

ESTENOSE LOMBOSSACRA DEGENERATIVA EM CÃES. REVISÃO

Recebido em: 26/08/2024

ACEITO EM: 08/07/2025

DOI: 10.25110/arqvvet.v28i1.2025-11533



Thyara Caroline Weizenmann ¹
Mônica Vicky Bahr Arias ²

RESUMO: A estenose lombossacra degenerativa (ELD) em cães é similar à doença lombossacra degenerativa humana, sendo caracterizada por déficits neurológicos, claudicação e dor lombar devido à compressão das raízes nervosas da cauda equina. A compressão, por sua vez, decorre da degeneração da articulação lombossacra, hérniação de disco intervertebral, alterações nas facetas articulares, espessamento do ligamento amarelo e instabilidade vertebral. Em cães, o tratamento pode ser clínico ou cirúrgico, e a escolha depende da severidade e do tipo de compressão, entre outros fatores. No entanto, ainda não há consenso sobre a melhor abordagem terapêutica, uma vez que nenhuma das técnicas disponíveis promove distração e fusão adequadas das vértebras afetadas. Esta revisão narrativa da literatura teve como objetivo abordar os aspectos clínicos, diagnóstico e opções terapêuticas da ELD em cães, destacando as limitações e controvérsias existentes. Constatou-se que a afecção impacta a mobilidade e qualidade de vida dos cães, mas os estudos disponíveis ainda apresentam limitações metodológicas, pequeno número de casos e resultados controversos. Além disso, há poucos trabalhos sobre o uso de implantes associados a cages ou espaçadores intervertebrais, e os tamanhos dos dispositivos disponíveis para humanos não são adequados para cães de pequeno porte. Embora alguns tratamentos possam melhorar a qualidade de vida de aproximadamente 80% dos pacientes, ainda é necessária a realização de estudos para desenvolvimento de implantes específicos e protocolos cirúrgicos mais eficazes.

PALAVRAS-CHAVE: Cauda equina; Instabilidade lombossacra; Canino.

DEGENERATIVE LUMBOSACRAL STENOSIS IN DOGS. REVIEW

ABSTRACT: Degenerative lumbosacral stenosis (DLS) in dogs is similar to degenerative lumbosacral disease in humans, characterized by neurological deficits, lameness, and lower back pain due to compression of the cauda equina nerve roots. This compression results from degeneration of the lumbosacral joint, intervertebral disc herniation, changes in the articular facets, thickening of the yellow ligament, and vertebral instability. In dogs, treatment can be either medical or surgical, and the choice depends on severity and type of compression, among other factors. However, there is still no consensus on the best therapeutic approach, as none of the available techniques

¹ Médica Veterinária, Doutora pelo Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da UEL.

E-mail: thyarac@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3291-9882>

² Médica Veterinária, Profa. Associada, Doutora, Departamento de Clínicas Veterinárias, UEL.

E-mail: vicky@uel.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1760-1155>

adequately promote distraction and fusion of the affected vertebrae. This narrative literature review aimed to discuss the clinical aspects, diagnosis, and treatment options for DLS in dogs, highlighting existing limitations and controversies. It was found that the condition significantly impacts the mobility and quality of life of affected dogs, but available studies still present methodological limitations, a small number of cases, and controversial results. Furthermore, there are few studies on the use of implants associated with intervertebral cages or spacers, and the sizes of devices designed for humans are not suitable for small-breed dogs. Although some treatments can improve the quality of life in approximately 80% of patients, further studies are needed to develop specific implants and more effective surgical protocols.

KEYWORDS: Cauda equina; Lumbosacral instability; Dogs.

ESTENOSIS DEGENERATIVA LUMBOSACRA EM PERROS. REVISIÓN

RESUMEN: La estenosis lumbosacra degenerativa (ELD) en perros es similar a la enfermedad lumbosacra degenerativa en humanos, caracterizada por déficits neurológicos, cojera y dolor lumbar debido a la compresión de las raíces nerviosas de la cauda equina. Esta compresión resulta de la degeneración de la articulación lumbosacra, la herniación del disco intervertebral, alteraciones en las facetas articulares, engrosamiento del ligamento amarillo e inestabilidad vertebral. En perros, el tratamiento puede ser médico o quirúrgico, y la elección depende de la gravedad y el tipo de compresión, entre otros factores. Sin embargo, aún no existe consenso sobre el mejor enfoque terapéutico, ya que ninguna de las técnicas disponibles promueve de manera adecuada la distracción y fusión de las vértebras afectadas. Esta revisión narrativa de la literatura tuvo como objetivo abordar los aspectos clínicos, el diagnóstico y las opciones terapéuticas de la ELD en perros, destacando sus limitaciones y controversias. Se encontró que la afección afecta significativamente la movilidad y la calidad de vida de los perros afectados, pero los estudios disponibles aún presentan limitaciones metodológicas, un número reducido de casos y resultados controvertidos. Además, hay pocos estudios sobre el uso de implantes asociados a cages o espaciadores intervertebrales, y los tamaños de los dispositivos diseñados para humanos no son adecuados para perros de razas pequeñas. Aunque algunos tratamientos pueden mejorar la calidad de vida en aproximadamente el 80% de los pacientes, aún se requieren más estudios para desarrollar implantes específicos y protocolos quirúrgicos más eficaces.

PALABRAS CLAVE: Cauda equina; Inestabilidad lumbosacra; Perros.

1. INTRODUÇÃO

A articulação entre as vértebras lombar sete (L7) e sacro (S1) é uma das estruturas da coluna vertebral com maior mobilidade e que pode ser acometida por várias afecções (Jeffery; Barker; Harcourt-Brown, 2014). A estenose lombossacra degenerativa (ELD) afeta cães de médio a grande porte e decorre de alterações nos tecidos ósseos e moles, o que leva à compressão da cauda equina (Meij; Bergknut, 2010; Worth; Meij; Jeffery, 2019).

Há controvérsias sobre a melhor forma de tratamento da ELD. Além do tratamento conservativo por meio de repouso, analgesia, uso de anti-inflamatórios ou infiltração de corticoide epidural (Janssens; Beosier; Daems, 2009; Gomes; Lowrie; Targett, 2020), há cirurgias para descompressão do canal e estabilização da articulação lombossacra (ALS) (Golini *et al.*, 2014; Gomes; Lowrie; Targett, 2018; Tellegen *et al.*, 2015). As cirurgias apresentam limitações e os principais problemas são persistência ou recidiva dos sinais clínicos (Suwankong *et al.*, 2008; Meij; Bergknut, 2010; Gomes; Lowrie; Targett, 2018; Worth; Meij; Jeffery, 2019).

Assim, o objetivo desta revisão narrativa é discorrer sobre a afecção, os sinais clínicos, as opções terapêuticas e o prognóstico da ELD em cães. Foram incluídos artigos científicos, capítulos de livros sobre anatomia e estudos experimentais publicados entre 2004 e 2024. A busca foi realizada na base de dados PubMed, utilizando as palavras-chave “lumbosacral stenosis”, “cauda equina syndrome”, “degenerative lumbosacral disease” e “dog”, combinadas com operadores booleanos para refinar os resultados. Os critérios de inclusão abrangeram estudos que abordam aspectos clínicos, diagnósticos e terapêuticos da ELD, além de pesquisas biomecânicas e experimentais relacionadas à estabilização lombossacra. Trabalhos com metodologia insuficiente ou irrelevantes para a temática foram excluídos.

2. ASPECTOS GERAIS

O canal lombossacro é limitado dorsalmente pela lámina vertebral, facetas articulares das articulações lombossacras e ligamento amarelo, lateralmente pelos pedículos vertebrais e ventralmente pelo ligamento longitudinal dorsal, anel fibroso do disco intervertebral (DI) e corpos vertebrais. A cauda equina, formada pelas raízes nervosas de L7, raízes sacrais e caudais, está localizada dentro desse canal. A ALS, devido à sua relação com a pelve, é submetida a forças biomecânicas consideráveis, sendo a flexão e a extensão seus principais movimentos, com grande amplitude de movimento se comparado a L6-L7; os movimentos laterais e rotacionais são limitados (Smith *et al.*, 2004). O forame intervertebral de L7-S1 é um túnel que possui a zona de entrada, zona média e a zona de saída, através da qual a raiz nervosa L7 sai do canal vertebral para a periferia (Lichtenhahn *et al.*, 2020).

A ELD tem origem multifatorial e decorre da proliferação dos tecidos moles e ósseos com consequente estenose do canal vertebral e do forame intervertebral de L7-S1.

Os sinônimos são doença lombossacra e instabilidade lombossacra; o termo síndrome da cauda equina refere-se aos sinais clínicos causados por qualquer lesão que envolva as raízes nervosas da cauda equina, sendo a ELD apenas um dos diferenciais (Worth; Meij; Jeffery, 2019).

A fisiopatologia e a progressão da ELD ainda não foram totalmente esclarecidas e diversos fatores contribuem para a degeneração da ALS, como sobrecarga física repetitiva ou predisposição genética, que então induzem a degeneração do DI e posterior instabilidade (Smolders *et al.*, 2012). A presença de vértebras transicionais lombossacras, vista principalmente em cão Pastor Alemão, pode alterar o movimento da articulação e sobrecarregar o DI, com degeneração e posterior compressão das raízes nervosas. O microtraumatismo repetitivo crônico, associado ao envelhecimento e desidratação do núcleo pulposo, altera a biomecânica de absorção de choque do DI e o anel fibroso enfraquece, degenera e protrai para o interior do canal medular (Worth; Meij; Jeffery, 2019).

A cauda equina sofre compressão devido à instabilidade lombossacra e subluxação ventral do sacro, mau alinhamento das facetas articulares; anomalias vertebrais congênitas tais como vértebras transicionais; hipertrofia do ligamento amarelo e da cápsula articular, fibrose epidural e osteocondrose sacral. A estenose foraminal de lombossacral L7-S1, decorrente da degeneração da ALS, é uma das causas de radiculopatia compressiva da raiz de L7 provavelmente, a claudicação intermitente que é observada em muitos cães, esteja relacionada ao edema radicular resultante da compressão da raiz nervosa (Lichtenhahn *et al.*, 2020) e neurite inflamatória, que estimula a liberação de mediadores como interleucina IL-1 e fator de necrose tumoral (Kobayashi *et al.*, 2008).

3. SINAIS CLÍNICOS E NEUROLÓGICOS

A ELD afeta principalmente raças de médio e grande porte com idade média de 5,5 a 7 anos e mais de 25 kg. As raças mais acometidas são Pastor Alemão, Pastor de Malinois, Labrador Retriever, Boxer e Rottweiller, embora cães menores também sejam afetados (Worth; Meij; Jeffery, 2019; Gomes; Lowrie; Targett, 2020). A compressão das raízes causa alterações na função dos nervos ciático, pudendo, pélvico, perineal e retal caudal. O sinal clínico mais comum é dor lombar, seguido por claudicação uni ou bilateral de membros pélvicos, devido ao sinal de raiz. Pode ocorrer diminuição do movimento da

cauda, automutilação da região lombossacra ou dos membros pélvicos e fraqueza, levando o animal a arrastar as unhas ao caminhar (Farrel; Fitzpatrick, 2014). O paciente pode ainda adotar uma postura cifótica para diminuir a compressão sobre a cauda equina (Worth; Meij; Jeffery, 2019). A incontinência urinária e fecal é mais rara, embora isso possa ocorrer em casos mais graves (Meij; Bergknut, 2010). Com a progressão da afecção, há atrofia da musculatura caudal da coxa (Worth; Meij; Jeffery, 2019) (Figura 1A).

No exame neurológico pode haver redução dos reflexos interdigitais e devido à atrofia e hipotonia dos músculos flexores do membro pélvico, o reflexo patelar pode parecer aumentado, o que é chamado de pseudohiperreflexia do patelar. Um dos principais sinais é a dor quando pressão dorsal é aplicada sobre a região lombossacra e ao elevar a cauda. A claudicação pode ser deflagrada por hiperextensão do membro afetado, realizada juntamente com pressão na região lombossacra (Meij; Bergknut, 2010). Entretanto, é importante frisar que pode ocorrer dor durante a extensão do membro pélvico devido à ocorrência de displasia coxofemoral concomitantemente. A diferenciação entre as afecções pode ser realizada pela palpação digital profunda ao longo do trajeto do nervo ciático, no recesso caudal da coxa entre os músculos bíceps femoral e semitendinoso-semimembranoso ou ao realizar a palpação retal direcionando o dedo para a coluna sacral (Figura 1A) (Farrel; Fitzpatrick, 2014).

Embora o histórico possa ser sugestivo de ELD, é inespecífico. Os sinais podem ser confundidos com displasia coxofemoral, doença articular degenerativa das articulações do membro pélvico, bem como trauma ao músculo iliopsoas. Além disso, não é incomum que nas raças predispostas à ELD, ocorram alterações neurológicas e ortopédicas concomitantemente (Jeffery; Barker; Harcourt-Brown, 2014). É importante ressaltar que na ELD não ocorre ataxia proprioceptiva (Figura 1A). Se esta alteração for observada, devem ser excluídas condições que afetam a medula espinhal toracolombar, como mielopatia degenerativa, neoplasia vertebromedular e hérnia de DI entre outras; essas afecções podem inclusive coexistir com a ELD, o que dificulta o diagnóstico definitivo (Meij; Bergknut, 2010; De Lahunta; Glass; Kent, 2015). Outras doenças da ALS que podem causar sinais neurológicos indicativos de comprometimento da cauda equina são neoplasia, discoespondilite, empiema, fratura/luxação, más-formações, cistos epidurais e sinoviais (Worth; Meij; Jeffery, 2019).

4. DIAGNÓSTICO

É realizado com base na associação das alterações clínicas descritas acima com as alterações dos exames de imagem e exclusão de outras causas de síndrome da cauda equina. Entretanto, há diversas limitações nos exames de imagem. Pode haver alterações ósseas degenerativas na região em cães normais e por outro lado muitos pacientes com alterações clínicas sugestivas de ELD apresentam radiografias normais (Jeffery; Barker; Harcourt-Brown, 2014). Os sinais sugestivos de ELD nas radiografias simples são estreitamento do espaço do DI, espondilose ventral ou lateral, esclerose da placa terminal de L7-S1 cranial, fenômeno de vácuo e deslocamento ventral do sacro (Figura 1B) (Worth; Meij; Jeffery, 2019). O exame não possibilita a visibilização de tecidos moles e portanto da compressão das raízes da cauda equina, mas permite exclusão de lise óssea, fratura e luxação (Suwankong *et al.*, 2006).

Figura 1: A. Vídeo de dois cães com sinais decorrentes de Estenose Lombossacra Degenerativa (ELD). Ao final do vídeo há mais dois cães, com ataxia decorrente de lesão toracolombar, para mostrar a diferença dos sinais neurológicos. O escaneamento do QR CODE irá abrir o vídeo no youtube. B. Radiografia de cão com sinais neurológicos e radiológicos de ELD. A cabeça da seta aponta para a espondilolistese entre a sétima vértebra lombar (L7) e sacro. As setas longas apontam a esclerose nas placas vertebrais terminais e a seta curta para a espondilose. Estas alterações radiográficas, entretanto, podem ser um achado em cães sem sinais neurológicos.



A Tomografia Computadorizada (TC) e Ressonância Magnética (RM) são as modalidades de escolha para diagnóstico de ELD. Há alta concordância entre os exames de TC e RM, porém a correlação dos achados de imagem com as alterações encontradas no período transoperatório e severidade dos sinais clínicos é baixa (Suwankong *et al.*, 2006). Na TC, a anatomia lombossacra pode ser visibilizada em vários planos, principalmente o transverso e permite avaliar os recessos laterais da vértebra L7, dos processos articulares, das zonas de entrada, média (Figura 2 A e B) e saída dos forames

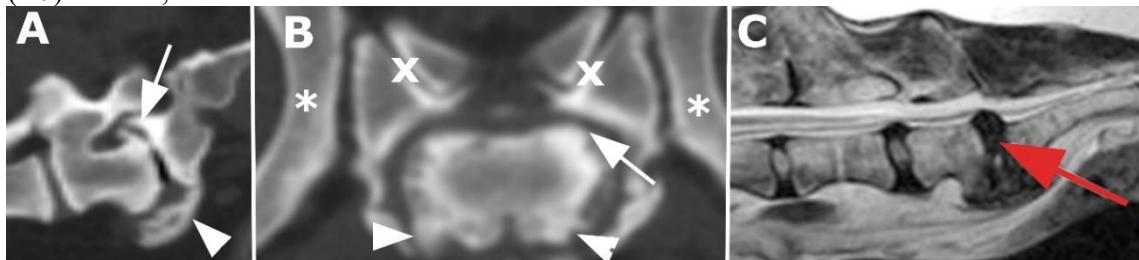
intervertebrais e inclusive do anel fibroso dorsal prolapsado (Worth; Meij; Jeffery, 2019). As principais alterações são estenose do canal lombossacro, perda de gordura epidural ao redor das raízes nervosas, aumento da opacidade dos tecidos moles, abaulamento do anel fibroso, menor diâmetro do forame intervertebral (Figura 2A e B), espessamento e osteófitos dos processos articulares (Worth; Meij; Jeffery, 2019).

O posicionamento da coluna vertebral em extensão e flexão durante o exame pode mostrar estreitamento dinâmico do canal vertebral e do forame intervertebral. A extensão da coluna reduziu o volume foraminal em 79% em cães da raça Pastor Alemão (PA) sem ELD e em 85% em PA diagnosticados com ELD. A estenose foraminal parece ser um componente importante da afecção e é observada em 68% dos cães com ELD (Figura 2A) (Worth *et al.*, 2017).

A RM é o padrão-ouro no diagnóstico, mas também requer cuidados no posicionamento simétrico e adequado do paciente, na espessura do corte e nas técnicas de aquisição de imagem (Worth; Meij; Jeffery, 2019). As principais alterações são degeneração do núcleo pulposo, prolapsos do anel fibroso e atenuação do sinal de gordura epidural normal (Figura 2C) e no forame intervertebral, que pode indicar compressão da raiz nervosa foraminal. As alterações no exame devem ser avaliadas com base na associação da presença de sinais clínicos, alterações do exame de imagem e exclusão de outras afecções que comprometem a junção lombossacra e a cauda equina (Lichtenhahn *et al.*, 2020).

A eletromiografia (EMG) e a velocidade de condução nervosa são métodos eletrodiagnósticos úteis no diagnóstico de afecções do sistema nervoso periférico, do qual as raízes nervosas fazem parte. A EMG foi 100% precisa na previsão da presença ou ausência de compressão da cauda equina, principalmente quando havia dúvida se as alterações clínicas decorriam de afecções ortopédicas, assim quando disponível este exame pode fornecer informações adicionais (De Risio *et al.*, 2001).

Figura 2: A. Tomografia Computadorizada (TC) da articulação lombossacral (LS) em corte parasagital de cão com Estenose Lombossacra Degenerativa (ELD), há estenose foraminal e proliferação óssea (seta longa) com estreitamento do forame na zona de entrada e osteofitos ventral (cabeça de seta). B. TC da articulação lombossacra do mesmo paciente em A. x = processos articulares, * = asas do ílio, cabeças de seta = proliferação ventral ao corpo vertebral, seta longa = forame direito estenosado, o mesmo que visto em A. C. Ressonância Magnética (RM) de cão em corte sagital ponderada em T2 da coluna lumbar e sacral, visibiliza-se disco protruso e degenerado (seta) entre lombossacral nº 7 (L7) e sacro, seta vermelha.



5. TRATAMENTO

A ELD pode ser tratada clínica ou cirurgicamente, de acordo com a severidade dos sinais, cronicidade do quadro, localização da compressão das raízes nervosas e presença de instabilidade vertebral (De Decker; Wawrzenski; Volk, 2014). Entretanto, ainda não há consenso ou estudos com alto grau de evidência para orientar a tomada de decisão na escolha do tratamento de cães com ELD (GOH, 2023).

O tratamento clínico consiste na restrição de exercícios por quatro a seis semanas, administração de analgésicos e de anti-inflamatórios não esteroidais ou corticosteroides para fornecer alívio sintomático da dor (Jeffery; Barker; Harcourt-Brown, 2014), associado à recomendação da redução do peso se o paciente estiver obeso (MEIJ; Bergknut, 2010). A dor, que é considerada de origem neuropática, pode ser tratada por meio da administração de gabapentina (De Decker; Wawrzenski; Volk, 2014) ou pregabalina. Os sinais de dor e déficits neurológicos leves tendem a diminuir em oito a dez semanas, possivelmente devido à redução da inflamação (Worth; Meij; Jeffery, 2019). Em seres humanos é utilizada abordagem terapêutica similar e muitos pacientes se recuperam com esta conduta (Jeffery; Barker; Harcourt-Brown, 2014).

Embora não haja evidência suficiente sobre a reabilitação física (Worth; Meij; Jeffery, 2019), seu objetivo é promover condicionamento muscular e fortalecimento da musculatura da região lombar e junção sacroilíaca; indica-se exercícios regulares como caminhadas curtas para manutenção da massa muscular e hidroterapia (Jeffery; Barker; Harcourt-Brown, 2014), o que parece eficaz em 50 a 55% dos pacientes. Em 31 cães

submetidos a este tratamento não houve resposta em 10; destes, sete apresentaram melhora com tratamento cirúrgico e três foram submetidos à eutanásia devido à progressão dos sinais (De Decker; Wawrzenski; Volk, 2014).

A administração epidural de corticosteroides de ação prolongada (acetato de metilprednisolona) entre L7-S1 é uma técnica minimamente invasiva e conservativa de tratamento, que apresenta como vantagem o efeito anti-inflamatório local, sem efeitos colaterais sistêmicos. Embora seja utilizada há décadas em seres humanos, há controvérsias sobre seu uso, principalmente quanto ao tempo de duração do tratamento, riscos e efeitos adversos. Há somente dois estudos sobre este tratamento em cães com ELD, ambos sem grupo controle ou cegamento dos avaliadores, entre outras limitações (Janssens; Beosier; Daems, 2009; Gomes; Lowrie; Targett, 2020) (Tabela 1).

Em 38 cães que receberam ao menos três aplicações de corticoide (dia 1, 12 a 16 dias após a primeira aplicação e seis semanas após a primeira dose), todos os cães apresentaram melhora clínica, com duração do efeito em média de 11 dias após a primeira dose, 32 dias após a segunda e 4,5 meses após a terceira infiltração. A taxa de recuperação em longo prazo foi de 50 a 75% e, em 53% dos casos, observou-se ausência de sinais clínicos por uma mediana de 48 meses após o tratamento (Janssens; Beosier; Daems, 2009). No segundo estudo, com 32 cães, ocorreu melhora após dose única de corticoide epidural em 27 cães (84,4%), entretanto devido à recidiva do quadro ou falta de resposta ao tratamento, em 17 cães foi realizada cirurgia descompressiva (Gomes; Lowrie; Targett, 2020). Entretanto esta é justamente a limitação do estudo, pois a alta taxa de falha do tratamento com infiltração pode ser decorrente do fato de que foi feita somente uma aplicação da medicação (Goh, 2023).

O tratamento cirúrgico é indicado quando não há boa resposta ao tratamento clínico, ou na presença de sinais clínicos moderadas a graves. Há várias técnicas descritas, cujo sucesso varia de 67 a 97%, com objetivo de estabilizar as vértebras L7-S1, reduzir o componente dinâmico da afecção e descomprimir as raízes nervosas por meio da realização de laminectomia dorsal ou foraminotomia (Worth; Meij; Jeffery, 2019; Bok *et al.*, 2020). Nenhuma técnica atual elimina todos os fatores compressivos nem restaura o espaço do DI, por isso os procedimentos não são totalmente eficazes (Meij; Bergknut, 2010; Tellegen *et al.*, 2015) e não há consenso a respeito da melhor técnica cirúrgica (Smolders *et al.*, 2012; Jeffery; Barker; Harcourt-Brown, 2014).

Devido à falta de padronização da descrição do quadro neurológico de cães com ELS nos estudos, bem como vieses na avaliação dos resultados, a comparação do resultado das diversas técnicas se torna difícil (Tabela 1) (De Decker; Wawrzenski; Volk, 2014; Worth; Meij; Jeffery, 2019).

Por meio de uma meta-análise, foi constatado que a eficácia relativa das várias técnicas cirúrgicas utilizadas em seres humanos com ELD também é incerta e a maioria das técnicas descompressivas tem eficácia similar. A descompressão associada à fusão vertebral não foi mais benéfica do que a descompressão isoladamente e o uso de *cages* intersomáticos (dispositivos espaçadores) resultou em taxas de reintervenção mais altas do que quando foi realizada somente a descompressão das raízes nervosas (Machado *et al.*, 2015).

Existem várias técnicas de descompressão das raízes nervosas e a mais utilizada é a laminectomia dorsal parcial de L7 e do sacro, realizado a partir da remoção do arco dorsal da vértebra (Figura 3A e B) Atualmente a tendência é realizar a laminectomia mais conservativa, abrangendo somente parte da lâmina dorsal do sacro. Tal técnica permite acesso ao canal medular, afastamento lateral das raízes da cauda equina, visualização do assoalho vertebral e da região dorsal do DI e realização de discectomia ou anulectomia, para que compressões ventrais à cauda equina sejam retiradas (De Risio *et al.*, 2001; Meij; Suwankong *et al.*, 2008; Bergknut, 2010; Jeffery; Barker; Harcourt-Brown, 2014; Worth *et al.*, 2017a)

A laminectomia dorsal associada à discectomia parcial proporcionou melhora clínica em 66,7% a 96,5% dos casos (Suwankong *et al.*, 2008; Jeffery; Barker; Harcourt-Brown, 2014; Worth; Meij; Jeffery, 2019). Em cães submetidos à cirurgia e avaliados por meio de análise por placas de força, ocorreu restauração parcial das forças propulsoras dos membros pélvicos seis meses após o procedimento cirúrgico (Suwankong *et al.*, 2006; Van Klaveren *et al.*, 2005).

A eficácia da discectomia parcial concomitantemente à laminectomia é controversa, pois quando as duas técnicas foram associadas, houve pior resultado, o que pode decorrer da progressão da degeneração da articulação e aumento da instabilidade da coluna vertebral (Suwankong *et al.*, 2008), ou do colapso do espaço discal e exacerbação da estenose foraminal (Worth *et al.*, 2017), que é descrito em 68-84% dos casos (Rapp *et al.*, 2017). A diminuição do espaço do DI pode agravar a compressão dinâmica da raiz de L7 em cães submetidos à laminectomia dorsal combinada com as técnicas supracitadas

(Worth *et al.*, 2017). A persistência dos sinais clínicos pode ainda ser consequência da formação de fibrose peridural, descompressão cirúrgica inadequada das raízes nervosas e instabilidade iatrogênica da ALS (Smith *et al.*, 2004; De Decker; Wawrzenski; Volk, 2014). Estes problemas não foram relatados por outros autores que realizaram laminectomia associada à anulectomia (De Risio *et al.*, 2001). Não foi observada instabilidade biomecânica com a técnica em um estudo em cadáveres (Meij *et al.*, 2007).

A foraminotomia, tem por objetivo aumentar o diâmetro do forame e descomprimir a raiz de L7. É uma cirurgia desafiadora pois, na maioria das vezes, o forame é abordado dorsal ou medialmente, como uma extensão da laminectomia lombossacra, com preservação das facetas articulares (De Risio *et al.*, 2001; Suwankong *et al.*, 2008; Worth *et al.*, 2018), mas que não fornece bom acesso às compressões foraminais lateralizadas ou na zona de entrada da raiz de L7 (Gödde; Steffen, 2007; Rapp *et al.*, 2017). Há abordagens cirúrgicas alternativas, tais como foraminotomia assistida por endoscopia através de mini-laminectomia dorsal, que foi realizada experimentalmente em cães normais, bem como por abordagem transilíaca, estudada em cadáveres (Carozzo *et al.*, 2008). A foraminotomia lateral pode ser realizada bilateralmente como um procedimento isolado ou em combinação com laminectomia parcial de L7-S1, com aumento significativo do diâmetro do forame intervertebral (Smolders *et al.*, 2020). A técnica foi realizada em 20 cães, com melhora clínica subsequente em 95% dos casos, com período de observação pós-operatória de seis meses (Gödde; Steffen, 2007); a mesma técnica foi utilizada em outro estudo com 45 cães, uni ou bilateralmente, após detecção da estenose foraminal por RM, com resultados bons em curto e longo prazo (Gomes; Lowrie; Targett, 2018). Outra opção é a facetectomia, que é a extensão da laminectomia lateralmente, dorsalmente ao forame, para remover parte das facetas articulares. Entretanto, em estudo biomecânico *in vitro* com 34 colunas lombossacrais de cães normais, foi realizada a comparação da amplitude de movimento antes e após a realização de laminectomia, discectomia e facetectomia isoladas ou em combinação. A combinação das três técnicas diminuiu significativamente a rigidez na dorsoflexão e ventroflexão, quando comparado à laminectomia e facetectomia associadas. A laminectomia associada à discectomia parcial também ocasionou aumento importante da amplitude de movimento em flexão e extensão (Smith *et al.*, 2004).

Após a realização de cirurgia descompressiva, pode ocorrer persistência ou recidiva dos sinais clínicos em 18 a 33% dos casos (Smith *et al.*, 2004). Este resultado

pode estar associado a fatores como diminuição do espaço do disco com estenose foraminal, exacerbação de instabilidade pré-existente ou ocorrência de subluxação. Por sua vez, estas ocorrências contribuem para a progressão da degeneração e piora da dor lombar o que, em longo prazo, está relacionado a pior prognóstico em seres humanos e cães (Smith *et al.*, 2004; Teunissen *et al.*, 2017).

Em vista das limitações e complicações descritas após descompressão cirúrgica, principalmente instabilidade, outra opção é estabilizar a ALS e promover a distração do forame entre L7-S1. As principais técnicas são a estabilização transarticular com parafusos, pinos transilíacos, parafusos pediculares, parafusos e polimetilmetacrilato, fixador esquelético externo e placas nos processos espinhosos dorsais (Hankin *et al.*, 2012). A seguir, algumas destas técnicas serão discutidas.

A estabilização transarticular com parafusos foi uma das primeiras técnicas utilizadas para promover distração transvertebral, aumento do diâmetro do forame intervertebral e descompressão do canal. É realizada laminectomia parcial de L7-S1 e são inseridos parafusos ou pinos através das facetas articulares de L7-S1 e, se necessário, é realizada discectomia (Golini *et al.*, 2014). Variações da técnica envolvem a colocação dos implantes atravessando as facetas, o sacro e a asa do ílio (Smolders *et al.*, 2012). A técnica não promove estabilização do componente ventral da coluna e a taxa de sucesso situa-se em torno de 85%. As complicações descritas são fratura das facetas, posicionamento inadequado, afrouxamento e falha dos implantes, descompressão insuficiente das raízes (Hankin *et al.*, 2012) e não há consenso sobre o ângulo adequado para imobilização da articulação (Worth; Meij; Jeffery, 2019).

Para corrigir a questão da migração e falha dos implantes, foi proposto o uso de pinos ou parafusos e cimento ósseo (PMMA), por meio da inserção dos implantes no corpo ou no pedículo de L7 e sacro e cobertura dos mesmos com PMMA. A técnica é versátil em relação aos ângulos de inserção dos implantes, mas o cimento em excesso pode dificultar a síntese da fáscia muscular e há possibilidade de ocorrência de infecção (Sharp; Wheeler, 2005). Em um estudo biomecânico com oito colunas lombossacras, houve estabilização rígida com o uso de quatro pinos e PMMA (Weh; Kraus, 2007). Em 30 cães com ELD submetidos à essa técnica, houve melhora da dor e na marcha em 60%, mas necessidade de reintervenção cirúrgica em 10% (Inness *et al.*, 2021). Em 21 cães com ELS, a laminectomia associada à colocação de parafusos transarticulares e

pediculares e PMMA, com tempo de observação de 36 meses, apresentou bom resultado clínico, com falha do implante em 9,5% (Tanoue *et al.*, 2022).

Tabela 1: Principais métodos de tratamento clínico e cirúrgico descritos e seus principais resultados, eficácia, complicações e limitações dos estudos analisados.

Tratamento	N	Avaliação	Número de Complicações	Principais Complicações	Eficácia do Tratamento	Limitações do Estudo	Referência
Laminectomia dorsal	69	Exames clínicos, questionários com tutores, avaliação neurológica Tempo médio de acompanhamento = 38 ± 22 meses	Não especificado	Cães com incontinência prévia tiveram pior prognóstico	78% (54/69 com bom ou excelente resultado)	Estudo retrospectivo; avaliação baseada em questionário; variação no tempo de acompanhamento	De Risio <i>et al.</i> , 2001
Laminectomia dorsal	12	Estudo clínico prospectivo, uso de placa de força, acompanhamento por 6 meses	0	Nenhuma relatada	78%, melhora da força propulsora após 6 meses	N baixo, comparou com cães saudáveis mas não com cães com ELS	van Klaveren <i>et al.</i> , 2005
Laminectomia dorsal	35	Observação clínica e imagem	Não especificado	Não especificado	6 meses pós-operatório: 63% normais 31% claudicação residual. 6% sem melhora	Estudo observacional sem avaliação objetiva da marcha	Suwankong <i>et al.</i> , 2006
Laminectomia dorsal	156	Observação clínica e questionário ao tutor Tempo de seguimento: dois meses a 3,5 anos (mediana = 1,6 anos)	Não especificado	Não especificado	79% melhora Restante: Persistência ou recidiva do quadro	Estudo retrospectivo; avaliação pós-operatória baseada em relatos dos tutores	Suwankong <i>et al.</i> , 2008
Foraminotomia lateral isolada ou associada à laminectomia	20	Observação clínica e imagem	1	1 caso com resultado insatisfatório	6 meses pós-operatório: 95% bom	Estudo retrospectivo; observação subjetiva	Gödde & Steffen, 2007
Laminectomia dorsal + discectomia parcial	13	TC e RM pré e pós-operatórias, avaliação clínica	4	Fraturas/fissuras nos processos articulares (4 cães), 1 cão apresentou abscesso paravertebral 14 meses após a cirurgia e foi feita eutanásia	85% (11/13 cães melhoraram)	N baixo, não discutiu as complicações das fraturas/fissuras	Rapp <i>et al.</i> , 2017
Laminectomia dorsal + fixação transarticular com parafusos corticais	17	TC e avaliação clínica	5	Migração ou quebra de parafusos em 5 cães, 2 cães - cirurgia de revisão	76% (13/17 melhoraram, 2 dor intermitente, 2 revisão cirúrgica)	N baixo; falha técnica dos implantes	Golini <i>et al.</i> , 2014
Laminectomia dorsal + Fixação com parafusos e PMMA	21	Avaliação clínica 3, 6, 12, 24 e 36 meses após Exames de imagem	6 complicações menores	Falha do implante (2 casos), atraso na cicatrização (2), seroma (1), edema (1)	100%	Estudo retrospectivo; período curto de acompanhamento em alguns casos	Tanoue <i>et al.</i> , 2022

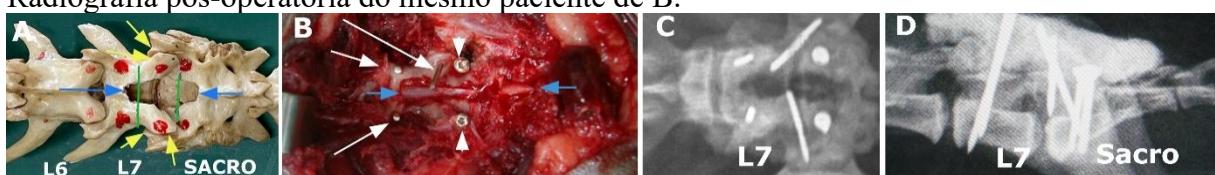
Fixação com parafusos pediculares e hastes	12	Placa de força, questionário, imagem	4	Dor lombar leve recorrente em 4 cães	Segundo autor 100% (8 melhora total, 4 necessitaram analgesia pós-operatória periódica), porém 1 paciente sem melhora de um membro e uma eutanásia após 8 meses devido a piora do quadro	N baixo, sistema de fixação com parafusos pediculares e hastes foi adaptado de dispositivos pediátricos humanos. 2 cães recidiva dos sinais clínicos, mas os autores não discutiram as possíveis razões para essa falha	Tellegen <i>et al.</i> , 2015
Foraminotomia lateral	45	Exame clínico e questionário por telefone Tempo médio de acompanhamento 22,9 meses (mediana: 18 meses, variação: 8 a 54 meses)	Não especificado	Recidiva dos sinais em 5 cães	100% melhora a curto prazo (6 semanas), 88,9% com resultado bom a longo prazo	Estudo retrospectivo, dados coletados dos prontuários ou por telefone (avaliação subjetiva do tutor)	Gomes <i>et al.</i> , 2018
Tratamento clínico (restrição de exercício + AINEs e analgésicos)	49	Questionário com tutores	Não aplicável	3 cães eutanasiados por progressão dos sinais clínicos	55% melhora clínica, 32,3% necessitaram cirurgia, 9,7% pioraram, 6,1% eutanásia	Estudo retrospectivo; avaliação baseada em questionário; falta de critérios padronizados para o tratamento clínico	De Decker <i>et al.</i> , 2014
Infiltração epidural de metilprednisolona	38	Questionário com tutores	Não especificado	Não especificado	79% melhoraram, 53% foram considerados curados	Avaliação retrospectiva; falta de grupo controle; dependência de relatos subjetivos dos tutores	Janssens <i>et al.</i> , 2009
Aplicação epidural de corticoide, seguido por cirurgia descompressiva nos que apresentaram recidiva ou não responderam à medicação	41, mas só 32 retornaram para avaliação	Questionário com tutores, avaliação clínica	Sem resposta à injeção - 5; Complicações pós-cirúrgicas (dor residual, incontinência urinária/fecal) - 5	Recidiva de dor, incontinência urinária	27 (84,4%) - melhora inicial: 14 parcial e 13 completa, 5 (15,6%) sem resposta, 17/22 recidiva e então cirurgia (15 em até 2 meses). (13 - laminectomia dorsal com foraminotomia bilateral, 4 - foraminotomia lateral)	Viés devido à avaliação subjetiva do tutor;	Gomes <i>et al.</i> , 2020

Foi avaliada *in vitro* a estabilidade após descompressão por laminectomia de L7-S1 e discectomia parcial, associada à fixação com pinos e PMMA, placa *string of pearls* (SOP) ou parafusos transarticulares. A técnica mais estável foi a inserção de seis parafusos/PMMA, com diminuição significativa da amplitude de movimento em flexão e extensão; houve instabilidade com a placa bloqueada e parafusos transarticulares, (Meij *et al.*, 2007). Em cães com mais de 25 kg, a placa SOP foi relacionada à falha dos

parafusos (Worth; Meij; Jeffery, 2019). Como durante a inserção dos implantes existe risco de lesão iatrogênica a nervos, saco dural e estruturas neurovasculares (Smolders *et al.*, 2012), já foram utilizadas guias de broca impressas em 3D, em quatro cães com ELD e em um com discoespondilite lombossacra, para inserção dos parafusos nos pedículos e estabilização com PMMA, com bons resultados (Toni *et al.*, 2021).

A técnica de fixação com parafusos pediculares de titânio é utilizada há bastante tempo em seres humanos para promover fusão entre as vértebras e assim diminuir a instabilidade. Os parafusos são fixados à barras conectadoras, que possibilitam a distração vertebral e descompressão foraminal, por um sistema de regulagem da barra (Machado *et al.*, 2015). O sistema começou a ser estudado em cães, visto que as vértebras L7 e sacro apresentam pedículos com um bom corredor para inserção dos implantes, o que evita sobrecarga nos processos articulares (Worth; Meij; Jeffery, 2019). Há a descrição da modificação da técnica, usando-se parafusos com PMMA, ao invés de barras conectadoras, com bons resultados em 21 cães (Figura 3 B, C e D) (Tanoue *et al.*, 2022).

Figura 3: A. Imagem de coluna vertebral de cão. Setas azuis = extensão da laminectomia dorsal, que pode ser de menor extensão (Linhas verdes). Setas amarelas = alteração comumente vista nas facetas articulares, que não se acoplam e leva à espondilolistese. Este deslocamento pode ser reduzido quando se insere os pinos ou parafusos que atravessam as facetas. Pontos vermelhos = ponto de inserção dos implantes. B) Imagem transoperatória de paciente submetido à laminectomia dorsal e estabilização com pinos pediculares e parafusos, as setas azuis indicam a extensão da laminectomia de L7 e sacro. Cabeças de setas = parafusos inseridos em sacro, setas = pinos inseridos no pedículo de L7, seta longa = um dos pinos inseridos na faceta de L7 em direção ao sacro e ílio. C. Radiografia pós-operatória do mesmo paciente de B.



Em um estudo biomecânico *in vitro* com 12 colunas de cães, foi realizada laminectomia e discectomia parcial e inserção de quatro parafusos pediculares monoaxiais fixados à barras conectadoras, e houve boa estabilidade em flexão e extensão (Meij *et al.*, 2007). A técnica foi aplicada *in vitro* para avaliar a inserção, angulação dos parafusos e ocorrência de violação do canal medular, e na sequência em três cães com ELD, nos quais foi realizada a curetagem das placas vertebrais e colocação de enxerto

ósseo para promover fusão vertebral, que é a maior limitação das técnicas empregadas nesta articulação. Houve melhora clínica e, por meio da análise com placas de força, constatou-se melhora parcial da função dos membros, porém, por meio de histologia, constatou-se que não ocorreu fusão óssea após 18 meses (Smolders *et al.*, 2012). A técnica foi usada também em 12 cães com peso mediano de 32 kg com ELS e na avaliação clínica e por placas de força houve resolução do quadro em oito cães e melhora parcial em quatro, porém sem ocorrência de fusão óssea, mesmo com uso de enxerto ósseo (Tellegen *et al.*, 2015).

Em seres humanos são inseridos *cages* intersomáticos ou espaçadores intervertebrais no espaço do disco, para promover distração foraminal, estabilidade e fusão óssea, em associação ou não à fixação pedicular, embora haja controvérsias sobre sua eficácia (Machado *et al.*, 2015). Foram então iniciados estudos com *cages* para uso nas vértebras cervicais na medicina veterinária e, posteriormente, no espaço lombossacro. No primeiro estudo, *in vitro*, realizou-se laminectomia e discectomia e aplicação dos parafusos pediculares poliaxiais em associação com um parafuso espaçador rosqueado de titânio cônicamente inserido entre L7-sacro, sendo constatada restauração da estabilidade entre as vértebras (Zindl *et al.*, 2018).

Em um estudo biomecânico *in vitro* em nove segmentos lombossacros de cães, foi inserido um *cage* intervertebral cervical de titânio para uso humano, associado à técnica de fixação pedicular, ocorrendo estabilização adequada, restauração da altura do disco e do forame intervertebral, porém o *cage*, embora fosse o menor disponível comercialmente, era grande para cães com peso mediano de 27 kg (Teunissen *et al.*, 2017). Em outro estudo, com sete cães Beagles, foi realizada laminectomia e foi inserido um parafuso cônicamente de titânio no espaço do disco, após criação de um orifício cilíndrico e remoção da parte central do anel fibroso e núcleo pulposo, sem associação da estabilização com parafusos. Observou-se que a amplitude do movimento foi menor do que somente com realização de laminectomia, o que indicou boa estabilidade, sem comprometer a movimentação dos discos intervertebrais adjacentes de L6-L7 e L5-L6 (Tanoue *et al.*, 2020).

A realização de foraminotomia, implantação de um *cage* cervical (SynCage-C 4.5 DePuy Synthes[®]) e distração/fixação com parafusos pediculares/barras conectadoras em um estudo biomecânico *in vitro* em vértebras de cães, aumentou consideravelmente o volume foraminal. Os parafusos pediculares auxiliaram na estabilização do *cage* intervertebral e

eliminaram a movimentação que poderia agravar a estenose foraminal (Smolders *et al.*, 2020). A técnica foi então usada em um cão com ELD grave que foi acompanhado por 12 meses, com melhora significativa da dor. Na TC constatou-se fusão óssea parcial e após 26 meses ocorreu o óbito por causas não relacionadas à cirurgia. Por meio de histopatologia observou-se fusão vertebral, que seria o objetivo mais importante da técnica e que parece ser estimulada pela inserção do *cage* (Bok Ter *et al.*, 2020).

A maior limitação é a falta de um *cage* adequado para cães. Em um estudo com 10 cães com peso de 20 a 35 kg, realizou-se a mensuração das dimensões do espaço intervertebral lombossacro por meio de radiografias, tomografias e secções das peças das colunas vertebrais. Constatou-se que os *cages* de uso humano não possuem dimensões adequadas para este porte. Na sequência foi projetado um implante via modelagem 3D, para introdução dorsolateral no espaço intervertebral de L7 após laminectomia. Entretanto é necessária a realização de estudos biomecânicos e clínicos (Dias; Tsatsakis; Arias, 2020).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ELD impacta significativamente a mobilidade e qualidade de vida dos cães, porém ainda não há consenso sobre o melhor tratamento. Nos diversos estudos que comparam os tratamentos clínicos e cirúrgicos, o número de casos clínicos é pequeno, há falhas metodológicas e resultados controversos. Em seres humanos também há dúvidas sobre a eficácia das diversas técnicas cirúrgicas; as principais complicações são taxas altas de reintervenção, principalmente por migração do *cage* intervertebral devido à falta de fusão vertebral. Há poucos estudos sobre uso de implantes associados a *cages* ou espaçadores intervertebrais, com poucos casos descritos com acompanhamento em longo prazo, sendo a principal limitação a ausência de fusão vertebral. Além disso, os tamanhos dos *cages* utilizados em humanos não são adequados para o tratamento da ELD em cães de menor porte, sendo necessário o desenvolvimento de implantes específicos para a espécie.

REFERÊNCIAS

- BOK, T. E. R. *et al.* Lumbosacral fusion using instrumented cage distraction-fixation in a dog with degenerative lumbosacral stenosis. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology Open**, v. 3, n. 2, p. e77–e83, jul. 2020.
- CAROZZO, C. *et al.* Transiliac approach for exposure of lumbosacral intervertebral disk and foramen: technique description. **Veterinary Surgery**, v. 37, n. 1, p. 27–31, jan. 2008.
- DE DECKER, S.; WAWRZENSKI, L. A.; VOLK, H. A. Clinical signs and outcome of dogs treated medically for degenerative lumbosacral stenosis: 98 cases (2004-2012). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 245, n. 4, p. 408–413, 15 ago. 2014.
- DE LAHUNTA, A.; GLASS, E.; KENT, M. Small Animal Spinal Cord Disease. In: DE LAHUNTA, A.; GLASS, E.; KENT, M. **Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology**. 4. ed. Philadelphia: Saunders, 2015. p. 257–303.
- DE RISIO, L. *et al.* Predictors of outcome after dorsal decompressive laminectomy for degenerative lumbosacral stenosis in dogs: 69 cases (1987-1997). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 219, n. 5, p. 624–628, set. 2001.
- DIAS, R. C.; TSATSAKIS, A. C.; ARIAS, M. V. B. Development of a lumbosacral intervertebral cage prototype for dogs. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 40, p. 546–553, 2020.
- FARREL, M.; FITZPATRICK, N. Lumbosacral Disc Disease: Is Vertebral Stabilization Indicated? In: FINGEROTH, J. M.; THOMAS, W. B. (Eds.). **Advances in Intervertebral Disc Disease in Dogs and Cats**. Ames, Iowa, USA: Wiley-Blackwell, 2014. p. 237–250.
- GÖDDE, T.; STEFFEN, F. Surgical treatment of lumbosacral foraminal stenosis using a lateral approach in twenty dogs with degenerative lumbosacral stenosis. **Veterinary Surgery**, v. 36, n. 7, p. 705–713, out. 2007.
- GOH, K. Comparing clinical outcomes of dogs suffering from degenerative lumbosacral stenosis upon surgical or nonsurgical treatment. **Veterinary Evidence**, v. 8, n. 2, 8 jun. 2023.
- GOLINI, L. *et al.* Transarticular fixation with cortical screws combined with dorsal laminectomy and partial discectomy as surgical treatment of degenerative lumbosacral stenosis in 17 dogs: clinical and computed tomography follow-up. **Veterinary Surgery**, v. 43, n. 4, p. 405–413, 2014.

GOMES, S. A.; LOWRIE, M.; TARGETT, M. Long-term outcome following lateral foraminotomy as treatment for canine degenerative lumbosacral stenosis. **The Veterinary Record**, v. 183, n. 11, p. 352, 22 nov. 2018.

GOMES, S. A.; LOWRIE, M.; TARGETT, M. Single dose epidural methylprednisolone as a treatment and predictor of outcome following subsequent decompressive surgery in degenerative lumbosacral stenosis with foraminal stenosis. **The Veterinary Journal**, v. 257, p. 105451, 2020.

HANKIN, E. J. *et al.* Transarticular facet screw stabilization and dorsal laminectomy in 26 dogs with degenerative lumbosacral stenosis with instability. **Veterinary Surgery**, v. 41, n. 5, p. 611-619, 2012.

INNESS, P. R. *et al.* Distraction Stabilization of Degenerative Lumbosacral Stenosis: Technique and Mid- to Long-Term Outcome in 30 Cases. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology Open**, v. 34, n. 6, p. 427–436, nov. 2021.

JANSSENS, L.; BEOSIER, Y.; DAEMS, R. Lumbosacral degenerative stenosis in the dog. The results of epidural infiltration with methylprednisolone acetate: a retrospective study. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 22, n. 6, p. 486–491, 2009.

JEFFERY, N. D.; BARKER, A.; HARCOURT-BROWN, T. What progress has been made in the understanding and treatment of degenerative lumbosacral stenosis in dogs during the past 30 years? **Veterinary Journal**, v. 201, n. 1, p. 9–14, jul. 2014.

KOBAYASHI, S. *et al.* Effects of arterial ischemia and venous congestion on the lumbar nerve root in dogs. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 26, n. 11, p. 1533–1540, nov. 2008.

LICHTENHAHN, V. *et al.* Evaluation of L7-S1 nerve root pathology with low-field MRI in dogs with lumbosacral foraminal stenosis. **Veterinary Surgery**, v. 49, n. 5, p. 947–957, 2020.

MACHADO, G. *et al.* Effectiveness of Surgery for Lumbar Spinal Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. **PLoS One**, v. 10, p. e0122800, 2015.

MEIJ, B. P. *et al.* Biomechanical Flexion–Extension Forces in Normal Canine Lumbosacral Cadaver Specimens Before and After Dorsal Laminectomy–Discectomy and Pedicle Screw–Rod Fixation. **Veterinary Surgery**, v. 36, n. 8, p. 742–751, 2007.

MEIJ, B. P.; BERGKNUT, N. Degenerative lumbosacral stenosis in dogs. **The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice**, v. 40, n. 5, p. 983–1009, 2010.

RAPP, M. *et al.* Postoperative computed tomography and low-field magnetic resonance imaging findings in dogs with degenerative lumbosacral stenosis treated by dorsal laminectomy. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 30, n. 2, p. 143–152, 2017.

SMITH, M. E. H. *et al.* An in vitro biomechanical study of the effects of surgical modification upon the canine lumbosacral spine. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 17, p. 17–24, 2004.

SMOLDERS, L. A. *et al.* Pedicle screw-rod fixation of the canine lumbosacral junction. **Veterinary Surgery**, v. 41, n. 6, p. 720–732, 2012.

SMOLDERS, L. A. *et al.* The effects of foraminotomy and intervertebral distraction on the volume of the lumbosacral intervertebral neurovascular foramen: An ex vivo study. **Veterinary Journal**, v. 256, p. 10543, 2020.

SUWANKONG, N. *et al.* Agreement between computed tomography, magnetic resonance imaging, and surgical findings in dogs with degenerative lumbosacral stenosis. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 229, n. 12, p. 1924–1929, 2006.

SUWANKONG, N. *et al.* Review and retrospective analysis of degenerative lumbosacral stenosis in 156 dogs treated by dorsal laminectomy. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 21, n. 3, p. 285–293, 2008.

TANOUE, H. *et al.* Effects of intervertebral distraction screw fixation of the lumbosacral joint on the adjacent lumbar segments in Beagles. **American Journal of Veterinary Research**, v. 81, n. 4, p. 367–374, 2020.

TANOUE, H. *et al.* Postoperative outcomes of combined surgery comprising dorsal laminectomy, transarticular screws, pedicle screws and polymethylmethacrylate for dorsal fixation in 21 dogs with degenerative lumbosacral stenosis. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 260, n. 14, p. 1813–1819, 2022.

TELLEGREN, A. R. *et al.* Pedicle screw-rod fixation: a feasible treatment for dogs with severe degenerative lumbosacral stenosis. **BMC Veterinary Research**, v. 11, n. 7, p. 299, 2015.

TEUNISSEN, M. *et al.* Effect of a titanium cage as a stand-alone device on biomechanical stability in the lumbosacral spine of canine cadavers. **Veterinary Journal**, v. 220, p. 17–23, 2017.

TONI, C. *et al.* Accuracy of placement of pedicle screws in the lumbosacral region of dogs using 3d-printed patient-specific drill guides. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 34, n. 1, p. 53–58, 2021.

VAN KLAVEREN, N. J. *et al.* Force plate analysis before and after dorsal decompression for treatment of degenerative lumbosacral stenosis in dogs. **Veterinary Surgery**, v. 34, n. 5, p. 450–456, 2005.

WEH, J. M.; KRAUS, K. H. Use of a four pin and methylmethacrylate fixation in L7 and the iliac body to stabilize lumbosacral fracture-luxations: a clinical and anatomic study. **Veterinary Surgery**, v. 36, n. 8, p. 775–782, 2007.

WORTH, A. J. *et al.* Computed tomographic evaluation of dynamic alteration of the canine lumbosacral intervertebral neurovascular foramina. **Veterinary Surgery**, v. 46, n. 2, p. 255–264, 2017a.

WORTH, A. J. *et al.* Effect of dorsal laminectomy and dorsal annulectomy with partial lumbosacral discectomy on the volume of the lateral intervertebral neuroforamina in dogs when the lumbosacral junction is extended. **Veterinary Surgery**, v. 46, n. 2, p. 265–270, 2017b.

WORTH, A.; MEIJ, B.; JEFFERY, N. Canine degenerative lumbosacral stenosis: prevalence, impact and management strategies. **Veterinary Medicine: Research and Reports**, v. 10, p. 169–183, 2019.

WORTH, A. J. *et al.* Medium-Term Outcome and CT Assessment of Lateral Foraminotomy at the Lumbosacral Junction in Dogs with Degenerative Lumbosacral Stenosis. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 31, n. 1, p. 37-43, 2018.

ZINDL, C. *et al.* Kinematic behavior of a novel pedicle screw-rod fixation system for the canine lumbosacral joint. **Veterinary Surgery**, v. 47, n. 1, p. 114–124, 2018.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Thyara Caroline Weizenmann: Investigação, redação do manuscrito Original.

Mônica Vicky Bahr Arias: Conceituação, análise formal, supervisão, revisão e edição.