine cadaver study. *Vet Anaesth Analg*. 2022 Jan 1; 49(1):118–25.
191. Garbin M, Portela DA, Bertolizio G, Garcia-Pereira F, Gallastegui A, Otero PE. Description of ultrasound-guided quadratus lumborum block technique and evaluation of injectate spread in canine cadavers. *Vet Anaesth Analg*. 2020 Mar 1; 47(2):249–58.
192. Garbin M, Portela DA, Bertolizio G, Gallastegui A, Otero PE. A novel ultrasound-guided lateral quadratus lumborum block in dogs: a comparative cadaveric study of two approaches. *Vet Anaesth Analg*. 2020 Nov 1; 47(6):810–8.
193. Viscasillas J, Terrado J, Marti-scharfhausen R, Castiñeiras D, Esteve V, Clancy N, et al. A modified approach for the ultrasound-guided quadratus lumborum block in dogs: A cadaveric study. *Animals (Basel)*. 2021 Oct 12; 11(10):2945.
194. Otero PE, Fuensalida SE, Tarragona L, Díaz A, Sanchez MF, Micieli F, et al. Ultrasound-guided caudal quadratus lumborum block combined with the greater ischiatic notch plane block as motor-protective analgesia for the pelvic limb in dogs. *Vet Anaesth Analg*. 2024 Jan; 51(1):97-106.

195. Chiavaccini L, Solari FP, Ham KM, Regier PJ, Vettorato E, Portela DA. Retroperitoneal hematoma after dorsal quadratus lumborum block in two dogs. *Vet Anaesth Analg*. 2024 Jan; 51(1):112-114.
196. Marchina-Gonçalves A, Laredo FG, Gil F, Soler M, Agut A, Redondo JI, et al. An Ultrasound-guided latero-ventral approach to perform the quadratus lumborum block in dog cadavers. *Animals (Basel)*. 2023 Jul 6; 13(13):2214.
197. Degani M, Di Franco C, Tayari H, Fages Carcéles A, Figà Talamanca G, Sandersen C, et al. Postoperative analgesic effect of bilateral quadratus lumborum block (qlb) for canine laparoscopic ovariectomy: Comparison of two concentrations of ropivacaine. *Animals (Basel)*. 2023 Nov 22; 13(23):3604.
198. Visoiu M, Pan S. Quadratus lumborum blocks: Two cases of associated hematoma. *Paediatr Anaesth*. 2019 Mar 1; 29(3):286-8.
199. Hermanson JW. Muscles of the abdominal wall. In: Evans HE., de Lahunta A., editors. *Miller's Anatomy of the Dog*. 4th ed. USA: Elsevier; 2013. p. 224-8.
200. Shao P, Li H, Shi R, Li J, Wang Y. Understanding fascial anatomy and interfascial communication: implications in regional anesthesia. *J Anesth*. 2022 Aug; 36(4):554-563.

201. Castañeda-Herrera FE, Buriticá-Gaviria EF, Echeverry-Bonilla DF. Anatomical evaluation of the thoracolumbar nerves related to the transversus abdominis plane block technique in the dog. *Anat Histol Embryol.* 2017 Aug; 46(4):373-377.
202. Cavalcanti M, Teixeira JG, Medina-Serra R, Stern AW, Romano M, Johnson RD, et al. Erector spinae plane block at the thoracolumbar spine: a canine cadaveric study. *Vet Anaesth Analg.* 2022 Nov 1; 49(6):656-63.
203. Evans HE., de Lahunta A. Lumbar nerves. In: Evans HE., de Lahunta HE., editors. *Miller's Anatomy of the Dog.* 4th ed. USA: Elsevier; 2013. p. 636-45.
204. El-Boghdadly K, Pawa A, Chin KJ. Local anesthetic systemic toxicity: Current perspectives. *Local Reg Anesth.* 2018 Aug 8; 11:35-44.
205. Raymond SA. Subblocking Concentrations of local anesthetics: effects on impulse generation and conduction in single myelinated sciatic nerve axons in frog. *Anesth Analg.* 1992 Dec; 75(6):906-21.
206. Holthusen H, Lipfert P, Klement W. Minimal blocking concentrations of bupivacaine and procaine in an exclusively nociceptive system in humans. *Reg Anesth Pain Med.* 1999 Jul-Aug; 24(4):319-25.
207. McDonnell JG, O'Donnell BD, Farrell T, Gough N, Tuite D, Power C, et al. Transversus abdominis plane block: A cadaveric and radiological evaluation. *Reg Anesth Pain Med.* 2007 Sep; 32(5):399-404.

208. Samerchua A, Leurcharusmee P, Supphapipat K, Unchiti K, Lapisatepun P, Maikong N, et al. Optimal techniques of ultrasound-guided superficial and deep parasternal intercostal plane blocks: a cadaveric study. *Reg Anesth Pain Med*. 2023; 0:1-6.
209. Alaman M, Lence R, Bonastre C, Ramón E, Laborda A, Viscasillas J. An ultrasound-guided two-point transversus thoracic plane block for canine sternotomy. *Vet Anaesth Analg*. 2023 Nov; 50(6):524-526.
210. Otero PE, Klaumann PR, Portela DA. Anestesia Regional. Consideraciones generales. En: Otero PE, Portela DA, editors. *Manual de anestesia regional en animales de compañía: anatomía para bloqueos guiados por ecografía y neuroestimulación*. 1ª ed. Argentina: Inter-médica; 2017. p. 1-46.
211. Feldman HS, Richard Arthur G, Pitkanen M, Hurley R, Marie Doucette A, Covino BG. Treatment of acute systemic toxicity after the rapid intravenous injection of ropivacaine and bupivacaine in the conscious dog. *Anesth Analg*. 1991 Oct; 73(4):373-84.
212. Naja MZ, Ziade MF, El Rajab M, El Tayara K, Lönnqvist PA. Varying anatomical injection points within the thoracic paravertebral space: Effect on spread of solution and nerve blockade. *Anaesthesia*. 2004 May; 59(5):459-63.

213. Chien CH, Li SH, Shen CL. The ovarian innervation in the dog: a preliminary study for the base for electro-acupuncture. *J Auton Nerv Syst.* 1991 Sep; 35(3):185-92.
214. Evans HE., de Lahunta A. The Urogenital System. In: Evans HE., de Lahunta A., editors. *Miller's Anatomy of the Dog*. 4th ed. USA: Elsevier; 2013. p. 361-405.
215. Alamán M, Lorente C, Laborda A, Costas A, Bonastre C. Caso clínico de Anestesia. *Clin Vet Peq An.* 2022; 42(2):107-11.

10. ANEXOS



10.1 INFORMES FAVORABLES DE LA CEEA DE UNIZAR



Comisión ética
asesora para la
experimentación animal
Universidad Zaragoza

Ref. PI12/21NE

CONTROL DE BUENA PRÁCTICA EN EXPERIMENTACIÓN ANIMAL

Título del procedimiento de experimentación:

Descripción de la técnica para el bloqueo anestésico del plano transversal del tórax guiado por ecografía: estudio cadavérico en la especie canina

Título del proyecto en el que se incluye:

Descripción de la técnica para el bloqueo anestésico del plano transversal del tórax guiado por ecografía: estudio cadavérico en la especie canina

Centro de realización: OTROS: HOSPITAL VETERINARIO

Investigador responsable: Alicia Laborda García

Animales o muestras que implica:

especie (s): Perro (*Canis familiaris*)

peculiaridades: Cadáveres donados y fallecidos por causas ajenas al estudio

número: 10

Fecha de presentación: 2 de febrero de 2021

Reunida la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal el día 10 de febrero de 2021, y una vez revisada la documentación disponible en relación a la actividad de experimentación descrita, considera:

Que queda excluida del ámbito de aplicación del RD53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia.

Que el diseño cumple los principios éticos y de protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia, que se ha impuesto la Universidad de Zaragoza.

Por todo ello, se emite **informe FAVORABLE****.

Este informe será válido únicamente para esta actividad. Deberá ser presentada nuevamente a revisión en caso de modificación sustancial de la actividad presentada o cuando la normativa en vigor así lo requiera.

*Órgano habilitado para realizar la evaluación y evaluación retrospectiva (Resolución de 6 de agosto de 2013 de la Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario del Gobierno de Aragón).

****Observaciones:** (1) Actividad con cadáveres, (2) Animales no eutanasiados expresamente para la práctica y (3) Donados por sus propietarios.

En Zaragoza, a la fecha de la firma.

EL SECRETARIO DE LA COMISIÓN

Jorge Palacio Liesa

[Firmado electrónicamente y con autenticidad contrastable según el artículo 27.3.c) de la Ley 39/2015]

LA PRESIDENTA DE LA COMISIÓN

Rosa María Bolea Bailo

Órgano Habilitado Evaluador de Proyectos • Vicerrectorado de Política Científica

Edificio del SAL, C/ Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza • Tel. +34 976 76 28 47 • cea@unizar.es • http://cea.unizar.es

unizar.es

126c907f31ccc59ab7bdaab82b093421
Copia auténtica de documento firmado digitalmente. Puede verificar su autenticidad en <http://valida.unizar.es/csv/126c907f31ccc59ab7bdaab82b093421>

CSV: 126c907f31ccc59ab7bdaab82b093421	Organismo: Universidad de Zaragoza	Página: 1 / 1	
Firmado electrónicamente por	Cargo o Rol	Fecha	
JORGE IGNACIO PALACIO LIESA	Secretario de la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal	16/02/2021 11:22:00	
ROSA MARIA BOLEA BAILO	Presidenta de la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal	16/02/2021 11:39:00	



**Comisión ética
asesora para la
experimentación animal
Universidad Zaragoza**



Ref. PI20/20NE

CONTROL DE BUENA PRÁCTICA EN EXPERIMENTACIÓN ANIMAL

Título del procedimiento de experimentación:

Descripción del bloqueo ecoguiado del plano *Quadratus lumborum* mediante su abordaje dorsal: estudio de la difusión de contraste/tinte en cadáveres caninos mediante tomografía y disección

Título del proyecto en el que se incluye:

Descripción del bloqueo ecoguiado del plano *Quadratus lumborum* mediante su abordaje dorsal: estudio de la difusión de contraste/tinte en cadáveres caninos mediante tomografía y disección

Centro de realización: OTROS: HOSPITAL VETERINARIO

Investigador responsable: Alicia Laborda García

Animales o muestras que implica:

especie (s): Perro (*Canis familiaris*)

peculiaridades: Cadáveres donados y fallecidos por causas ajenas al estudio

número: 15

Fecha de presentación: 4 de febrero de 2020

Reunida la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal* el día 30 de abril de 2020, y una vez revisada la documentación disponible en relación a la actividad de experimentación descrita, considera:

Que queda excluida del ámbito de aplicación del RD53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia.

Que el diseño cumple los principios éticos y de protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia, que se ha impuesto la Universidad de Zaragoza.

Por todo ello, se emite **informe FAVORABLE****.

Este informe será válido únicamente para esta actividad. Deberá ser presentada nuevamente a revisión en caso de modificación sustancial de la actividad presentada o cuando la normativa en vigor así lo requiera.

*Órgano habilitado para realizar la evaluación y evaluación retrospectiva (Resolución de 6 de agosto de 2013 de la Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario del Gobierno de Aragón).

****Observaciones:** (1) Actividad con cadáveres, (2) Animales no eutanasiados expresamente para la práctica y (3) Donados por sus propietarios.

En Zaragoza, a 15 de mayo de 2020

EL SECRETARIO DE LA COMISIÓN

Jorge Palacio Liesa



**Comisión ética
asesora para la
experimentación animal
Universidad Zaragoza**

LA PRESIDENTA DE LA COMISIÓN

Blanca Ros Latienda



CONTROL DE BUENA PRÁCTICA EN EXPERIMENTACIÓN ANIMAL

Título del procedimiento de experimentación:

Descripción de la técnica para el bloqueo anestésico del plano transversal del tórax mediante dos puntos de inyección: estudio cadavérico en la especie canina

Título del proyecto en el que se incluye:

Descripción de la técnica para el bloqueo anestésico del plano transversal del tórax mediante dos puntos de inyección: estudio cadavérico en la especie canina

Centro de realización: OTROS: Hospital Veterinario

Investigador responsable: Alicia Laborda García

Animales o muestras que implica:

especie (s): Perro (*Canis familiaris*)

peculiaridades: Cadáveres donados y fallecidos por causas ajenas al estudio

número: 10

Fecha de presentación: 9 de junio de 2022

Reunida la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal el día 6 de julio de 2022, y una vez revisada la documentación disponible en relación a la actividad de experimentación descrita, considera:

Que queda excluida del ámbito de aplicación del RD53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia.

Que el diseño cumple los principios éticos y de protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia, que se ha impuesto la Universidad de Zaragoza.

Por todo ello, se emite **informe FAVORABLE****.

Este informe será válido únicamente para esta actividad. Deberá ser presentada nuevamente a revisión en caso de modificación sustancial de la actividad presentada o cuando la normativa en vigor así lo requiera.

*Órgano habilitado para realizar la evaluación y evaluación retrospectiva (Resolución de 6 de agosto de 2013 de la Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario del Gobierno de Aragón).

****Observaciones:** (1) Actividad con cadáveres, (2) animales no eutanasiados expresamente para la práctica y (3) donados por sus propietarios.

En Zaragoza, a la fecha de la firma.

EL SECRETARIO DE LA COMISIÓN

Jorge Palacio Liesa

[Firmado electrónicamente y con autenticidad contrastable según el artículo 27.3.c) de la Ley 39/2015]

LA PRESIDENTA DE LA COMISIÓN

Rosa María Bolea Bailo

Órgano Habilitado Evaluador de Proyectos • Vicerrectorado de Política Científica

Edificio del SAI, C/ Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza • Tel. +34 976 76 28 47 • cea@unizar.es • <http://cea.unizar.es>

unizar.es

CSV: 0f64c6f43850f6895d3cb77779327967	Organismo: Universidad de Zaragoza	Página: 1 / 1	
Firmado electrónicamente por	Cargo o Rol	Fecha	
JORGE IGNACIO PALACIO LIESA	Secretario de la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal	11/07/2022 09:02:00	
ROSA MARIA BOLEA BAILO	Presidenta de la Comisión Ética Asesora para la Experimentación Animal	11/07/2022 10:20:00	

Copia auténtica de documento firmado digitalmente. Puede verificar su autenticidad en <http://valida.unizar.es/csv/0f64c6f43850f6895d3cb77779327967>



10.2 APÉNDICE

ARTÍCULO	REVISTA	FACTOR DE IMPACTO	CUARTIL	AREA TEMÁTICA
Description of an ultrasound-guided transverse approach to the transversus thoracis plane block and evaluation of injectate spread in canine cadavers	Animals	3,73	Q1	Veterinary sciences
Description of a novel ultrasound-guided approach for a dorsal quadratus lumborum block: a canine cadaver study.	Veterinary Anaesthesia and Analgesia	1,7	Q2	Veterinary sciences
A two-point ultrasound-guided injection technique for the transversus thoracis plane block: a canine cadaveric study.	Animals	3,6	Q1	Veterinary sciences
Caso clínico en anestesia.	Clínica Veterinaria de Pequeños Animales	0		Veterinary sciences
Ultrasound-guided two-point transversus thoracic plane block for canine sternotomy.	Veterinary Anaesthesia and Analgesia	1,7	Q2	Veterinary sciences

Tabla 1: Revistas, factor de impacto, cuartil y área temática de las publicaciones presentadas en la presente tesis por compendio de artículos.

ARTÍCULO	CONTRIBUCIONES
Description of an ultrasound-guided transverse approach to the transversus thoracis plane block and evaluation of injectate spread in canine cadavers	Revisión de la literatura, diseño del estudio, disecciones anatómicas, obtención de datos, interpretación de los resultados, redacción del manuscrito.
Description of a novel ultrasound-guided approach for a dorsal quadratus lumborum block: a canine cadaver study.	Revisión de la literatura, diseño del estudio, disecciones anatómicas, obtención de datos, interpretación de los resultados, redacción del manuscrito.
A two-point ultrasound-guided injection technique for the transversus thoracis plane block: a canine cadaveric study.	Revisión de la literatura, diseño del estudio, disecciones anatómicas, obtención de datos, interpretación de los resultados, redacción del manuscrito.
Caso clínico en anestesia.	Ejecución de la técnica, manejo anestésico, preparación del manuscrito.
Ultrasound-guided two-point transversus thoracic plane block for canine sternotomy.	Ejecución de la técnica, preparación del manuscrito.

Tabla 2: Contribuciones aportadas en cada uno de los artículos por parte del autor de la presente tesis por compendio de publicaciones.