

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ÉRIKA RONDON LOPES

Avaliação da aplicabilidade da ultrassonografia musculoesquelética do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral de cães hípidos.

Pirassununga

2016

ÉRIKA RONDON LOPES

**Avaliação da aplicabilidade da ultrassonografia
musculoesquelética do segmento toracolombar e lombar da
coluna vertebral de cães hípidos.**

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Biociência Animal

Orientadora: Prof. Dra. Maria Cristina Ferrarini Nunes Soares Hage.

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R771a Rondon Lopes, Érika
Avaliação da aplicabilidade da ultrassonografia
musculoesquelética do segmento toracolombar e
lombar da coluna vertebral de cães hípidos. / Érika
Rondon Lopes ; orientadora Maria Cristina Ferrarini
Nunes Soares Hage. -- Pirassununga, 2016.
66 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Biociência Animal) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. skeleton. 2. muscles. 3. Ultrasound. 4.
vertebrae. I. Ferrarini Nunes Soares Hage, Maria
Cristina, orient. II. Título.

Érika Rondon Lopes

**Avaliação da aplicabilidade da ultrassonografia
musculoesquelética do segmento toracolombar e lombar da
coluna vertebral de cães hípidos.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Biociência Animal.

Data de aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Maria Cristina Ferrarini Nunes Soares Hage– Presidente
Prof(a). Dra. FZEA-USP - Orientador(a)

Daniele dos Santos Martins- Titular
Prof(a). Dra. FZEA-USP

Antonio Carlos Cunha Lacrete Junior- Titular
Prof. Dr. UFLA

DEDICATÓRIA

À Deus por tudo, minha família e namorado pelo apoio, incentivo e amor, aos amigos pelo companheirismo e dedicação, o que me fez acreditar que tudo é possível.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus e a Jesus Cristo, minha maior fonte de inspiração, que me conduz ao melhor caminho e que me fortalece cada dia mais.

Aos meus pais, Liberman e Ilman, minhas irmãs, Laise e Mariana, que foram meu apoio e os maiores incentivadores para concretizar essa etapa e meus financiadores também (rsrs).

Aos meus avós, tios e primos e a você Marcelo Portilho (ex kkkk) pelo carinho de sempre, mesmo à distância.

A minha orientadora, Prof. Dra. Cris Hage, pela oportunidade de continuar o aperfeiçoamento dentro da área de Diagnóstico por Imagem.

Ao que plantou a semente do Diagnóstico por Imagem em mim, o Prof. Dr. Pedro Eduardo Brandini Néspoli (O grande mestre kkk).

Aos pós-graduandos Gabriela Bellegard, Fábio Cury e Shayne Bisseto que me auxiliaram neste trabalho, pelo comprometimento e competência. E também ao nosso técnico, Paulo Henrique França pela ajuda, organização e amizade.

As pessoas que nos ajudaram disponibilizando os seus animais para fazerem parte do projeto (Juliana Casals, Fábica e Gustavo Morandini).

Aos amigos, Atanásio Vidane, Renata Khodair e Fábio Cury pelos nossos encontros maravilhosos de sexta feira, pura descontração. Eduardo Lopes obrigada pelas risadas e Júlio só Deus sabe o quanto sou grata por você ter me ajudado.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos por me acolher e dar suporte no ensino e pesquisa durante a Pós-graduação.

À Fundação De Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e à CAPES (FAPESP Nº Processo 2014/13893-6) pela concessão da bolsa e ajuda técnica durante o período de realização deste Mestrado.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Vulcano pela disponibilização do Tomógrafo da UNESP Botucatu e ao Felipe Suarez pela realização do exame de Ressonância Magnética no PROVET.

“Ensinar é um exercício de imortalidade. De alguma forma continuamos a viver naqueles cujos olhos aprenderam a ver o mundo pela magia da nossa palavra. O professor, assim, não morre jamais...”

Rubem Alves

RESUMO

LOPES, E. R. **Avaliação da aplicabilidade da ultrassonografia musculoesquelética do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral de cães hípidos.** 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

Alterações na coluna vertebral de cães são comumente encontradas na rotina clínica e cirúrgica veterinária. Existem poucos estudos sobre a anatomia ultrassonográfica musculoesquelética do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral normal de cães. O objetivo deste trabalho foi comparar a anatomia ultrassonográfica musculoesquelética normal dos segmentos vertebrais avaliados com imagens obtidas pela ressonância magnética, tomografia computadorizada e peças anatômicas visando demonstrar a sua capacidade de identificação de estruturas. A varredura ultrassonográfica permitiu a visibilização da musculatura da região, processos articulares, processos espinhosos, ligamentos interespinhosos e ligamento amarelo na janela lombossacra. A tomografia computadorizada forneceu imagens com melhor detalhamento ósseo quando comparada ao exame ultrassonográfico. A ressonância magnética de baixo campo permitiu a identificação das mesmas estruturas que o exame ultrassonográfico acrescido da identificação do líquido cefalorraquidiano, processos transversos e melhor detalhamento dos discos intervertebrais e medula espinhal. Com o conhecimento da anatomia ultrassonográfica da região, acredita-se que lesões musculares e ligamentares possam ser identificadas. Vale salientar que em regiões onde a tomografia computadorizada e a ressonância magnética não estejam acessíveis a ultrassonografia da região pode ser uma boa alternativa para identificar possíveis alterações não visibilizadas ao exame radiográfico, ou complementar o mesmo.

Palavras-chave: esqueleto, musculatura, ultrassom, vértebras.

ABSTRACT

LOPES, E. R. **Evaluation of the applicability of musculoskeletal ultrasound of the thoracolumbar and lumbar spine of healthy dogs.** 2016. 66 f. M. Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

Changes in the spine of dogs are usually found in clinical and surgical practices. There are few studies on musculoskeletal ultrasound anatomy of thoracolumbar and lumbar segments of the normal spine of dogs. The aim of this study was to compare normal musculoskeletal ultrasound anatomy of the vertebral segments evaluated with images obtained by magnetic resonance imaging, computed tomography and anatomical parts in order to establish its ability to identify structures. The ultrasound scan allowed visualization of the muscles of the region, articular processes, spinous process, interspinous ligament and yellow ligament in the lumbosacral window. Computed tomography provide images with better bone details when compared to ultrasound examination. Low field magnetic resonance imaging allowed the identification of the same structures as the ultrasound examination plus the identification of cerebrospinal fluid, transverse processes and better detail of the intervertebral discs and spinal cord. Knowledge of ultrasound anatomy of the region may lead to detection of muscle and ligament injuries. It is emphasized that in areas where CT and MRI are not accessible, ultrasonography of the region can be a good alternative to identify possible alterations not visualized by radiographic examination or supplement it.

Keywords: skeleton, muscles, ultrasound, vertebrae.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral	18
2.2	Objetivos Específicos	19
3	JUSTIFICATIVA	19
4	Revisão de literatura	20
4.1	Anatomia musculoesquelética dos segmentos toracolombar e lombar da coluna vertebral de cães.....	20
4.2	Exame radiográfico do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral 24	
4.3	Tomografia computadorizada do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral.....	26
4.4	Ressonância magnética do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral.....	30
4.5	Exame ultrassonográfico do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral.....	33
5	Materiais e Métodos	36
5.1	Local.....	36
5.2	Avaliação de peça anatômica	37
5.3	Exame radiográfico	37
5.4	Exame ultrassonográfico.....	38
5.5	Exame por Tomografia Computadorizada.....	40
5.6	Exame por Ressonância Magnética.....	40
6	Resultados	43
6.1	Região lombossacra (LS).....	44
6.2	Região da terceira vértebra lombar (L3).....	46
6.3	Região da décima terceira vértebra torácica (T13)	48
6.4	Região da décima segunda vértebra torácica (T12)	50
6.5	Estruturas avaliadas nos exames	52
6.6	Ultrassonografia transabdominal para avaliação vertebral.....	53

6.7	Visibilização do ligamento interespinhoso ao exame ultrassonográfico	54
6.8	Visibilização do ligamento amarelo e camadas de tecidos	55
7	Discussão.....	56
8	Conclusões	59
9	Perspectivas.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

Vários meios de diagnóstico por imagem são utilizados para avaliar a coluna vertebral em cães. Os mais utilizados incluem radiografias simples, mielografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética (BASILE; BARROS FILHO, 1995; FOSSUM, 2001).

A ultrassonografia é um meio de diagnóstico por imagem amplamente acessível e tem melhor custo-benefício em relação a tomografia computadorizada e ressonância magnética. A associação de equipamento de ultrassonografia de alta definição e profissional treinado pode fornecer informações semelhantes e até adicionais as obtidas pela ressonância magnética da musculatura vertebral (SAMII; LONG, 2005).

Em humanos a ultrassonografia em coluna vertebral é utilizada: para avaliar lesões medulares traumáticas (HILL; GIBSON, 1995), no intra-operatório em cirurgias de trauma e tumores medulares (MIRVIS; GEISLER, 1990; MAIURI et al., 2000), pré-operatório e evolutivo em pacientes com disrafismos espinhais (BYRD; RADKOWSKI, 1991; CONIGLIO; ANDERSON; FERGUSON, 1996), diagnóstico pré-natal dos disrafismos (SATTAR et al., 1998) e para visibilizar o espaço subaracnóide para punção lombar (NOMURA et al., 2007). Sendo portanto considerada uma técnica segura para aplicação em pessoas de qualquer idade (COLEY; SHIELS; HOGAN, 2001; PETERSON; ABELE, 2005).

Adicionalmente estudos em humanos relatam que o ultrassom pode demonstrar o defeito dural (GRAU et al., 2002) e em pacientes com polimialgia reumática foi visibilizada bursite entre as vértebras (FALSETTI; ACCIAI, 2013). A ultrassonografia já foi descrita também para identificar a origem da dor na região posterior da crista ilíaca (CHANTRAINE et al., 2001), avaliar o músculo multifidus em pacientes com lombalgia aguda (HIDES et al., 1994; GHAMKHAR et al., 2011), orientar drenagem conjunta em pacientes com artrite séptica da faceta articular entre a terceira e quarta vértebras lombares (HARRIES; WATURA, 2012) e guiar injeções perirradiculares (LOIZIDES et al., 2013).

Em equinos a utilização da ultrassonografia em membro é muito descrita (DOWLING et al., 2000), assim como coluna vertebral (FONSECA et al., 2006; VANDEWEERD et al., 2007; FUGLBJERG et al., 2010), auxílio na coleta de líquido

da cisterna magna e avaliação do espaço lombossacro (ALEMAN et al., 2007). Em pequenos animais a utilização da ultrassonografia para avaliar o sistema musculoesquelético vem aumentando (SAMMI; LONG, 2005). Já são encontrados trabalhos descrevendo o ombro (LONG; NYLAND, 1999), ossos longos (RISSELADA; KRAMER; VAN BREE, 2003), cotovelo (LAMB; WONG, 2005), avaliação da cisterna magna em caninos com má formações de Chiari (SCHMIDT et al., 2008) e anatomia ultrassonográfica da coluna cervical (SARTO et al., 2014). Existem poucos estudos sobre a anatomia ultrassonográfica da coluna lombar e punção lombar guiada (ETIENNE; PEETERS; BUSONI, 2010) e não existem estudos sobre a anatomia ultrassonográfica da região toracolombar.

Portabilidade, custo, capacidade de visibilizar tecidos moles e ausência de radiação foram vantagens descritas quando se comparou a ultrassonografia e a tomografia computadorizada para guiar injeções na região epidural em humanos (SMUCK et al., 2007; FRITZ et al., 2009). Portanto, espera-se com este trabalho testar a técnica ultrassonográfica para avaliação dos segmentos toracolombar e lombar da coluna vertebral de cães, com a finalidade de avaliar o potencial de aplicabilidade para esta região.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo visa caracterizar ultrassonograficamente a anatomia musculoesquelética normal do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral de cães.

2.2 Objetivos Específicos

Comparar a anatomia ultrassonográfica musculoesquelética normal dos segmentos vertebrais avaliados com imagens obtidas pela ressonância magnética, tomografia computadorizada e peças anatômicas e demonstrar a capacidade de identificação das estruturas da região por meio da ultrassonografia.

3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pela busca de alternativas que possam contribuir para um diagnóstico de doenças que acometem as regiões toracolombar e lombar de cães, em localidades onde a ressonância magnética e a tomografia computadorizada não estejam disponíveis. Além de comparar os métodos de imagens existentes e descrever as informações complementares que o exame de ultrassonografia pode fornecer.

4 Revisão de literatura

Os serviços de diagnóstico por imagem na medicina veterinária estão sendo cada vez mais explorados com o objetivo de complementar o diagnóstico clínico e direcionar a melhor forma de tratamento para animais acometidos por determinadas enfermidades.

Os segmentos toracolombar e lombar da coluna vertebral são o foco de avaliação em cães com sensibilidade na região ou alterações neurológicas, e para um diagnóstico eficaz é preciso investigar a história clínica, o exame físico e utilizar os principais recursos de diagnóstico por imagem.

4.1 Anatomia musculoesquelética dos segmentos toracolombar e lombar da coluna vertebral de cães.

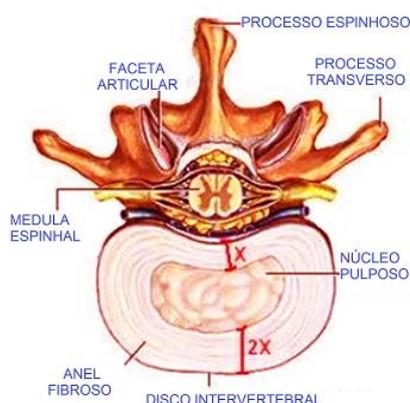
A coluna vertebral consiste em aproximadamente 50 ossos irregulares, que são preenchidos centralmente por uma substância esponjosa envolvidos por uma substância compacta, diferenciada em corpo, arco e os processos vertebrais (KONIG; LIEBICH, 2002). Normalmente a coluna vertebral de cães é formada por sete vértebras cervicais, treze torácicas, sete lombares (podendo variar para seis), três sacrais fusionadas e de uma a vinte e duas vértebras coccígeas (BREIT, 2002; DYCE; SACK; WENSING, 2010).

Entre cada vértebra existe um disco intervertebral (DIV), responsável principalmente por absorver os choques e contribuir para flexibilidade da coluna (DYCE; SACK; WENSING, 2010). A espécie canina possui aproximadamente 26 DIVs, porém não existe disco intervertebral entre a primeira e segunda vértebra cervical e entre cada uma das vértebras sacrais fusionadas (WIDMER; THRALL, 2007).

O DIV é composto por duas partes, uma camada exterior de material fibrocartilaginosa organizado em camadas concêntricas conhecida como anel fibroso (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004) que proporciona ao disco intervertebral um aumento da sua estabilidade e impede a liberdade de movimento das vértebras vizinhas (KONIG; LIEBICH, 2002) e uma região central ovóide de material gelatinoso chamada de núcleo pulposo (BRISSON, 2010) que fica excentricamente localizado no terço dorsal do DIV (SHORES; TEPPER, 2007).

O anel fibroso é aproximadamente duas vezes mais espesso ventralmente em relação a sua porção dorsal o que justifica a localização excêntrica do núcleo pulposo no DIV (SHORES; TEPPER, 2007) como demonstrado na Figura 1. Essa diferença de espessura pode estar relacionada ao aumento do risco de extrusão ou protusão dorsal do DIV em direção ao canal vertebral (BRISSON,2010).

Figura 1- Corte transversal na região vertebral lombar para evidenciar a espessura do disco intervertebral.



Fonte: adaptado e Disponível em http://drhugocampos.blogspot.com.br/2012_06_01_archive.html.

O maior DIV fica situado entre a sétima vértebra lombar e a primeira vértebra sacral (L7-S1) (BOJRAB, 1998). Um ligamento intercápital localizado dorsalmente aos discos intervertebrais da segunda a décima segunda vértebra torácica foi descrito como principal fator para a baixa incidência de protrusão e extrusão de disco intervertebral na região de T2-T10 (HOERLEIN, 1978).

Os corpos das vértebras torácicas são curtos, porém a partir da décima vértebra torácica aumentam em comprimento caudalmente, esse aumento estende-se para a região lombar. Os processos espinhosos da primeira metade das vértebras torácicas são longos e possuem o mesmo comprimento. Na segunda metade diminuem gradualmente em altura e na décima primeira vértebra sua inclinação caudal muda (DYCE; SACK; WENSING, 2004).

Os espaços articulares das primeiras vértebras torácicas são melhores observados em radiografias laterais e os das últimas em radiografias ventrodorsais.

As vértebras torácicas craniais favorecem o movimento lateral da coluna e as caudais favorecem a flexão e extensão sagital (DYCE; SACK; WENSING, 2004).

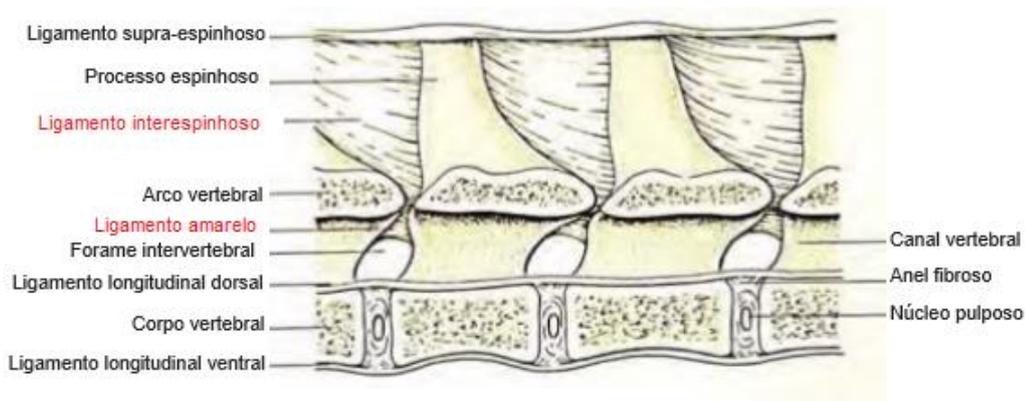
Os processos mamilares são pequenas projeções dorsais do processo transversal que começam a aparecer a partir da terceira vértebra torácica e os processos acessórios surgem da borda caudal do pedículo e estão presentes da região torácica média até a região lombar média (DYCE; SACK; WENSING, 2004).

As vértebras lombares são caracterizadas por processos transversos longos que se tocam cranioventralmente (DYCE; SACK; WENSING, 2004). Os corpos das vértebras lombares são achatados dorsoventralmente, e aumentam de largura da primeira para a última vértebra (SISSON, 1986).

Os músculos da coluna vertebral são divididos em dois grupos de acordo com a posição e inervação. Os músculos epaxiais situam-se dorsal a linha dos processos transversos e recebem seu suprimento nervoso dos ramos dorsais dos nervos espinhais. Os músculos epaxiais compreendem três sistemas longitudinais que são o músculo iliocostal, longuíssimo e transversal espinhal. Em cães esses músculos têm importância clínica, pois em caso de correção cirúrgica de protusão de disco é necessário dissecar e rebater para aliviar a pressão na medula espinhal. Os músculos hipaxiais estão localizados ventralmente aos processos transversos e são inervados pelos ramos ventrais desses nervos (DYCE; SACK; WENSING, 2004).

Os ligamentos da coluna vertebral são agrupados em ligamentos curtos e ligamentos longos. Os ligamentos curtos são o ligamento amarelo, intertransversais e interespinhosos (Figura 2). O ligamento amarelo recobre o espaço interarqueado peridural localizado entre os processos articulares. Os ligamentos intertransversais estão entre os processos transversos das vértebras e os ligamentos interespinhosos estão localizados entre os processos espinhosos das vértebras. Os ligamentos longos são os ligamentos longitudinal dorsal que atravessa o assoalho do canal vertebral a partir da segunda vértebra cervical até o sacro e fixa-se a cada um dos discos intervertebrais e o ligamento longitudinal ventral que segue o aspecto ventral das vértebras desde a oitava vértebra torácica até o sacro e fixa-se a cada um dos discos intervertebrais. Por último o ligamento supra-espinhoso que é uma faixa longitudinal de tecido conjuntivo fibroso, que une o ápice de todos os processos espinhosos (KONIG; LIEBICH, 2011).

Figura 2– Esquema evidenciando os ligamentos interespinhosos e o ligamento amarelo.

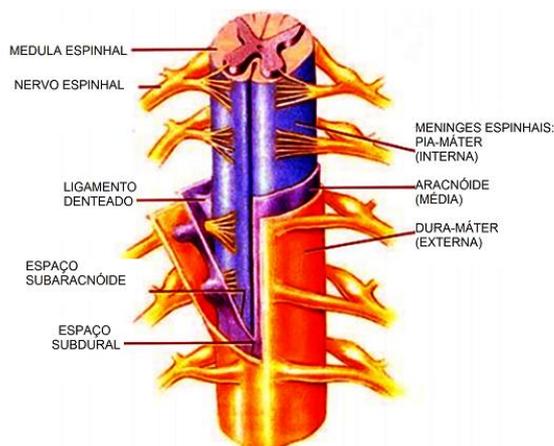


Fonte: Adaptado (KONIG; LIEBICH, 2011).

No canal vertebral está localizado o espaço epidural, a medula espinhal, as meninges e o líquido cefalorraquidiano. As três meninges são: A dura-máter que é a mais externa, fibrosa e resistente; a fina membrana aracnoidea que é justaposta a face interna da dura mater e a pia-máter que é fixada a medula espinhal (Figura 3). No interior do espaço epidural também se encontram tecido adiposo, conjuntivo e abundante trama de plexos nervosos (KLAUMANN; OTERO, 2013).

O líquido cefalorraquidiano presente na cavidade subaracnóidea e o tecido adiposo no interior do espaço epidural envolvem a medula e permitem deslocamentos durante os movimentos normais da coluna (DYCE; SACK; WENSING, 2010).

Figura 3- Medula espinhal e posicionamento das meninges.



Fonte: Adaptado e Disponível em <<http://www.auladeanatomia.com/neurologia/>>

4.2 Exame radiográfico do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral

A avaliação radiográfica da coluna vertebral é complexa (FERREL; BERRY; THRALL, 2007), portanto requer um posicionamento preciso e para isso sugere-se que o paciente deva ser sedado ou submetido a anestesia geral. No entanto se existe suspeita de fratura, luxação, ou discospondilite, as radiografias ventrodorsais e laterais podem ser confeccionadas sem anestesia, pois nessas situações as lesões esperadas normalmente são bem evidentes (BURK; FEENEY, 2003).

Radiografias em projeção laterolateral (LL) e ventrodorsal (VD) devem ser realizadas para avaliação da coluna vertebral. Na junção lombossacra uma radiografia ventrodorsal flexionada também pode ser útil. Para confecção de radiografias de boa qualidade é necessário a utilização de écrans de intensificação, uma grade antidifusora se a espessura do tecido for maior do que 10 centímetros, colimação exatamente no local avaliado melhora a definição da imagem porque reduz a produção de radiação dispersa. Se o animal tem problemas neurológicos ou se há suspeita de doença do disco, o feixe primário deve estar centrado no nível da lesão suspeita (DENNIS et al., 2010). Também deve-se lembrar que o uso da radiografia digital favorece a identificação da lesão quando comparado a radiografia

convencional (ROBERTSON; THRALL, 2011), devido a capacidade de zoom e intensificação do contraste de imagem (HECHT et al., 2009).

A interpretação do exame radiográfico da coluna vertebral consiste na avaliação da radiopacidade, no formato ósseo, na angulação das vértebras ou da coluna vertebral. As alterações avaliadas podem estar correlacionadas com alterações clínicas ou não (BARH, 2010). No exame radiográfico da coluna vertebral são avaliados os processos espinhosos, transversos e articulares das vértebras, forames intervertebrais, alinhamento do canal vertebral e das margens ventrais do corpo vertebral, o arco vertebral em relação a forma e tamanho, a radiopacidade e forma do corpo vertebral, os espaços intervertebrais em relação a largura e radiopacidade e os tecidos moles extravertebrais (FERRELL; BERRY; THRALL, 2007).

Cada vértebra, espaço intervertebral e forame intervertebral correspondente devem ser comparados com os adjacentes. Espaços intervertebrais normalmente aparecem mais estreitos na periferia do filme radiográfico devido a divergência dos raios X do feixe primário. É importante salientar que os discos epifisários vertebrais devem estar fechados por volta de 38 semanas, e que os craniais fecham primeiro que os caudais (DENNIS et al., 2010).

As vértebras torácicas caudais têm corpos semelhantes aos mais craniais, porém os processos espinhosos dorsais são mais curto. As larguras dos espaços intervertebrais tornam-se maiores a partir da vértebra caudal anticlinal (T11) até a junção de T13-L1. A medula espinhal nesta região continua a ser do mesmo tamanho e forma como observada nas vertebbras torácicas craniais (BURK; FEENEY, 2003).

As vértebras lombares são semelhantes em tamanho e forma. A margem ventral dos corpos da terceira e quarta vértebras lombares às vezes não são bem definidas na projeção lateral, devido a existência do tendão que dá origem aos pilares do diafragma (BURK; FEENEY, 2003).

A mielografia é a introdução do meio de contraste no espaço subaracnóide e é indicada quando necessita-se localizar o local exato da compressão medular para posterior cirurgia e quando os achados radiográficos normais são inconclusivos (KEALY; Mc ALLISTER; GRAHAM, 2012).

A mielografia sempre é realizada com o animal sob anestesia geral e sob condições assépticas. Deve-se utilizar meios de contraste iodados não iônicos, como Ioxol (Omnipaque®, 240 mgI/mL) e Iopamidol (Isovue®, 200 mgI/mL), nas

doses de 0,45 mL/Kg para avaliar a coluna inteira e 0,30 mL/kg para avaliar segmento da coluna (WIDMER; THRALL, 2010)

A mielografia lombar é preferencialmente realizada entre a quinta e sexta vértebra lombar (L5-L6), mas pode ser realizada entre L4-L5, porém vale salientar que a injeção em L4-L5 deve ser evitada pois existe uma maior chance de provocar lesão medular (WIDMER; THRALL, 2010); preconiza-se a utilização uma agulha espinhal de até três e meia polegadas na punção lombar (KEALY; Mc ALLISTER; GRAHAM, 2012).

Hoje o uso da mielografia para avaliar animais com suspeita de degeneração de disco intervertebral é baseada na falta de disponibilidade de meios de diagnóstico por imagem mais precisos como tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) (ROBERTSON; THRALL, 2011).

4.3 Tomografia computadorizada do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral

A tomografia computadorizada (TC) foi inventada por Godfrey Hounsfield por volta de 1960 e o mesmo recebeu o prêmio Nobel pela descoberta (JONES; WILSON; BARTELS, 1994). O estudo da tomografia em pequenos animais iniciou-se em meados da década de 80 onde Fik et al. (1980) foram os primeiros a descreverem os aspectos de normalidade de cabeça, tórax, pescoço e abdome. Fingerth et al. (1989) realizaram o primeiro estudo tomográfico da coluna vertebral em animais.

A TC é uma técnica onde se tem uma fonte de raio X que realiza movimentos circulares ao redor do paciente, essa fonte emite feixes de raios X que produzirão cortes seccionais da estrutura anatômica avaliada (SANTOS, 2006). Esses feixes de raios X são captados por detectores localizados na região oposta a fonte de radiação, e esses detectores transmitem a informação ao computador (AMARO JUNIOR; YAMASHITA, 2001).

O aparelho é constituído por um console de comando, com computador e monitor, e pelo “gantry” (abertura do aparelho, por onde o paciente entra) que é formado por um tubo emissor de raios X e seus detectores. O “gantry” pode girar 180° ou 360° em torno do paciente (aparelhos de 3ª ou 4ª geração) para a obtenção da imagem (HATHCOCK, 1993). Os aparelhos helicoidais com multidetectores

permitem rápida aquisição de cortes delgados de toda a coluna vertebral e reconstruções multiplanares da lesão (ROBERTSON; THRALL, 2011).

A imagem tomográfica é adquirida por meio da emissão de raios X que sofrem atenuações ao atravessarem o paciente em cada um dos 360° de rotação do tubo. Esses raios atenuados serão captados pelos detectores e transformados em sinal elétrico e posteriormente em números que o computador utilizará para calcular o coeficiente linear de atenuação dos tecidos para depois produzir uma imagem dentro de uma escala de cinzas, que são conhecidos como unidade de Hounsfield (PINTO et al., 2008).

As unidades de Hounsfield (UH) variam de +1000 a - 1000. Nesta escala a cortical óssea atribui-se o valor de + 1000 (imagem branca), o ar é -1000 (imagem preta) e a água atribui-se o valor zero (imagem cinza), então cada tecido do corpo é atribuído um valor na escala de acordo com a densidade do mesmo. Para descrever as diferenças de densidades entre os tecidos são utilizados os termos isoatenuantes para atenuações semelhantes entre os tecidos, hipotenuantes para situações onde a atenuação é menor que o tecido considerado padrão e hiperatenuantes quando as atenuações são maiores que o tecido padrão (FEENEY; FLETCHER; HAARDY, 1991).

As imagens tomográficas podem ser obtidas nos planos axial ou transversal (Figura 4) e o plano coronal ou dorsal (Figura 5). Depois de obtidas as imagens, os recursos computacionais podem permitir reconstruções no plano sagital (Figura 6) ou reconstruções tridimensionais (STICKLE; HATHCOCK, 1993); em aparelhos mais avançados podem apresentar imagens coloridas (JONES; BANFIELS; WARD, 2002). Os operadores podem ajustar o contraste (abertura da janela) e o brilho (nível da janela) de acordo com o interesse. As janelas permitem que as estruturas avaliadas sejam diferenciadas dentro da escala de cinza (BURGESE, 2006).

As indicações para realização do exame de tomografia computadorizada na coluna vertebral incluem discopatia, neoplasias e alterações do canal vertebral. A TC associada a mielografia é utilizada para identificar com mais precisão o local da lesão dentro do canal vertebral, pois sabe-se que a TC tem uma menor sensibilidade na detecção de tecidos moles quando comparados à ressonância magnética (COATES, 2000). A TC sem contraste não apresenta informações significativas para evidenciar estruturas atenuantes de partes moles da medula, a não ser quando a

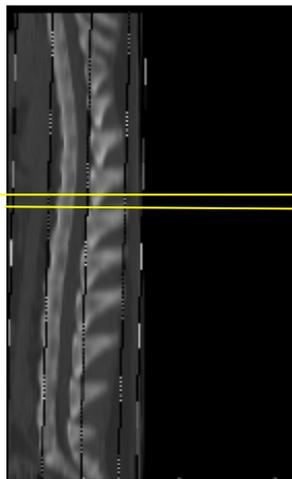
gordura epidural está presente (SHARP et al., 1995). Portanto, a associação da TC com a mielografia nos fornece informações mais precisas (BURGESE, 2006).

A realização da mielotomografia após a mielografia convencional é comum, principalmente se os resultados da mielografia não forem esclarecedores ou por problemas de técnica, porém é fundamental um estudo de TC pré-contraste para comparar os resultados e definir um possível diagnóstico (ROBERTSON; THRALL, 2011).

Para a realização do exame tomográfico do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral, preconiza-se o decúbito dorsal na tentativa de minimizar o artefato de monção relacionado com a respiração. Os pacientes devem ser submetidos a anestesia geral para que o posicionamento seja adequado pois um posicionamento oblíquo pode causar um falso diagnóstico positivo para assimetria anatômica. É recomendado que se realizem cortes incluindo um espaço intervertebral cranial e caudal ao local da lesão de interesse. Preferencialmente preconiza-se cortes de 1,5 mm da lesão, quando ela for bem localizada, caso contrário cortes de 3 mm podem ser utilizados (STICKLE; HATHCOCK, 1993).

A TC é um exame complementar a radiografia, sendo essencial em todos os casos que ela seja precedida pelo exame radiográfico (STICKLE; HATHCOCK, 1993). A tomografia computadorizada apresenta uma grande sensibilidade a pequenas diferenças de atenuação dos raios X e é isenta de sobreposição de estruturas o que lhe confere vantagens em relação a radiografia (TIDWELL, 2010).

Figura 4- Esquema que demonstra o corte transversal da coluna vertebral de cães no exame de TC.



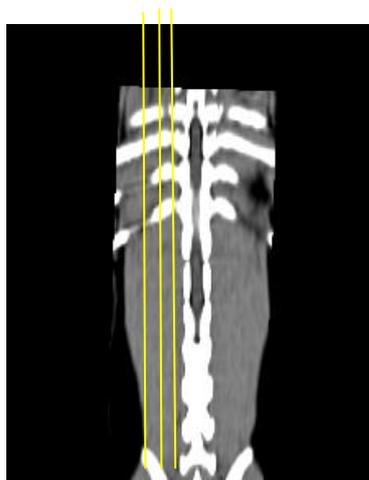
Fonte: Própria autoria

Figura 5 - Esquema que demonstra o corte dorsal da coluna vertebral de cães no exame de TC.



Fonte: Própria autoria.

Figura 6- Esquema que demonstra o corte sagital da coluna vertebral de cães no exame de TC.



Fonte: Própria autoria.

4.4 Ressonância magnética do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral

Em 1973, Lauterbur comprovou ser possível criar imagens de gotas de água utilizando o princípio da ressonância magnética (RM). Na medicina veterinária a RM começou a ser utilizada na pesquisa entre a década de 1980 e início de 1990 (GAVIN, 2009).

Utiliza-se a RM na medicina veterinária principalmente para avaliação do encéfalo em distúrbios do sistema nervoso central (KRAUTWALD-JUNGHANNS et al., 2001), além de ser útil no estudo musculoesquelético e das articulações (REDROBE, 2001). A imagem por ressonância magnética (IRM) é considerada o melhor método para detectar degeneração de disco em cães e para avaliar a medula espinhal, os discos e as estruturas adjacentes, porém é importante salientar que a IRM apresenta má resolução óssea (BRISSON, 2010).

A IRM é a mais sensível das técnicas diagnósticas existentes, produzindo excelentes imagens de contraste de tecido mole, superiores às obtidas por outras técnicas de imagem, como a tomografia computadorizada (HAGE; IWASAKI, 2009). Hoje a ressonância magnética vem substituindo a técnica de mielografia, pois evita o uso de contraste subaracnóideo e fornece uma visão anatômica completa da medula espinhal e da coluna vertebral (ROBERTSON; THRALL, 2011).

A RM é uma técnica não invasiva, com grande potencial diagnóstico, poucos efeitos deletérios e muitos benefícios, que fornece informações anatômicas acuradas, imagens em qualquer plano anatômico, bom contraste e boa resolução espacial e pode sugerir um diagnóstico por si só (HAGE; IWASAKI, 2009).

Segundo Mc Robbie (2007), a investigação da IRM está fundamentada na detecção da resposta do núcleo de hidrogênio a pulsos de radiofrequência na presença de um campo magnético forte e homogêneo. A técnica de RM utiliza as propriedades naturais do hidrogênio. Dentre elas, estão a densidade de prótons (DP) e dois tempos característicos, chamados, de tempo de relaxação longitudinal (T1) e de tempo de relaxação transversal (T2).

Schild (1990) relata que a RM é realizada quando um paciente é colocado dentro de um campo magnético. Este campo magnético irá alinhar todos os prótons de hidrogênio do corpo e posteriormente o aparelho fornecerá um pulso de

radiofrequência que perturbará o alinhamento anterior. Quando cessa o pulso, os prótons irão se alinhar novamente de acordo com o campo magnético do aparelho.

O tempo de relaxamento longitudinal (T1) é o tempo necessário para o realinhamento dos prótons e o tempo de relaxamento transversal (T2) é o tempo necessário para que desapareça a magnetização transversal. Os tempos T1 e T2 irão variar de acordo com o tecido estudado. Em imagens ponderadas em T1, tecidos com longos T1 fornecem sinais mais fracos (Mc ROBBIE, 2007). Tecidos com T2 longos fornecem os mais altos sinais, produzindo imagens claras (Mc ROBBIE, 2007).

Os tecidos biológicos são compostos por muitos prótons de hidrogênio carregados positivamente (BITAR et al., 2006). Quando os prótons são posicionados em um campo magnético externo forte, a maioria alinha-se paralelamente a esse campo, alguns dos prótons de hidrogênio irão se alinhar na mesma direção do campo magnético e outros ao contrário do campo, os campos magnéticos de muitos se anularão, mas umas pequenas quantidades de prótons permanecerão, produzindo um campo magnético residual na direção do campo magnético externo (BITAR et al., 2006).

Sob a ação de um campo magnético forte, os prótons alinhados movimentam-se semelhantes a um pião, esse movimento é denominado precessão. O movimento de precessão está diretamente relacionado ao campo magnético, ou seja, quanto maior a força do campo magnético mais rápido a precessão (JARAMILLO, 2005).

Um núcleo atômico entra em ressonância quando exposto a uma perturbação oscilatória com frequência parecida à sua oscilação natural. Quando isso ocorre, eles ganham energia. A perturbação deve estar na mesma frequência de precessão do núcleo que é ditado pela equação de Larmor (SNELLMAN, 2000).

Sobre a influência de um campo magnético externo forte é utilizada uma radiofrequência na mesma frequência dos núcleos de hidrogênio, outros núcleos atômicos com frequência de precessão diferente não entrarão em ressonância. O hidrogênio absorverá a energia e entrará em ressonância (TROIANO, 2004).

A frequência e a duração dos pulsos podem ser controladas para rotacionar o campo magnético em qualquer ângulo (POOLEY et al., 2005). Após um pulso de 90°, a magnetização na direção longitudinal é zero. O tempo necessário para que a magnetização longitudinal alcance 63% de seu valor total é chamado de relaxação longitudinal ou T1 (BITAR et al., 2006).

A descrição da relaxação transversal (T2) inicia com o campo magnético residual alinhado com o magnético principal. É aplicado um pulso de 90°, o campo magnético residual é rotacionado para o plano transversal, estando os prótons na mesma frequência. Devido à troca de energia entre os núcleos próximos, a magnetização transversal perde energia. O tempo necessário para que a magnetização transversal perca 37% de sua energia total é denominado relaxação transversal ou T2 (POOLEY et al., 2005).

Imagens ponderadas em densidade dos prótons (PD) são baseadas nas diferenças na quantidade de prótons que foram magnetizados pelo volume do tecido. Altas PD fornecem intensidades elevadas de sinal, que são observadas como pixels claros (Mc ROBBIE, 2007).

O tipo de contraste entre os tecidos é controlado pela frequência, duração e o intervalo entre os pulsos de radiofrequências. Os efeitos dessas combinações são chamados de sequências de pulsos (SNELLMAN, 2000). A sequência de pulso mais comum é a Spin Echo (SE), que utiliza dois pulsos de radiofrequência para criar o eco que irá medir a intensidade do sinal. Um pulso inicial de 90 graus faz com que os átomos girem para fora do campo de magnetização longitudinal principal, depois um pulso de 180 graus é aplicado (SNELLMAN, 2000). O intervalo entre os pulsos é chamado de tempo de repetição (TR). O tempo entre o pico do pulso e o pico do eco é chamado de TE (tempo de eco) (BITAR et al., 2006). TE típicos variam de 30 a 150 ms e o TR variam de 500 ms a 3000 ms (JARAMILLO, 2005). A sequência de densidade de prótons (DP) é ponderada entre imagens T1 e T2 e apresenta longo TR e curto TE (SNELLMAN, 2000).

As sequências ponderadas em T2 diferem da T1 pois os líquidos serão hiperatenuantes (brancos) em T2 e em T1 hipoatenuantes (pretos) (COSTA; SAMII, 2010).

Outra sequência de pulso muito utilizada é a Gradient Echo (GE) que utiliza um pulso de RF seguido de um pulso de gradiente para criar o eco que irá medir a intensidade do sinal. Essas sequências propiciam menor tempo de varredura, porém a qualidade da imagem é inferior (BITAR et al., 2006).

A RM para avaliar a coluna vertebral permite distinguir a medula espinhal, líquido cefalorraquidiano, a gordura epidural, estruturas venosas, ligamentos e arquitetura interna das vértebras (DENNIS, 2011). Quando comparada a mielotomografia a RM apresenta inúmeras vantagens como a não necessidade de administração de

contraste minimizando o risco do procedimento e fornecendo uma imagem de melhor qualidade (COSTA; SAMII, 2010).

Pode-se utilizar o contraste gadolínio, que é um metal pesado ligado a um quelato (LUFKIN, 1999). A via de administração é intravenosa e esse contraste permite identificar com maior precisão as margens da lesão, principalmente no encéfalo (KURIASHKIN; LOSONSKY, 2000).

Algumas desvantagens do uso da RM podem ser citadas, como por exemplo, o seu alto custo de aquisição e de manutenção (HAGE; IWASAKI, 2009), a sua sensibilidade a qualquer movimento devendo o paciente ser mantido em sedação profunda ou anestesia geral (REDROBE, 2001). O paciente também não pode possuir objetos metálicos no momento da realização do exame devido a capacidade eletromagnética do equipamento (SPAULDING; LOOMIS, 1999). Outra desvantagem desta técnica é a existência de poucos centros de imagem no Brasil que possuem este equipamento, além de ter um custo superior a TC, o que tem limitado o seu uso (HAGE; IWASAKI, 2009).

4.5 Exame ultrassonográfico do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral

O ultrassom compreende ondas sonoras de alta frequência inaudíveis para o ouvido humano (maiores que 20 KHz). O princípio de formação da imagem ultrassonográfica se baseia na reflexão do som e sua interação com os diferentes tecidos. Os transdutores contêm cristais com propriedades pizoelétricas que, quando submetidos a corrente elétrica alternada vibram e produzem o som. As ondas sonoras produzidas pelo aparelho atravessam os tecidos até que ele atinja uma superfície refletora, parte da onda retorna ao transdutor e esse eco é transformado em corrente elétrica que é convertida em imagem na tela do ultrassom (CARVALHO; DUPRÉ; PEREZ, 2009).

A ortopedia veterinária utiliza a radiografia como o principal exame complementar para auxílio diagnóstico e até mesmo prognóstico de algumas doenças que envolvem o sistema musculoesquelético, porém o exame radiográfico limita-se a fornecer mais informações em relação aos tecidos ósseos. Com o avanço da ultrassonografia na veterinária, surgiu a oportunidade de avaliar tanto o tecido mole quanto o tecido ósseo e foi acrescentada informações que antes eram

diagnosticadas somente com o exame radiográfico, como por exemplo, avaliar integridade dos tendões e ligamentos, aspectos da musculatura, nervos, arquitetura dos vasos sanguíneos e também foi possível o monitoramento de fraturas (FELICIANO; GARCIA; VICENTE, 2015).

Sabe-se que a avaliação musculoesquelética por ultrassom ainda é uma modalidade pouco utilizada na medicina veterinária, diferentemente do que ocorre na medicina humana. Embora a ressonância magnética seja o padrão ouro para a visualização de alterações em tecidos moles, vale salientar que seu custo e sua mão de obra extremamente especializada impossibilitam sua utilização com frequência na medicina veterinária. A ultrassonografia por outro lado, é uma técnica relativamente barata, acessível e com operador especializado pode fornecer informações iguais ou, por vezes, até mesmo adicionais as obtidas pela ressonância magnética; esse motivo justifica o aumento da utilização da ultrassonografia para avaliação musculoesquelética (SAMII; LONG, 2005).

Antes de realizar o exame ultrassonográfico é necessário a tricotomia, seguida da utilização e posteriormente aplicação do gel de contato. O animal é posicionado de acordo com a área investigada. A frequência do transdutor normalmente varia de 7,5 – 10 MHz, porém para avaliação de estruturas mais profundas em animais de porte grande a frequência pode variar para 5 MHz. Transdutores lineares são preferenciais principalmente para avaliar tendões, já os transdutores setoriais ou curvilíneos são úteis para avaliar estruturas mais profundas (SAMII; LONG, 2005). Alguns autores indicam a utilização de almofada de silicone para avaliar estruturas superficiais (CHLEM; KAPLAN; DUSSAULT, 1994).

O exame ultrassonográfico dos tecidos moles paravertebrais pode ser realizado a partir de uma abordagem dorsal ou lateral. Para obtenção da imagem do aspecto ventral do corpo vertebral no segmento lombar é necessário colocar o transdutor lateralmente, ventral a musculatura hipoaxial e com angulação dorsal ou através de uma abordagem transabdominal (DENNIS et al., 2010).

A pele ao exame ultrassonográfico mede cerca de 2 a 3 mm de espessura e tem aparência laminar hiperecogênica. Os tecidos subcutâneos estão localizados diretamente abaixo da pele e são compostos principalmente de tecido conectivo e gordura, sua largura depende da localização e da condição corporal do paciente (SAMII & LONG, 2005). Os tecidos subcutâneos são hipoecogênicos em relação a

pele e como têm na sua composição gordura, apresentam-se hipocogênicos com pontos hiperecogênicos (KRAMER et al., 1997).

Os músculos no plano longitudinal são visibilizados hipocogênicos com estrias finas, oblíquas e ecogênicas que representam as fâscias musculares. No plano transversal são visibilizados múltiplos focos ecogênicos representando as estrias que são unidas em suas porções terminais (SAMII; LONG, 2005). A principal característica do músculo é que sua ecogenicidade varia de acordo com a contração, ou seja, quando está contraído apresenta-se mais ecogênico do que quando está relaxado (LEW et al., 2007).

Devido a impedância acústica a superfície óssea é visibilizada como uma linha hiperecogênica (SAMII; LONG, 2005) que produz sombra acústica posterior (KRAMER et al., 1997).

A investigação ultrassonográfica para avaliação de tendões e ligamentos em pacientes de pequeno porte está sendo utilizada recentemente (RIVERS et al., 1997). Em um corte longitudinal os tendões são hiperecogênicos e apresentam fibras paralelas organizadas (CHLEM; KAPLAN; DUSSAULT, 1994). No corte transversal os tendões são circulares, ovais e levemente heterogêneos (SAMII; LONG, 2005). Os ligamentos não são passíveis de serem visibilizados pois, são estruturas muito pequenas e estão muito próximas as superfícies ósseas, exceto os ligamentos do joelho (CHLEM; KAPLAN; DUSSAULT, 1994).

Parte da medula espinhal pode ser visibilizada pelo espaço do disco intervertebral através da abordagem dorsolateral pela musculatura lombar ou pela face ventral quando se realiza ultrassonografia abdominal (HUDSON; KRAMER, 2011).

Existem poucos estudos sobre a anatomia ultrassonográfica da coluna lombar e punção lombar guiada (ETIENNE et al., 2010), porém na literatura veterinária não foram encontrados trabalhos sobre ultrassonografia normal do sistema musculoesquelético do segmento toracolombar da coluna vertebral de cães.

5 Materiais e Métodos

Após aprovação do comitê de ética CEUA/FZEA-USP (nº. 14.1.1469.74.1) foram realizados estudos com peças anatômicas pertencentes ao Laboratório de Anatomia Veterinária da FZEA-USP e em animais que vieram a óbito em clínicas particulares da cidade de Pirassununga. Após reconhecimento anatômico com as peças foram confeccionados exames radiográficos (sem anestesia) para triagem dos cães a serem incluídos no experimento, todos os animais com alterações nesse exame radiográfico prévio foram excluídos do experimento. Nos animais em que não foram encontradas alterações ao exame radiográfico foram realizados hemograma completo e perfil bioquímico renal e hepático. Os cães sem alterações ao exame de sangue foram anestesiados para confecções de radiografias nas projeções laterolateral e ventrodorsal ao longo de toda a coluna vertebral. Posteriormente ao estudo radiográfico foram selecionados então, dez animais hígidos que tiveram os segmentos toracolombar e lombar (T10-L7) da coluna vertebral avaliados ultrassonograficamente pela abordagem dorsal. Adicionalmente, em dois animais foi possível a avaliação ultrassonográfica dos segmentos vertebrais pela abordagem transabdominal. Após os estudos descritivos das peças anatômicas, das confecções das radiografias e das avaliações ultrassonográficas um animal foi selecionado para realização dos exames de tomografia computadorizada e ressonância magnética.

5.1 Local

O estudo anatômico e a preparação de peças anatômicas foram realizados no laboratório de Anatomia Veterinária da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA), Pirassununga-SP, a avaliação radiográfica e ultrassonográfica dos segmentos toracolombar e lombar da coluna vertebral dos cães foram conduzidos no setor de Diagnóstico por Imagem da FZEA. O exame de tomografia computadorizada foi realizado no setor de Diagnóstico por Imagem, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, Botucatu/São Paulo e o exame de ressonância magnética foi realizado no PROVET Medicina Veterinária diagnóstica em Moema/São Paulo.

5.2 Avaliação de peça anatômica

Os animais estudados foram disponibilizados pelo laboratório de anatomia e outros três animais que vieram a óbito em clínicas particulares da cidade de Pirassununga. Os três cadáveres foram congelados, e posteriormente, com o auxílio de uma serra elétrica em fita da marca Siemens® foram realizados cortes no plano transversal.

As imagens das peças anatômicas foram fotografadas com uma câmera SONY Super SteadyShot DSC-H2 (6.0 Mega Pixels) e posteriormente organizadas no programa Microsoft® PowerPoint 2013. Posteriormente a coleta dos dados as imagens das peças anatômicas foram comparadas com as imagens obtidas por meio dos exames radiográficos, ultrassonográficos e aos exames de ressonância magnética e tomografia computadorizada da região estudada com o auxílio de livros de anatomia (KONIG; LIEBICH, 2002; DYCE; SACK; WENSING, 2010) e de diagnóstico por imagem (BAGLEY; GAVIN; HOLMES, 2009; ASSHEUER; SAGER, 1997).

5.3 Exame radiográfico

Dez animais foram selecionados para o experimento após triagem por exame radiográfico prévio, hemograma completo e perfil bioquímico renal e hepático. Foram considerados aptos os cães que não apresentaram alterações radiográficas ao longo da coluna vertebral e que foram considerados hígidos após a análise dos exames de sangue.

Após a triagem os animais foram submetidos a contenção química utilizando como medicação pré-anestésica (MPA) acepromazina e morfina nas doses de 0,05 mg/kg e 0,5 mg/kg respectivamente por via intramuscular. Os exames radiográficos foram realizados em alguns animais onde a medicação pré-anestésica proporcionou suficiente relaxamento. Os animais que permaneceram atentos com a MPA foram induzidos com propofol na dose de 5 mg/kg por via intravenosa e mantidos no plano anestésico com anestésico inalatório isoflurano. Foram monitoradas a frequência cardíaca, respiratória e temperatura retal até que os mesmos estivessem recuperados totalmente e pudessem voltar para os seus proprietários.

Após a realização da anestesia os animais foram posicionados corretamente e foram confeccionadas radiografias seriadas de toda a coluna vertebral do animal em diferentes posicionamentos (laterolateral e ventrodorsal).

O aparelho radiográfico utilizado foi o modelo Altus ST da marca SAWAE® de 630 mA e 125 kV com ampola de Raios X de anodo giratório equipado com mesa radiológica com grade fixa. Os filmes radiográficos utilizados foram colocados em chassis metálico, portando telas intensificadoras nos tamanhos adequados ao porte do animal. A revelação e fixação foram realizadas em processadora automática de filmes de Raio X da marca Lotus modelo LX-2.

As confecções dos exames radiográficos seguiram as normas de proteção radiológica vigente. Os médicos veterinários envolvidos na realização do exame usaram aventais com 0,5 mm de espessura de chumbo na parte anterior e 0,25 mm na parte posterior, protetor de tireoide com 0,50 mm de espessura de chumbo e luvas com 0,50 mm de espessura de chumbo. A técnica foi baseada correlacionando quilovoltagem (kV) e miliamperagem (mA), segundo a espessura do segmento toracolombar e lombar. Os animais foram radiografados na projeção ventrodorsal e laterolateral para avaliação dos segmentos cervical, torácico, toracolombar, lombar e lombossacro.

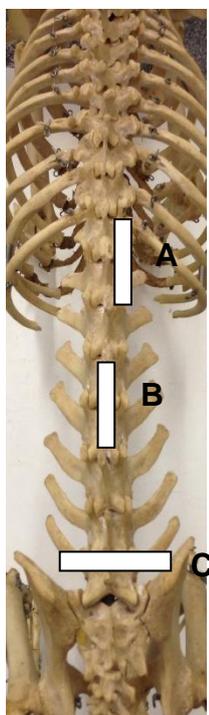
5.4 Exame ultrassonográfico

O exame ultrassonográfico foi realizado com aparelho de ultrassonografia modelo My Lab Class C Vet da marca Esaote®, equipado com o transdutor linear eletrônico (LA 533) de 8 a 13 MHz, além do uso de máquina de tosa e o gel acústico.

O procedimento iniciou com tricotomia da região de estudo com máquina de tosa e posterior aplicação de gel acústico, no presente estudo não foi utilizado almofadas digitais. Os animais foram mantidos em decúbito lateral direito com os membros torácicos paralelos e estendidos cranialmente e os membros pélvicos paralelos e levemente estendidos cranialmente. Primeiramente foram realizadas as aquisições das imagens em modo B no plano longitudinal mediano e paramediano e posteriormente no plano transversal para análise dos segmentos lombossacro até a

região toracolombar da coluna vertebral (do osso sacro até a décima vértebra torácica) (Figura 7). A varredura ultrassonográfica se iniciou pela região lombossacra, pois a mesma foi a região mais fácil de ser evidenciada, e após a análise da mesma o transdutor foi sendo deslocado cranialmente até a décima vértebra torácica. Também foi utilizado o Doppler de Amplitude para identificar estruturas vasculares.

Figura 7- Fotografia da coluna vertebral de esqueleto de cão, onde está demarcada a orientação do corte ultrassonográfico.



Legenda: Plano longitudinal paramediano (A), longitudinal mediano (B) e transversal (C).

Fonte: Própria autoria.

5.5 Exame por Tomografia Computadorizada

O animal submetido ao exame de tomografia computadorizada foi devidamente anestesiado. Como medicação pré-anestésica foi utilizado acepromazina e morfina nas doses de 0,02 mg/kg e 0,5 mg/kg respectivamente por via intramuscular e posteriormente o animal foi induzido com propofol na dose de 3,5 mg/kg intravenoso e para manutenção da anestesia foi utilizado anestésico inalatório isoflurano até o término do procedimento. A frequência cardíaca, respiratória e temperatura retal do animal foram monitoradas até a completa estabilização e posteriormente o animal foi devolvido ao proprietário.

As imagens utilizadas no trabalho foram obtidas em um equipamento da marca Shimadzu®, modelo SCT-7800. A técnica utilizada foi de 120 quilovolts (kV) e 160 miliamperes (mA), com dois segundos de tempo de aquisição, espessura de corte de dois milímetros e intervalo entre corte de 2 mm, sem utilização de contraste, da décima vértebra torácica até a região lombossacra. Os planos de imagens obtidos foram os transversais e sagitais. Nas imagens tomográficas foram utilizadas as janelas de tecido mole e ósseo de acordo com Tidwell (2007).

5.6 Exame por Ressonância Magnética

O cão foi submetido ao exame de ressonância magnética e foi devidamente anestesiado. Como medicação pré-anestésica foi utilizado acepromazina e petidina nas doses de 0,03 mg/kg e 3 mg/kg respectivamente por via intramuscular e posteriormente o animal foi induzido com propofol e midazolam na dose de 3 mg/kg e 0,2 mg/kg respectivamente; para manutenção da anestesia foi utilizado anestésico inalatório isoflurano até o término do procedimento. A frequência cardíaca, respiratória e temperatura retal do animal foram monitoradas até a completa estabilização e posterior devolução do animal ao proprietário.

As imagens utilizadas foram adquiridas por meio de um equipamento da marca Esaote® modelo Vet MR Grande de 0,3 Tesla e bobina de coluna número 13. Os planos de imagens utilizados foram o transversal e o sagital. As imagens foram adquiridas nas sequências Spin Echo (SE) ponderada em T1 e Fast Spin Echo

(FSE) ponderada em T2. Os parâmetros utilizados em cada sequência e os planos de corte estão elucidados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Parâmetros do exame de RM em plano transversal.

<i>Parâmetros/ Sequências</i>	<i>SE T1 (T10-TL)</i>	<i>SE T1 (L1-LS)</i>	<i>FSE T2 (T10-TL)</i>	<i>FSE T2 (L1-LS)</i>
Tempo de repetição (TR) (ms)	700	600	3450	3180
Tempo de eco (TE) (ms)	26	26	90	90
Espessura do corte (mm)	3	3	3	3
Campo de visão (FOV) (mmXmm)	300x300	300x300	300x300	300x300

Legenda: T10- décima vértebra torácica, TL- região toracolombar, L1-primeira vértebra lombar, LS-região lombossacra, SE T1- Sequência de pulso Spin Echo ponderada em T1 e FSE T2- Fast Spin Echo ponderada em T2.

Fonte: Própria autoria.

Tabela 2- Parâmetros do exame de RM em plano sagital.

<i>Parâmetros/ Sequências</i>	<i>SE T1 (T10-TL)</i>	<i>SE T1 (L1- LS)</i>	<i>FSE T2 (T10-TL)</i>	<i>FSE T2 (L1- LS)</i>
Tempo de repetição (TR) (ms)	600	600	3140	3140
Tempo de eco (TE) (ms)	26	26	90	90
Espessura do corte (mm)	3	3	3	3
Campo de visão (FOV) (mmXmm)	320x320	320x320	320x320	320x320

Legenda: T10- décima vértebra torácica, TL- região toracolombar, L1-primeira vértebra lombar, LS-região lombossacra, SE T1- Sequência de pulso Spin Echo ponderada em T1 e FSE T2- Fast Spin Echo ponderada em T2.

Fonte: Própria autoria.

6 Resultados

No presente estudo foi possível observar que a pele ao exame ultrassonográfico apresentou aparência laminar hiperecogênica (Figura 14).

Os tecidos subcutâneos foram visibilizados como áreas hipoeecogênicas com presença de pontos hiperecogênicos (Figura 14).

Os músculos no plano longitudinal foram visibilizados hipoeecogênicos e as fâscias musculares tiveram aspectos de estrias ecogênicas. No plano transversal foram visibilizados hipoeecogênicos com focos ecogênicos.

A superfície óssea de cada vértebra foi visibilizada como uma linha hiperecogênica produtora de sombra acústica posterior.

A espessura de corte dos segmentos vertebrais avaliados ao exame tomográfico foi de dois milímetros (2 mm) e permitiu bom detalhamento ósseo das vértebras.

Com a utilização da RM foi possível visibilizar mais estruturas com melhor definição de imagem quando comparadas a outras técnicas de imagem (Quadro 1). Salienta-se, entretanto, que a visibilização do ligamento amarelo e dos ligamentos interespinhosos só foram possíveis por meio da ultrassonografia.

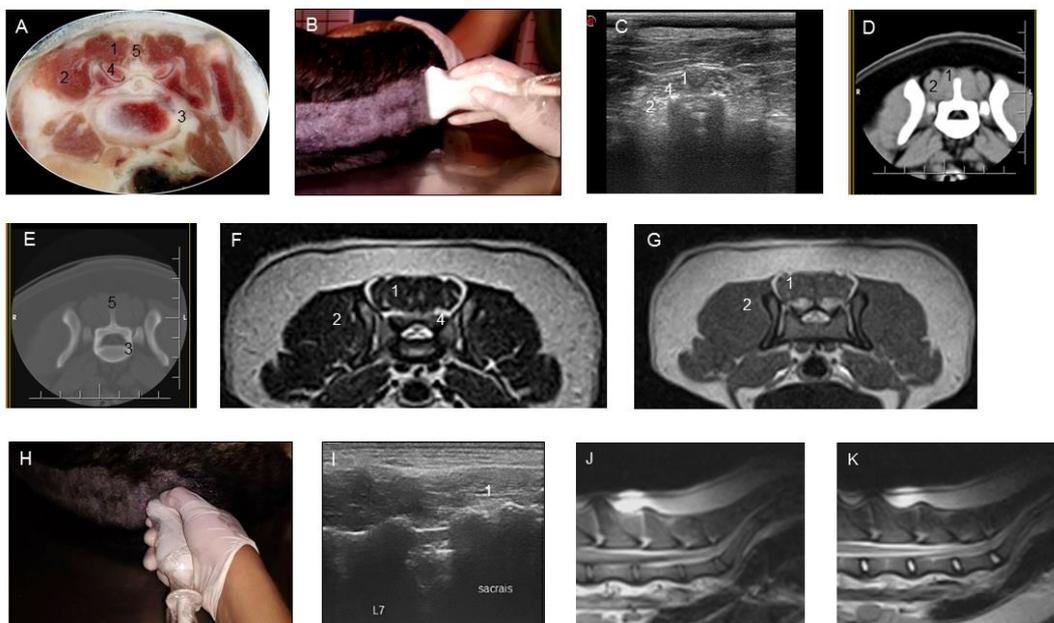
Neste estudo utilizou-se nas IRM duas sequências de pulso e dois planos de imagem (transversal e sagital) com a intenção de identificar a maioria das estruturas anatômicas. Nas imagens SE ponderadas em T1 foi possível a visibilização da musculatura com melhor definição do que as imagens FSE ponderadas em T2. Nas imagens ponderadas em T2 foi possível visibilizar o núcleo do disco intervertebral e o líquido cefalorraquidiano.

Os resultados estão apresentados nas páginas à seguir estabelecendo uma correlação entre os métodos de diagnóstico por imagem e as peças anatômicas.

6.1 Região lombossacra (LS)

1. M. múltifidos lombares
2. M. longuíssimos lombares
3. Sétima vértebra lombar
4. Processos articulares caudais
5. Processo espinhoso

Figura 8- Imagens da região lombossacra



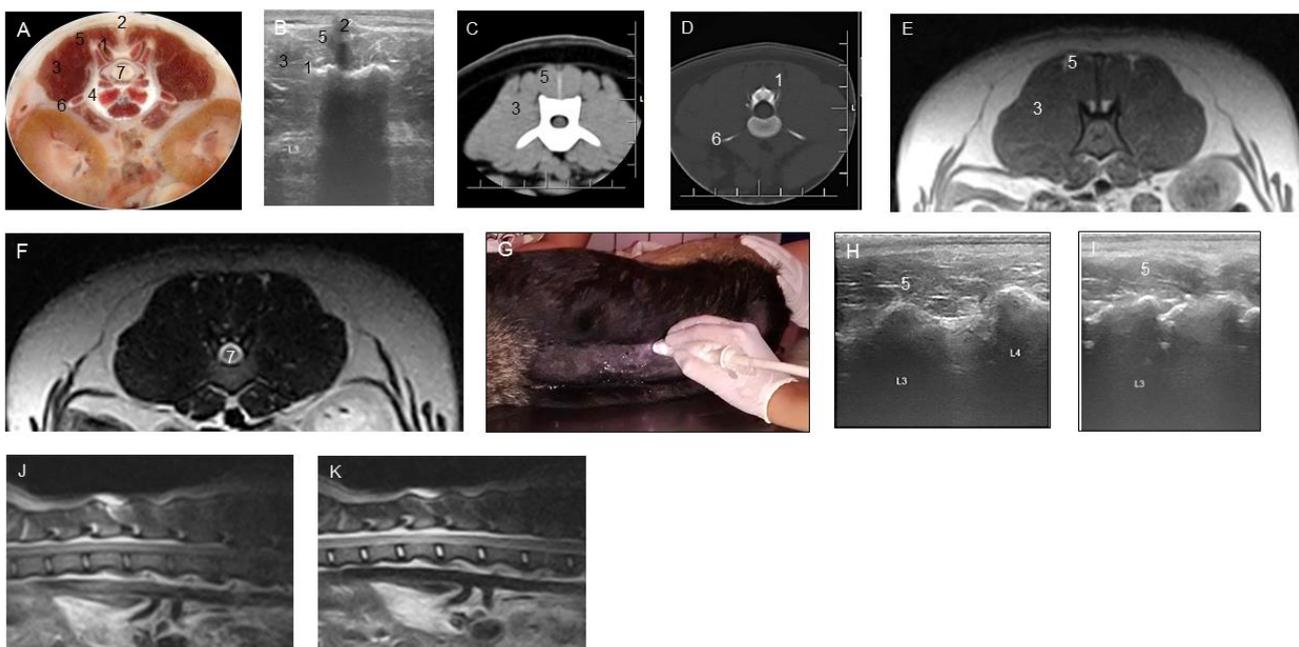
Legenda: Região lombossacra de cão. (A) Corte transversal em peça anatômica. (B) Corte transversal ultrassonográfico. (C) Imagem transversal ultrassonográfica. (D) Corte transversal por tomografia computadorizada da região lombossacra em janela tecidos moles. (E) Corte transversal por tomografia computadorizada da região lombossacra com janela tecidos ósseos. (F) Corte transversal, imagem por ressonância magnética na sequência Fast Spin Echo (FSE) ponderada em T2. (G) Corte transversal, imagem por ressonância magnética na sequência Spin Echo (SE) ponderada em T1. (H) Corte ultrassonográfico longitudinal mediano. (I) Imagem ultrassonográfica em corte longitudinal mediano. (J). Corte sagital, imagem por ressonância magnética na sequência Spin Echo (SE) ponderada em T1. (K) Corte sagital, imagem por ressonância magnética na sequência Fast Spin Echo (FSE) ponderada em T2.

Fonte: Própria autoria.

6.2 Região da terceira vértebra lombar (L3)

1. Processos articulares
2. Processo espinhoso
3. Músculo longuíssimo lombar
4. Terceira vértebra lombar
5. Músculo múltifido lombar
6. Processo transverso
7. Medula espinhal

Figura 9- Imagens da região da terceira vértebra lombar



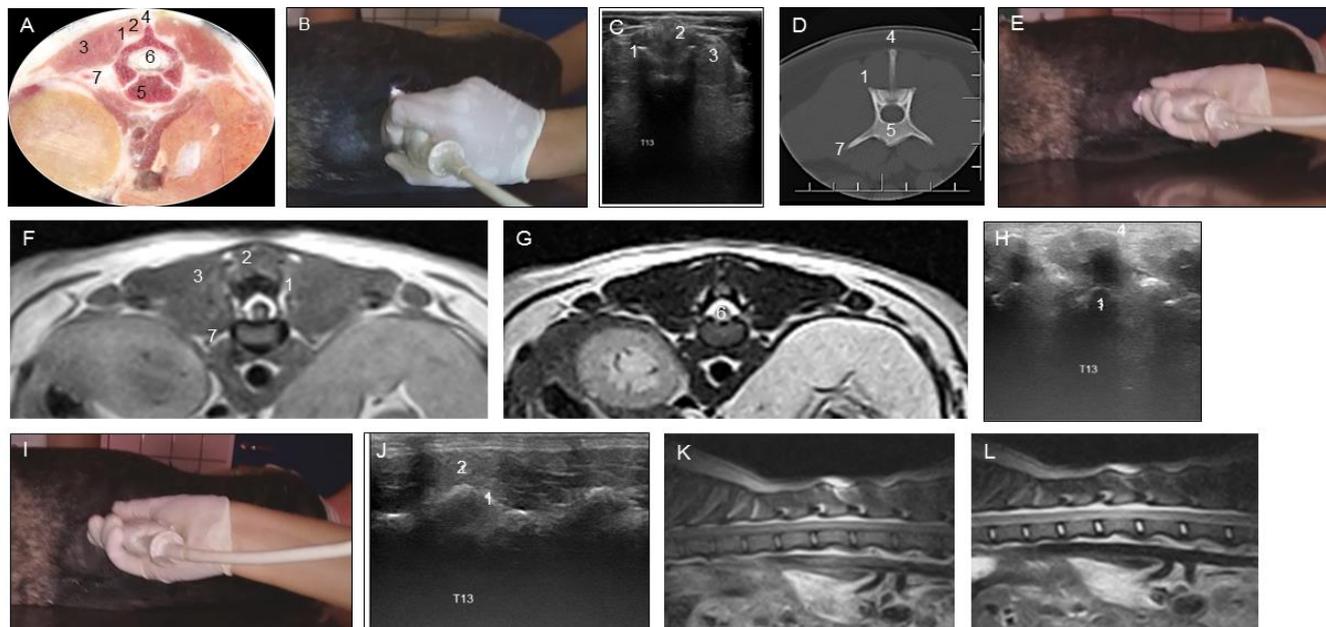
Legenda: Região da terceira vértebra lombar. (A) Corte transversal em peça anatômica. (B) Imagem transversal ultrassonográfica. (C) Corte transversal por tomografia computadorizada, janela tecidos moles. (D) Corte transversal por tomografia computadorizada, janela tecidos ósseos. (E) Corte transversal, imagem por ressonância magnética na sequência Spin Echo (SE) ponderada em T1. (F) Corte transversal, imagem por ressonância magnética na sequência Fast Spin Echo (FSE) ponderada em T2. (G) Corte ultrassonográfico longitudinal paramediano. (H; I) Imagens ultrassonográficas longitudinais paramedianas. (J) Corte sagital, imagem por ressonância magnética na sequência Spin Echo (SE) ponderada em T1. (K) Corte sagital, imagem por ressonância magnética na sequência Fast Spin Echo (FSE) ponderada em T2.

Fonte: Própria autora.

6.3 Região da décima terceira vértebra torácica (T13)

1. Processo articular
2. Músculo múltifido torácico e múltifido lombar
3. Músculo longuíssimo do tórax e longuíssimo lombar
4. Processo espinhoso
5. Décima terceira vértebra torácica
6. Medula espinhal
7. Processo transverso

Figura 10- Imagens da região da décima terceira vértebra torácica



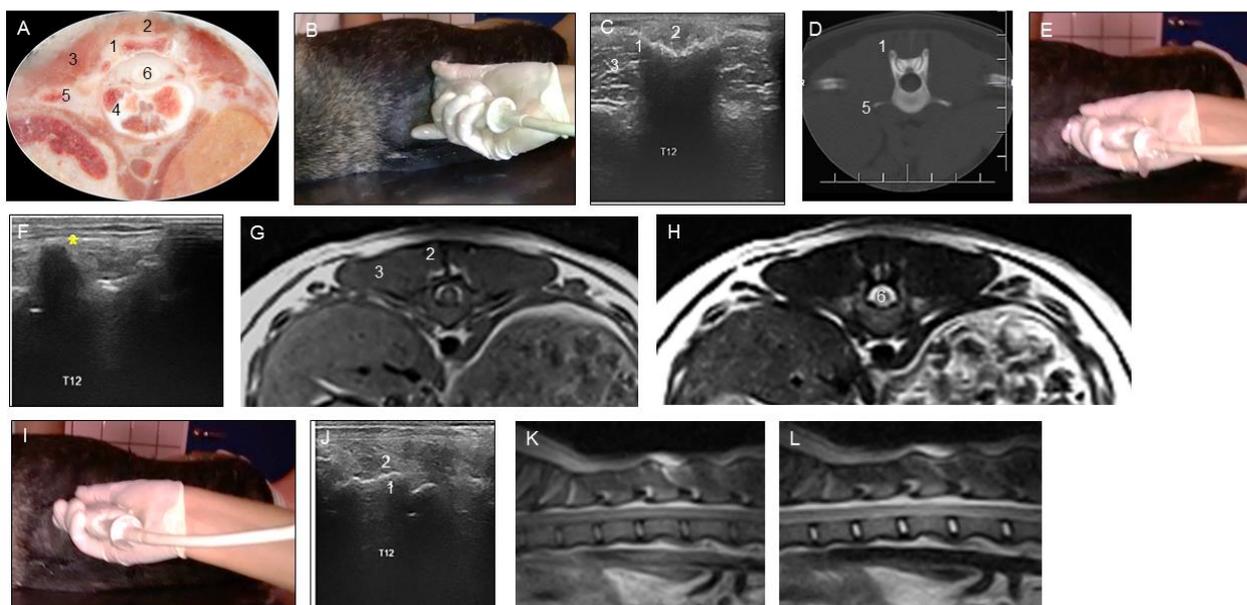
Legenda: Região da décima terceira vértebra torácica. (A) Corte transversal em peça anatômica. (B) Corte transversal ultrassonográfico. (C) Imagem transversal ultrassonográfica. (D) Corte transversal por tomografia computadorizada, janela tecidos ósseos. (E) Corte ultrassonográfico longitudinal mediano. (F) Corte transversal, imagem por ressonância magnética na sequência Spin Echo (SE) ponderada em T1. (G) Corte transversal, imagem por ressonância magnética na sequência Fast Spin Echo (FSE) ponderada em T2. (H) Imagem ultrassonográfica longitudinal mediana. (I) Corte ultrassonográfico longitudinal paramediano. (J) Imagem ultrassonográfica longitudinal paramediano. (K) Corte sagital, imagem por ressonância magnética na sequência Spin Echo (SE) ponderada em T1. (L) Corte sagital, imagem por ressonância magnética na sequência Fast Spin Echo (FSE) ponderada em T2.

Fonte: Própria autoria.

6.4 Região da décima segunda vértebra torácica (T12)

1. Processo articular
2. Músculo multífido torácico e músculo multífido lombar
3. Músculo longuíssimo do tórax e músculo longuíssimo lombar
4. Décima segunda vértebra torácica.
5. Processo transversal
6. Medula espinhal

Figura 11- Imagens da região da décima segunda vértebra torácica



Legenda: Região da décima segunda vértebra torácica. (A) Corte transversal em peça anatômica. (B) Corte transversal ultrassonográfico. (C) Imagem transversal ultrassonográfica. (D) Corte transversal por tomografia computadorizada, janela tecidos ósseos. (E) Corte ultrassonográfico longitudinal mediano. (F) Imagem longitudinal mediano, * processo espinhoso. (G) Corte transversal, imagem por ressonância magnética na sequência Spin Echo (SE) ponderada em T1. (H) Corte transversal, imagem por ressonância magnética na sequência Fast Spin Echo (FSE) ponderada em T2. (I) Corte ultrassonográfico longitudinal paramediano. (J) Imagem ultrassonográfica longitudinal paramediana. (K) Corte sagital, imagem por ressonância magnética na sequência Spin Echo (SE) ponderada em T1. (L) Corte sagital, imagem por ressonância magnética na sequência Fast Spin Echo (FSE) ponderada em T2.

Fonte: Própria autoria.

6.5 Estruturas avaliadas nos exames

Quadro 1: Estruturas visibilizadas nos exames de imagem e a qualidade de visibilização.

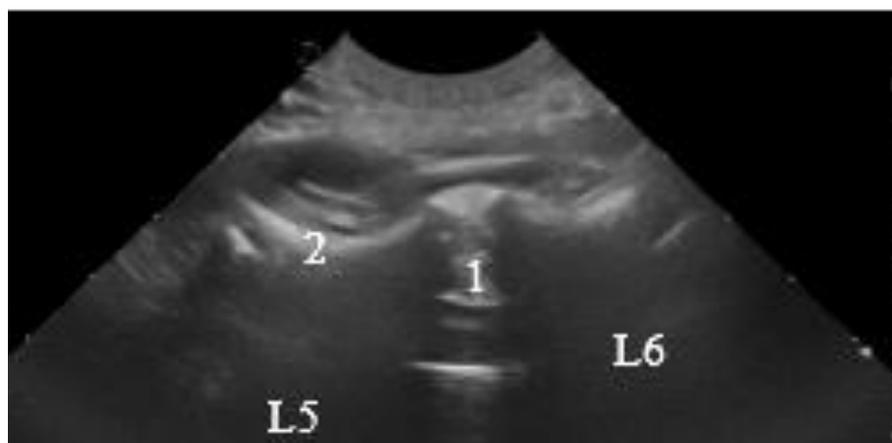
Estruturas/ Técnicas de Imagem	RX	US	TC	RM
Pele	—	+++	—	++
Subcutâneo	—	+++	—	++
Fáscia muscular	—	+++	—	—
Músculos epaxiais	—	+++	+	+++
Músculos hipaxiais	—	—	+	+++
Cortical óssea	++	+*	+++	+++
Medular óssea	—	—	+++	+++
Processos articulares	+	++	+++	+
Processo espinhoso	++	++	+++	+++
Processo transversos	++	—	+++	+++
Corpo vertebral	++	—	+++	+++
Canal medular	++	—	+++	+++
Medula espinhal	—	—	+	+++
Ligamento interespinhoso	—	+++	—	—
Ligamento amarelo	—	++	—	—
Espaço intervertebral	++	++	+++	+++
Disco intervertebral	—	—	—	+++
Líquido cefalorraquidiano	—	—	—	+++

Legenda: RX- raio X, US- ultrassom, TC-tomografia computadorizada, RM-ressonância magnética, — (estrutura não identificada), + (estrutura pouco visibilizada), +* (somente superfície óssea), ++ (moderada visibilização da estrutura) e +++ (ótima visibilização da estrutura).

Fonte: Própria autoria.

6.6 Ultrassonografia transabdominal para avaliação vertebral

Figura 12- Imagem ultrassonográfica transabdominal evidencia a quinta vértebra lombar.

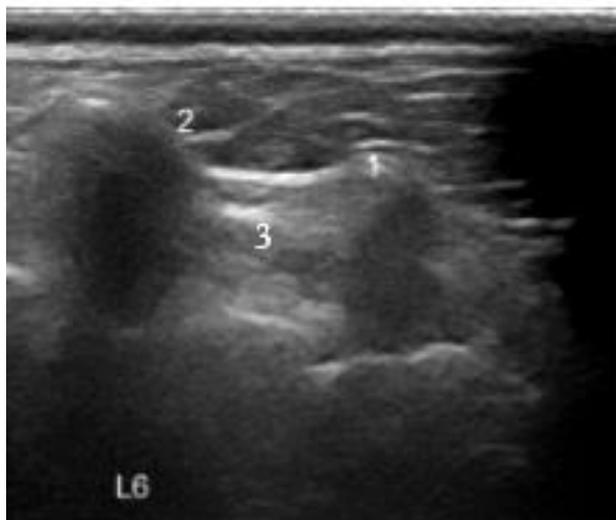


da quinta vértebra lombar.

Fonte: Própria autoria.

6.7 Visibilização do ligamento interespinhoso ao exame ultrassonográfico

Figura 13- Imagem ultrassonográfica da coluna vertebral em plano longitudinal paramediano oblíquo evidencia o ligamento interespinhoso entre L6 e L7.



Legenda: 1. Processo espinhoso de L7. 2. Processo espinhoso de L6. 3. Ligamento interespinhoso.

Fonte: Própria autoria.

6.8 Visibilização do ligamento amarelo e camadas de tecidos

Figura 14- Imagem ultrassonográfica da coluna vertebral região lombossacra em plano longitudinal mediano evidencia o ligamento amarelo.



Legenda: ✦ . Ligamento amarelo.

Fonte: Própria autoria.

7 Discussão

Neste estudo pode-se confirmar que para uma boa avaliação ultrassonográfica da coluna vertebral é necessário ter conhecimento anatômico das estruturas avaliadas, com isso, o estudo em cadáveres e a realização de cortes transversais em peças anatômicas congeladas foram essenciais para uma boa realização da técnica ultrassonográfica, o que também foi confirmado por Berg et al. (2003).

As vértebras lombares e as torácicas foram facilmente identificadas ao exame ultrassonográfico, porém vale salientar algumas dificuldades na prática do exame, como manter o animal na posição correta, a dificuldade de manter o transdutor sempre no mesmo lugar para facilitar a contagem das vértebras, a experiência do médico veterinário em realizar o procedimento e a falta de estudos em relação ao tema.

O transdutor linear (LA 533) de 8 a 13 MHz apresentou boa definição das estruturas vertebrais avaliadas, assim como os resultados obtidos por Sarto e colaboradores (2014) em estudo ultrassonográfico da coluna cervical de cães no qual foi utilizado o transdutor linear (L38) de 5 a 10 MHz. A melhor definição da imagem utilizando transdutores lineares é justificada pela alta frequência destes transdutores o que nos fornece uma maior resolução da imagem. Entretanto, uma delimitação nítida dos músculos não foi possível devido a musculatura ter uma aparência heterogênea o que foi confirmado por Sarto e colaboradores (2014) e por Beef (1998). Com o transdutor linear foi possível observar os músculos múltifido torácico e lombar e o longuíssimo do tórax e lombar.

O exame ultrassonográfico foi realizado a partir de uma abordagem dorsal. Para avaliação do aspecto ventral do corpo vertebral no segmento lombar foi realizada a abordagem transabdominal como citado por Dennis e colaboradores em 2010. Nos dez animais que foram submetidos ao exame ultrassonográfico em apenas dois animais foi possível uma boa avaliação do aspecto ventral do corpo vertebral. É importante destacar a dificuldade de realização do procedimento e a dificuldade de identificar qual vértebra está sendo avaliada. Acredita-se que nos animais onde foi possível a visibilização através da abordagem transabdominal esteja relacionada com o seu menor peso quando comparados aos outros animais estudados, ou a experiência do avaliador.

A pele ao exame ultrassonográfico apresentou-se com as mesmas características encontradas por Samii e Long (2005) e as características dos tecidos subcutâneos foram similares aos encontrados por Kramer e colaboradores em 1997.

Os resultados encontrados na avaliação ultrassonográfica da musculatura tanto no plano longitudinal quanto no plano transversal apresentaram as mesmas características que os obtidos por Samii e Long (2005). Assim como os resultados obtidos por Kramer e colaboradores (1997) a superfície óssea de cada vértebra foi visibilizada como uma linha hiperecogênica produtora de sombra acústica posterior.

Os ligamentos interespinhosos e o ligamento amarelo foram evidentes, o que contraria Chlem, Kaplan e Dussault (2004) que alegaram que os ligamentos não são passíveis de serem visibilizados por serem estruturas muito pequenas e estarem muito próximas as superfícies ósseas (exceto os ligamentos do joelho).

No estudo de Hudson e Kramer (2011) parte da medula espinhal pode ser visibilizada pelo espaço do disco intervertebral através da abordagem pela face ventral quando se realiza ultrassonografia abdominal. Neste trabalho, entretanto, tal abordagem não foi tão eficaz, portanto indica-se que mais estudos sejam realizados em relação a técnica ultrassonográfica transabdominal.

Nesse estudo a tomografia computadorizada, assim como já foi descrito na literatura por Assheuer e Sager (1997), foi uma técnica que forneceu melhor detalhamento ósseo, porém não foi capaz de diferenciar com precisão as partes moles. Por esse motivo o uso da ultrassonografia foi importante para complementar a técnica pois o exame ultrassonográfico forneceu melhor detalhamento da musculatura do segmento toracolombar e lombar da coluna vertebral de cães, permitiu a visibilização das fibras musculares, e como trata-se de um exame dinâmico, permitiu evidenciar as contrações das fibras musculares, o que é confirmado por Kramer e colaboradores (1997).

As imagens encontradas ao exame ultrassonográfico diferiram das imagens de TC, pois na TC os tecidos musculares apresentaram-se com a mesma atenuação, dificultando a identificação individual de cada músculo, já ao exame ultrassonográfico foi possível diferenciar os músculos longuíssimos e múltífidios. As vértebras torácicas (T10-T13) e lombares, foram identificadas com melhor detalhamento em janela óssea onde foi possível evidenciar os processos articulares, arco dorsal, canal vertebral, corpo vertebral, processo espinhoso e processos

transversos. Como não houve administração de contraste no exame tomográfico foi difícil a avaliação da medula espinhal.

A espessura de corte no exame tomográfico foi de 2 mm, o que permitiu bom detalhamento das estruturas, o que concorda com Dress e colaboradores (2009), pois os mesmos recomendam o máximo de 2 mm de espessura de corte.

Por meio da IRM foi possível visibilizar mais estruturas com melhor definição de imagem quando comparadas a outras técnicas de imagem (Quadro 1), o que é confirmado por Bagley, Gavin e Holmes (2009), pois os mesmos afirmam que a IRM é o padrão ouro para a avaliação da coluna vertebral e medula espinhal. Porém é necessário lembrar que a visibilização do ligamento amarelo e dos ligamentos interespinhosos só foram possíveis por meio da ultrassonografia. Nesse estudo utilizou-se duas sequencias de pulso e dois planos de imagem (transversal e sagital) com a intenção de identificar a maioria das estruturas anatômicas. Nas imagens SE ponderadas em T1 foi possível a visibilização da musculatura com melhor definição do que as imagens FSE ponderadas em T2. Imagens ponderadas em T1 fornecem excelente representação da anatomia embora tenham menor contraste de água quando comparada a imagens ponderadas em T2 (DENNIS, 2011).

O contraste entre as diferenças de concentrações da molécula de água nos tecidos é superior em imagens ponderadas em T2, por isso foi possível visibilizar o núcleo do disco intervertebral e o líquido cefalorraquidiano, porém a identificação de estruturas musculares apresentou um maior grau de dificuldade quando comparadas as imagens ponderadas em T1.

Os três métodos de obtenção de imagem apresentaram limitações e vantagens que devem ser conhecidas antes da prática dos mesmos e pode-se afirmar com este estudo que a ultrassonografia, a tomografia computadorizada e a ressonância magnética são exames que se complementam, pois cada estrutura avaliada apresentou diferentes qualidades de visibilização da imagem dependendo da técnica utilizada (Quadro 1).

8 Conclusões

Neste estudo o exame ultrassonográfico modo B permitiu ótima visualização da musculatura perivertebral e dos ligamentos interespinhosos e amarelo em comparação com as outras técnicas de imagem avaliadas.

9 Perspectivas

Baseado nos resultados desta pesquisa acredita-se que a ultrassonografia musculoesquelética deva ser indicada para avaliação da região da coluna vertebral como técnica de pesquisa de alterações musculares, desmites dos ligamentos interespinhosos, avaliação da superfície óssea, para guiar punções lombares e bloqueios anestésicos.

REFERÊNCIAS

- ALEMAN, M. et al. Ultrasound-assisted collection of cerebrospinal fluid from the lumbosacral space in equids. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 230, p. 378-384, 2007.
- AMARO JÚNIOR, E.; YAMASHIA, H. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, São Paulo, v. 23, Suppl 1, p. 2-3, 2001.
- ASSHEUER, J.; SAGER, M. **MRI and CT atlas of the dog**. Oxford: Blackwell Science, 1997. 482 p.
- BAGLEY, R. S.; GAVIN, P. R.; HOLMES, S. P. Diagnosis of spinal disease. In: GAVIN, P. R.; BAGLEY, R. S. **Practical small animal MRI**. Iowa: Wiley-Blackwell, 2009. p. 123-226.
- BAHR, A. As vértebras. In: THRALL, D. E. **Diagnóstico de radiologia veterinária**. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 179-193.
- BASILE JÚNIOR, R.; BARROS FILHO, T. E. P. Espondilolisteses. In: BARROS FILHO, T. E. P.; BASILE JÚNIOR, R. (Orgs.). **Coluna vertebral**. São Paulo: Sarvier, 1995. v. 1, p. 115- 131.
- BEEF, V. B. Musculoskeletal ultrasonography. In:_____. **Equine diagnostic ultrasound**. Philadelphia: Saunders, 1998. p. 39-186.
- BERG, L. C. et al. Ultrasonography of the equine cervical region: a descriptive study in eight horses. **Equine Veterinary Journal**, Hoboken, v. 35, n. 7, p. 647- 655, 2003.
- BITAR, R. et al. MR pulse sequences: what every radiologist wants to know but is afraid to ask. **Radiographics**, Oak Brook, v. 26, p. 513-537, 2006.
- BOJRAB, M. J. **Current techniques in small animal surgery**. 4. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1998. 1340 p.
- BREIT, S. Osteological and morphometric observations on intervertebral joints in the canine pre-diaphragmatic thoracic spine (Th1±Th9). **The Veterinary Journal**, London, v. 164, n. 3, p. 216-223, 2002.
- BRISSON, B. A. Intervertebral disc disease in dogs. **Veterinary Clinic North America Small Animal Practice**, New York, v. 40, n. 5, p. 829-858, 2010.
- BURGESE, L. F. **Radiologia convencional e tomografia computadorizada na avaliação de cães portadores de discopatia cervical: estudo comparativo**. 2006. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BURK, R. L.; FEENEY, D. A. The spine. In:_____. **Small animal radiology and ultrasound: a diagnostic atlas and text**. 3. ed. Saint Louis: Saunders Elsevier, 2003. p. 661-713.

- BYRD, S. E.; RADKOWSKI, M. A. The radiological evaluation of the child with a myelomeningocele. **Journal of the National Medical Association**, New York, v. 83, p. 608-614, 1991.
- CARVALHO, C. F.; DUPRÉ, A. S. A.; PEREZ, R. B. Ultrassonografia doppler de tecidos moles e articulares (Sistema Musculoesquelético). In: CARVALHO, C. F. **Ultrassonografia doppler em pequenos animais**. São Paulo: Roca, 2009. p. 190-197.
- CHANTRAINE, A. et al. The occurrence of the ilio-lumbar syndrome in a spinal cord injury patient. **Spinal Cord**, London, v. 39, p. 237-239, 2001.
- CHLEM, R. K.; KAPLAN, P. A.; DUSSAULT, R. G. Ultrasonography of the musculoskeletal system. **Radiologic Clinics of North America**, Maryland Heights, v. 32, p. 275-289, 1994.
- COATES, J. R. Intervertebral disk disease. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Maryland Heights, v. 30, n. 1, p. 77-109, 2000.
- COLEY, B. D.; SHIELS, W. E. 2nd; HOGAN, M. J. Diagnostic and interventional ultrasonography in neonatal and infant lumbar puncture. **Pediatric Radiology**, Heidelberg, v. 31, p. 399-402, 2001.
- CONIGLIO, S. J.; ANDERSON, S. M.; FERGUSON, J. E. Functional motor outcome in children with myelomeningocele: correlation with anatomic level on prenatal ultrasound. **Developmental Medicine and Child Neurology**, West Sussex, v. 38, p. 675-680, 1996.
- COSTA, R. C.; SAMII, V. F. Advanced imaging of the spine in small animals. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Maryland Heights, v. 40, n. 5, p. 765-790, 2010.
- DENNIS, R. Optimal magnetic resonance imaging of the spine. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 52, n. 1, suppl.1, p. 72-80, 2011.
- DENNIS, R. et al. The spine. In:_____. **Handbook of small animal radiology and ultrasound- techniques and differential diagnoses**. 2. ed. Saint Louis: Saunders Elsevier, 2010. p. 115- 144.
- DOWLING, B. A. et al. Superficial digital flexor tendonitis in the horse. **Equine Veterinary Journal**, Hoboken, v. 32, n. 5, p. 369- 378, 2000.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 856 p.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- ETIENNE, A. L.; PEETERS, D.; BUSONI, V. Ultrasonographic percutaneous anatomy of the caudal lumbar region and ultrasound-guided lumbar puncture in the dog. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 51, n. 5, p. 527-532, 2010.

FALSETTI, P.; ACCIAI, C. Ultrasound in assessment of cervical interspinous bursitis in polymyalgia rheumatic. **Joint Bone Spine**, Issy les Moulineaux, v. 80, p. 342–343, 2013.

FEENEY, D. A.; FLETCHER, T. F.; HAARDY, R. M. **Atlas of correlative imaging anatomy of the normal dog ultrasound and computed tomography**. Philadelphia: WB Saunders, 1991.

FELICIANO, M. A. R.; GARCIA, P. H. S.; VICENTE, W. R. R. Introdução a ultrassonografia. In:_____. **Diagnóstico por imagem em cães e gatos**. São Paulo: MedVet, 2015. p. 53-75.

FERRELL, E. A.; BERRY, C. R.; THRALL, D. E. Technical issues and interpretation principles relating to the axial skeleton. In: THRALL, D. E. **Textbook of veterinary diagnostic radiology**. 5. ed. Saint Louis: Saunders Elsevier, 2007. p. 94-105.

FIK, J. R. et al. Canine Anatomy as assessed by computerized tomography. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 41, p. 1823-1832, 1980.

FINGEROTH, J. M. et al. Neuroradiography diagnosis and surgical repair of tethered cord syndrome in an English bulldog with spina bifida and myeloschisis. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 9, n. 194, p. 1300-1302, 1989.

FONSECA, B. P. A. et al. Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. **Journal of Equine Veterinary Science**, Maryland Heights, v. 26, n. 11, p. 507-516, 2006.

FOSSUM, T. W. **Cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Roca, 2001. cap. 36, p. 1253- 1260.

FRITZ, J. et al: Freehand real-time MRI-guided lumbar spinal injection procedures at 1.5 T: Feasibility, accuracy, and safety. **American Journal of Roentgenology**, Leesburg, v. 192, p. 161-167, 2009.

FUGLBJERG, V. et al. Accuracy of ultrasound- guided injections of thoracolumbar articular process joints in horses: a cadaveric study. **Equine Veterinary Journal**, Hoboken, v. 42, n. 1, p. 18-22, 2010.

GAVIN, P. R. Physics: comparative imaging. In: GAVIN, P. R.; BAGLEY, R. S. **Practical small animal MRI**. Iowa: Wiley- Blackwell, 2009. p. 1-3.

GHAMKHAR, L. et al. Application of rehabilitative ultrasound in the assessment of low back pain: a literature review. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, London, v. 15, p. 465-77, 2011.

GRAU, T. et al. Ultrasound imaging of the thoracic epidural space. **Regional Anesthesia and Pain Medicine**, Philadelphia, v. 27, p. 200-206, 2002.

HAGE, M. C. F. N. S.; IWASAKI, M. Imagem por ressonância magnética: princípios básicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1287-1295, 2009.

HARRIES, L. W.; WATURA, R. Septic arthritis of unilateral lumbar facet joint with contiguous abscess, without prior intervention. **BMJ Case Reports**, London, 2012.

HATHCOCH, J. T.; STICKLE, R. L. Principles and concepts of CT. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Maryland Heights, v.23, n.2, p.399-415, 1993.

HECHT, S. et al. Myelography vs. computed tomography in the evaluation of acute thoracolumbar intervertebral disk extrusion in chondrodystrophic dogs. **Veterinary Radiology & ultrasound**, Hoboken v. 50, n. 4, p. 353-359, 2009.

HIDES, J. A. et al. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. **Spine**. (Philadelphia), Philadelphia, v. 19, p. 165-72, 1994.

HILL, C. A.; GIBSON, P. J. Ultrasound determination of the normal location of the conus medullaris in neonates. **American Journal of Neuroradiology**, Oak Brook, v. 16, p. 469-472, 1995.

HOERLEIN, B. F. **Canine neurology: diagnosis and treatment**. 3. ed. Philadelphia: WB Saunders, 1978. 593 p.

HUDSON, J.; KRAMER, M. Espinha. In: PENNINCK, D.; D'ANJOU, M. A. **Atlas de ultrassonografia de pequenos animais**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 31-45.

JARAMILLO, M. A. G. **Imaging studies of the canine cervical vertebral venous plexus**. 2005. 309 f. Tese (Doutorado em Ciências Médica Veterinária) - Virgínia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 2005.

JONES, J. C.; BANFIELD, C. M.; WARD, D. L. Association between postoperative outcome and results of magnetic resonance imaging and computed tomography in working dogs with degenerative lumbosacral stenosis. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 216, n. 11, p. 1769-1774, 2000.

JONES, J. C.; WILSON, M. E.; BARTELS, J. E. A review of high resolution computed tomography and a proposed technique for regional examination of the canine lumbosacral spine. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken v. 35, n. 5, p. 339-346, 1994.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Tecido cartilaginoso. In: _____. **Histologia básica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 130-135.

KEALY, J. K.; Mc ALLISTER, H.; GRAHAM, J. P. O crânio e a coluna vertebral. In: _____. **Radiografia e ultrassonografia do cão e do gato**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. cap. 5, p. 447- 541.

KLAUMANN, P. R.; OTERO, P. E. **Anestesia locorregional em pequenos animais**. São Paulo: Roca, 2013. p. 135-175.

KONIG, H. E.; LIEBICH, H. G. **Anatomia dos animais domésticos**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 397 p.

KÖNIG, H.E; LIEBICH, H.G.; Ossos e Ligamentos - Esqueleto Axial. In: KÖNIG, H.E.; LIEBICH, H.G. **Colorido Anatomia dos Animais Domésticos. Texto e Atlas**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 106-32.

KRAMER, M. et al. Sonography of the musculoskeletal system in dogs and cats. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 38, p. 139-149, 1997.

KRAUTWALD-JUNGHANNS, M. E. et al. Diagnosis of liver disease in birds by radiography and ultrasonography: under special consideration of ultrasound-guided liver biopsies. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, Maryland Heights, v. 10, n. 4, p. 153-161, 2001.

KURIASHKIN, I. V.; LOSONSKY, J. M. Contrast enhancement in magnetic resonance imaging using intravenous paramagnetic contrast media: a review. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 41, n. 1, p. 4-7, 2000.

LAMB, C. R.; WONG, K. Ultrasonographic anatomy of the canine elbow. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 46, n. 4, p. 319- 325, 2005.

LOIZIDES, A. et al. Ultrasound guided versus CT-controlled paravertebral injections in the lumbar spine: a prospective randomized clinical trial. **AJNR American Journal of Neuroradiology**, Oak Brook, v. 34, p. 466–70, 2013.

LEW, H. L. et al. Introduction to musculoskeletal diagnostic ultrasound examination of the upper limb. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, Philadelphia, v. 86, n. 4, p. 310-321, 2007.

LONG, C. D.; NYLAND, T. G. Ultrasonographic evaluation of the canine shoulder. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 40, n. 4, p. 372-379, 1999.

LUFKIN, R. L. Mecanismos de contraste na ressonância magnética. In:_____. **Manual de ressonância magnética**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. p. 14-28.

MAIURI, F. et al. Intraoperative sonography for spinal tumors correlations with MR findings and surgery. **Journal of Neurosurgical Sciences**, Turin, v. 44. p. 115-122, 2000.

McROBBIE, D. W. et al. MR: What´s the attraction? In: McROBBIE, D. W. et al. (Ed.). **MRI from picture to proton**. 2. ed. Cambridge: Cambridge, 2007. p. 1-7.

MIRVIS, S. E.; GEISLER, F. H. Intraoperative sonography of cervical spinal cord injury: results in 30 patients. **AJNR American Journal of Neuroradiology**, Oak Brook, v. 11, p. 755-761, 1990.

NOMURA, J. T. et al. A randomized controlled trial of ultrasound-assisted lumbar puncture. **Journal of Ultrasound in Medicine**, Laurel, v. 26, p. 1341–1348, 2007.

PETERSON, M. A.; ABELE, J. Bedside ultrasound for difficult lumbar puncture. **The Journal of Emergency Medicine**, New York, v. 28, p. 197–200, 2005.

PINTO, A. C. B. C. F. et al. **Emergência e terapia intensiva veterinária em pequenos animais**- bases para o atendimento hospitalar. São Paulo: Roca, 2008. cap. 12, p. 694- 718.

POOLEY, R. A. et al. Aapm/Rsna physics tutorial for residents: fundamental physics of Mr Imaging. **Radiographics**, Oak Brook, v. 25, p. 1087-1099, 2005.

REDROBE, S. Imaging techniques in small mammals. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, Maryland Heights, v. 10, n. 4, p. 187-197, 2001.

RISSELADA, M.; KRAMER, M.; VAN BREE, H. Approaches for ultrasonographic evaluation of long bones in the dog. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 44, n. 2, p. 214-220, 2003.

RIVERS, B. J. et al. Sonographic findings in canine common calcaneal tendon injury. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, Stuttgart, v. 10, p. 45- 53, 1997.

ROBERTSON, I.; THRALL, D. E. Imaging dogs with suspected disc herniation: pros and cons of myelography, computed tomography, and magnetic resonance. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 52, n. 1, suppl.1, p. S81- S84, 2011.

SANTOS, I. L. **Radiologia convencional e tomografia computadorizada na avaliação de cães portadores de discopatia torácica, toracolombar, lombar ou lombosacra: estudo comparativo**. 2006. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SAMII, V. F.; LONG, C. D. Sistema musculoesquelético. In: MATTOON, J. S.; NYLAND, T. G. **Ultra-som diagnóstico em pequenos animais**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 273-291.

SARTO, C. G. et al. The role of B-mode ultrasonography in the musculoskeletal anatomical evaluation of the cervical region of the dog spine. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v. 34, n. 1, p. 91-97, 2014.

SATTAR, T. S. et al. Pre-natal diagnosis of occult spinal dysraphism by ultrasonography and post-natal evaluation by MR scanning. **European Journal of Pediatric Surgery**, Stuttgart, v. 8, suppl, p. 31-33, 1998.

SCHILD, H. **MRI made easy**. Berlin: Berlimed, 1990.

SCHMIDT, M. J. et al. Ultrasonographic appearance of the craniocervical junction in normal brachycephalic dogs and dogs with caudal occipital (Chiari-like) malformation. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 49, p. 472–476, 2008.

SHARP, N. J. H. et al. Computed tomography in the evaluation of caudal cervical spondylomyelopathy of the Doberman pinscher. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Hoboken, v. 36, n. 2, p. 100-108, 1995.

SHORES, A.; TEPPER, L. C. A modified ventral approach to the atlantoaxial junction in the dog. **Veterinary surgery**, Philadelphia, v. 36, p. 765-770, 2007.

SISSON, S. Osteologia do carnívoro. In: SISSON, S. et al. **Sisson and Grossman: anatomia dos animais domésticos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. v. 2, cap. 48, p.1337-1343.

SMUCK, M. et al. Incidence of simultaneous epidural and vascular injection during lumbosacral transforaminal epidural injections. **The Spine Journal**, New York, v. 7, p. 79-82, 2007.

SNELLMAN, M. **Magnetic resonance imaging in canine spontaneous neurological disorders: an evaluation of equipment and methods**. 2000. 74 f. Dissertação (Mestrado) - University of Helsinki, Helsinki, Finland, 2000.

SPAULDING, K.; LOOMIS, M. R. Principles and applications of computed tomography and magnetic resonance imaging in zoo and wildlife medicine. In: FOWLER, M. E.; MILLER, R. E. **Zoo and wild animal medicine: current therapy**. 4. ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1999. p. 83-88.

STICKLE, R. L.; HATHCOCK, J. T. Interpretation of computed tomographic images. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Maryland Heights, v. 23, n. 2, p. 417-435, 1993.

TIDWELL, A. S. Princípios da tomografia computadorizada e da imagem por ressonância magnética. In: TRHALL, D. E. **Diagnóstico de radiologia veterinária**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. cap. 4, p. 50-77.

TROIANO, M. **Visualização de regiões de ativação cerebral por Fmri sobre volumes multimodais**. 2004. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Informática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

VANDEWEERD, J. M. et al. Innervation and nerve injections of the lumbar spine of the horse: a cadaveric study. **Equine Veterinary Journal**, Hoboken, v. 39, n. 1, p. 59-63, 2007.

WIDMER, W. R.; THRALL, D. E. Doença do disco intervertebral em cães e gatos, mielografia e doença medular. In: THRALL, D. E. **Diagnóstico de radiologia veterinária**. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. cap. 12, p. 194- 219.

WIDMER, W. R.; THRALL, D. E. Canine and feline intervertebral disc disease, myelography, and spinal cord disease. In: THRALL, D. E. **Textbook of veterinary diagnostic radiology**. 5. ed. Saint Louis: Saunders Elsevier, 2007. p. 194-219.