

# REALIZAÇÃO DE TÉCNICAS CIRÚRGICAS EM CADÁVER DE CÃO E POR MEIO DE MODELAGEM COMPUTADORIZADA 3D PARA ILUSTRAR A ESTABILIZAÇÃO DA COLUNA LOMBO-SACRA EM CASO DE FRATURA/LUXAÇÃO

Recebido em: 30/10/2023

Aceito em: 21/03/2024

DOI: 10.25110/arqvet.v26i2cont.2023-026

Adan Peres Cabreira <sup>1</sup>  
Karina Ayaka Yaekashi <sup>2</sup>  
Mônica Vicky Bahr Arias <sup>3</sup>

**RESUMO:** As fraturas/luxações da vértebra L7 são frequentes na coluna vertebral de cães e os sinais clínicos neurológicos decorrem do comprometimento das raízes nervosas da cauda equina, e perda de relação de sustentação da pelve e sacro com o restante da coluna lombar, o que pode ser suficiente para impedir a deambulação do animal. O tratamento conservativo pode ser realizado em cães com sinais neurológicos leves e com pouco deslocamento dos corpos vertebrais, no entanto, o tratamento cirúrgico pode prevenir lesões adicionais à cauda equina, aliviar a compressão medular e promover estabilidade. Existem várias técnicas cirúrgicas para estabilização das fraturas lombossacras, mas foram descritas há muitos anos, as ilustrações estão disponíveis apenas em imagens em preto e branco ou de baixa qualidade, dificultando o entendimento dos procedimentos. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho é apresentar uma breve revisão sobre as técnicas, adicionando imagens autorais que permitam melhor entendimento da mesma, além de material ilustrativo para referências em trabalhos futuros. As imagens foram confeccionadas por meio de instrumentação em cadáveres e modelamento computacional 3D.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cauda equina; Fratura lombar; Modelamento 3D; Modelos 3D didáticos; Tratamento cirúrgico.

## EXECUTION OF SURGICAL TECHNIQUES ON CANINE CADAVERS AND THROUGH 3D COMPUTER MODELING TO ILLUSTRATE LUMBO-SACRAL SPINE STABILIZATION IN CASES OF FRACTURE/DISLOCATION

**ABSTRACT:** Fractures/dislocations of the L7 vertebra are common in the canine vertebral spine, and the clinical and neurological signs result from the involvement of the nerve roots of the cauda equina and the loss of support between the pelvis and sacrum with the rest of the lumbar spine, which can be sufficient to impede the animal's ambulation. Conservative treatment can be performed in dogs with mild neurological

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR, Brazil.

E-mail: [adan.ufrgs@gmail.com](mailto:adan.ufrgs@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9276-0108>

<sup>2</sup> Residente em Clínica Cirúrgica de Animais de Companhia, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina – PR

E-mail: [karinayaekashi@gmail.com](mailto:karinayaekashi@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3520-5174>

<sup>3</sup> Departamento de Clínicas Veterinárias, UEL.

E-mail: [vicky@uel.br](mailto:vicky@uel.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1760-1155>

signs and minimal displacement of vertebral bodies; however, surgical treatment can prevent further cauda equina injuries, relieve spinal cord compression, and promote stability. There are several surgical techniques for stabilizing lumbosacral fractures; however, since they were described many years ago, illustrations of these techniques are available only in black and white or low-quality images, making it difficult to understand the procedure. Therefore, the aim of this work is to provide a brief review of these techniques while adding original images to enhance understanding of the procedures, along with illustrative material for future reference. The images were obtained through cadaver instrumentation and 3D computational modeling.

**KEYWORDS:** 3D modeling; Cauda equine; Didact 3D models; Lumbar Fracture; Surgical treatments.

## REALIZACIÓN DE TÉCNICAS QUIRÚRGICAS EN CADÁVER DE PERRO Y MODELADO COMPUTARIZADO 3D PARA ILUSTRAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA COLUMNA LUMBOSACRA EN CASO DE FRACTURA/LUXACIÓN

**RESUMEN:** Las fracturas/luxaciones de la vértebra L7 son frecuentes en la columna vertebral de los perros y los signos clínicos y neurológicos resultan del compromiso de las raíces nerviosas de la cauda equina y la pérdida de relación de soporte entre la pelvis y el sacro con el resto de la columna lumbar, lo que puede ser suficiente para evitar la deambulación del animal. El tratamiento conservador se puede llevar a cabo en perros con signos neurológicos leves y con poco desplazamiento de los cuerpos vertebrales; sin embargo, el tratamiento quirúrgico puede prevenir lesiones adicionales en la cola equina, aliviar la compresión medular y proporcionar estabilidad. Existen varias técnicas quirúrgicas para la estabilización de las fracturas lumbosacras, pero dado que se describieron hace muchos años, las ilustraciones están disponibles solo en imágenes en blanco y negro o de baja calidad, lo que dificulta la comprensión de los procedimientos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es presentar una breve revisión de las técnicas, incluyendo imágenes originales que permitan una mejor comprensión de la técnica, además de material ilustrativo para futuras referencias. Las imágenes se crearon mediante instrumentación en cadáveres y modelado computarizado 3D.

**PALABRAS CLAVE:** Cauda equina; Fractura lumbar; Modelado 3D; Modelos 3D didácticos; Tratamiento quirúrgico.

### 1. INTRODUÇÃO

As lesões traumáticas da articulação lombossacra de cães apresentam certa peculiaridade em relação à sua apresentação, pois na maioria das vezes há fratura oblíqua do corpo da vértebra L7, associado ao deslocamento cranioventral do fragmento caudal de L7 e sacro (Jeffrey, 2010). Em geral essas lesões decorrem de trauma exógeno severo, como por exemplo, acidentes automobilísticos (Mendes; Arias, 2012; Taylor, 1981) e o tipo de lesão observada pode ocorrer pelo fato do final da coluna lombar ser uma área de transição entre uma região relativamente móvel e um segmento mais rígido, fixo à pelve (Kinns *et al.*, 2006).

No interior do canal vertebral lombossacral encontram-se as raízes nervosas da cauda equina que irão formar os nervos ciático, pudendo, pélvico e caudais, portanto lesões nessas estruturas podem levar a alterações da locomoção, das funções da bexiga, defecação e movimentação da cauda (Paes *et al.*, 2016; Taylor, 1981). Em relação à locomoção, o prognóstico na maioria das vezes é favorável, pois não há comprometimento da medula espinhal, nem dos segmentos medulares que dão origem ao nervo femoral (Jeffery, 2010; Sharp; Wheeler, 2005), entretanto os pacientes podem apresentar dor intensa e claudicação.

O diagnóstico é realizado por meio do exame neurológico cuidadoso para não causar maior deslocamento entre as vértebras, porém minucioso para realizar a localização correta da lesão. A confirmação da suspeita é realizada pelo exame radiográfico simples, atentando-se para outras fraturas e lesões que podem ocorrer concomitantemente, mas que não apresentam sinais clínicos evidentes (Granger; Carwardine, 2014; Jeffery, 2010; Shores, 1992). A Tomografia Computadorizada (TC) é o melhor método para avaliação de elementos ósseos da coluna vertebral, uma vez que múltiplos cortes e modelos tridimensionais sem sobreposição de imagens facilitam a identificação de alterações (Tellegen *et al.*, 2015). A TC além de ferramenta de diagnóstico também pode ser utilizada no planejamento cirúrgico sendo possível a realização de estudos para definição de corredores seguros, mensurações de estoque ósseo além de servir como base para projeto de implantes e modelos representativos da anatomia do paciente (Sharp; Wheeler, 2005). A escolha do tratamento depende do grau de instabilidade vertebral, habilidade, preferência do cirurgião (Jeffery, 2010) e comprometimento neurológico (Araujo *et al.*, 2017). As opções de tratamento podem variar entre o manejo conservativo e o cirúrgico (Harrington; Bagley, 1998).

Existem várias técnicas cirúrgicas para estabilização das fraturas lombossacras, mas como foram descritas há muitos anos, as ilustrações das mesmas estão disponíveis apenas em imagens em preto e branco. A realização de peças didáticas como método ilustrativo é de grande valia, uma vez que é possível isolar a área apenas com as estruturas de interesse para melhor visualização e entendimento da técnica. A elaboração de modelos tridimensionais não possui custos relacionados a materiais e atualmente é possível sua confecção por meio do uso de ferramentas gratuitas, sendo também uma possibilidade para planejamento e ilustração de técnicas cirúrgicas e anatomia.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do modelo demonstrativo da técnica *String of pearls* (SOP), o arquivo com extensão DICOM foi obtido através de um exame de Tomografia Computadorizada (TC) da região lombossacra de um cão. Em seguida, por meio da utilização do *software* para visualização, processamento, segmentação e análise de exames de imagem 3D Slicer (Kitware, Inc. *3D Slicer 5.4.1*: Clifton Park, NY, USA; 2023), foi gerado um modelo de casca com base nos cortes da TC e em seguida a região de interesse foi seccionada e exportada em extensão STL (*Standard Tessellation Language*). O arquivo foi importado no *software* de modelagem paramétrica CREO Parametric (PTC (Parametric Technology Corporation), *Creo Parametric 9.0*: Boston, MA, USA; 2023). O modelo do implante foi concebido com base em informações providas pelo fabricante (*Orthomed UK, Ltd, Huddersfield, Yorkshire, UK*) e posteriormente posicionado nas vértebras. O software Slicer 3D possui código fonte aberto e é gratuito para utilização. O CREO possui licença gratuita para acadêmicos e pesquisadores.

As demais técnicas foram realizadas em uma peça anatômica contendo a pelve e coluna lombar e sacral. A musculatura foi subtraída para melhor visualização. Instrumentais cirúrgicos de rotina foram utilizados para posicionamento e inserção dos implantes.

### **Técnicas para tratamento cirúrgico**

O objetivo do tratamento cirúrgico é a redução do deslocamento vertebral e estabilização das vértebras comprometidas, promover a descompressão das raízes nervosas, aliviar a dor e fornecer ambiente propício ao retorno da função neurológica (Segal; Bar; Shani, 2018; Sturges; Lecouteur, 2002). A intervenção cirúrgica realizada no momento adequado pode maximizar a recuperação do tecido nervoso (Carlson, 1997). As vantagens do tratamento cirúrgico são o retorno da função neurológica de forma mais rápida, e os cuidados no pós-operatório são menos intensivos quando comparados com o tratamento conservativo, entretanto podem ocorrer complicações decorrentes do uso de implantes (Difazio; Fletcher, 2013).

Existem poucas técnicas descritas em literatura para a estabilização do segmento lombossacro (Dulisch; Nichols, 1981; MacAnulty; Lenehan; Maletz, 1986), pois a proximidade da vértebra L7 ao sacro e asa do ílio e a presença das raízes nervosas do

plexo lombossacro que emergem do forame caudal ao canal vertebral dificultam o acesso e a colocação de implantes nessa região (Segal; Bar; Shani, 2018; Ullman; Boudrieau, 1993).

O prognóstico após realizar a realização da cirurgia não depende somente da técnica empregada, mas também da habilidade do cirurgião, conhecimento da anatomia, alinhamento correto da coluna e força/rigidez dos implantes usados (Sturges; Lecouteur, 2002). A imobilização insuficiente pode levar à instabilidade e ao retardo da cicatrização, além de compressão das raízes nervosas (Jeffrey, 2010).

### **Pino/ parafuso associado ao cimento ósseo à base de PMMA**

O uso de pinos e parafusos com PMMA é considerado padrão ouro para a fixação de fraturas e luxações vertebrais em cães e gatos (Jeffrey, 2010; Pedro-Neto; Tudury, 2005), pois ao ter um contato mais íntimo com a vértebra L7 e a vértebra sacral e ser uma estrutura relativamente robusta, promove boa estabilidade, além de requerer menor dissecação do tecido circunjacente e instrumentação em um número menor de vértebras, sendo indicado a fixação de ao menos uma vértebra íntegra cranial e uma caudal ao foco da fratura (Early *et al.*, 2015; Nel *et al.*, 2017; Sharp; Wheeler, 2005; Weh; Kraus, 2007). É uma técnica que pode ser usada em animais de porte variado, é versátil, pode ser combinada com outras técnicas de fixação e é compatível com a realização de laminectomia dorsal para descompressão das raízes nervosas ou retirada de fragmentos ósseos do interior do canal vertebral (Dewey, 2015). Consiste na implantação de dois pinos rosqueados de perfil positivo no corpo da vértebra L6, dois pinos em L7 e dois pinos nos processo articulares craniais de S1 penetrando na asa do ílio, totalizando seis pinos (Dewey, 2015; Weh; Kraus, 2018). Os pinos inseridos em L6 e L7 devem ser direcionados cranioventralmente e colocados de lateral para medial enquanto os pinos inseridos no sacro são direcionados caudoventralmente e de lateral para medial (Pedro-Neto; Tudury, 2005). Preconiza-se o uso de pinos rosqueados com *perfil positivo* ao invés de pinos lisos ou com *perfil negativo* por oferecerem maior resistência às forças aplicadas; o diâmetro do pino deve ter de 20 a 25% do diâmetro do canal (Pedro-Neto; Tudury, 2005; Weh; Kraus, 2018), o que varia conforme o tamanho do paciente. Esses pinos são cortados, deixando 2 cm de sua extremidade, para que na sequência seja colocado cimento ósseo sobre o pino, promovendo assim a estabilização (Figura 1).

**Figura 1:** Demonstração da posição de inserção dos pinos no corpo vertebral de L6 e L7, asas do ílio e processos articulares de S1 na técnica de pinos + PMMA.



Fonte: Autoria própria (2023).

Apesar de ser uma das técnicas mais usadas para a correção de fraturas e luxações lombossacras, várias complicações foram descritas, tais como lesão térmica, levando à necrose óssea e afrouxamento dos implantes; risco de infecção pelo fato do cimento ósseo ser poroso; ruptura ou afrouxamento do PMMA; seroma devido à presença de espaço morto e desenvolvimento de ferida aberta no local da cirurgia (Diamante *et al.*, 2020; Vallefucio *et al.*, 2014). Essas complicações podem ocorrer até mesmo após a alta do paciente e melhora dos sinais clínicos (Diamante *et al.*, 2020).

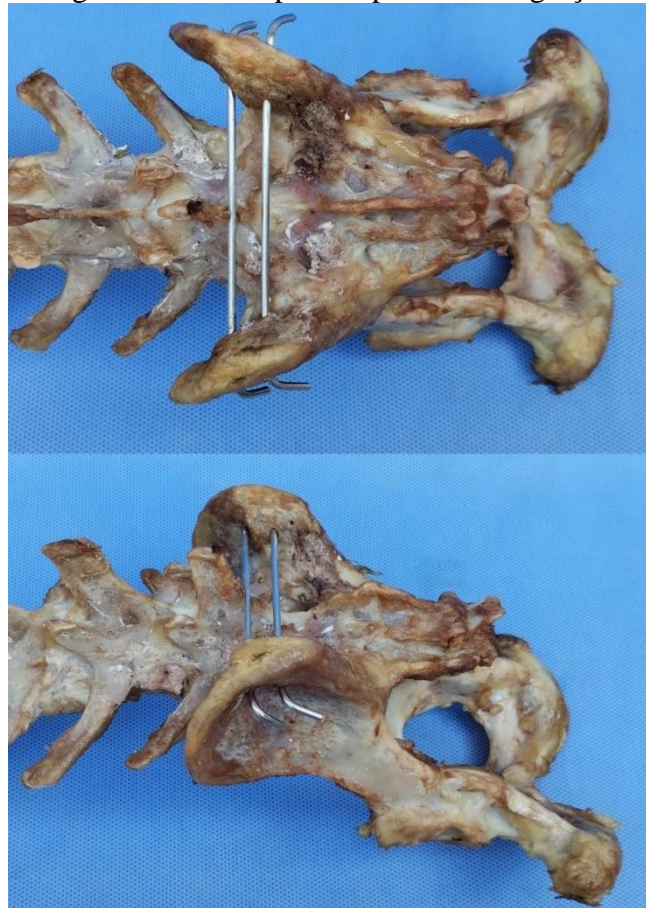
### **Pinos transilíacos**

O uso de pinos transilíacos é uma técnica preconizada quando há luxação de L7/S1 ou fraturas da vértebra L7 com a lâmina dorsal intacta. As desvantagens dessa técnica são: incompatibilidade com a laminectomia dorsal de L7, e devido ao deslocamento cranioventral do sacro, há dificuldades na visualização da lâmina sacral; como vantagem,

caso haja fratura/luxação de L6, ou seja, se for necessário maior estabilidade, pode ser combinada com o uso de placas nos processos espinhosos.

Nessa técnica, a pinça de redução é colocada em cada asa do ílio para alinhar os processos articulares da vértebra L7 com o sacro, para que na sequência seja introduzido um pino de *Steinmann* através da face lateral da asa do ílio, repetindo esse mesmo processo na asa contralateral. A principal complicação dessa técnica é a migração dos pinos de *Steinmann*, porém para evitar isso, pode ser empregado PMMA, braçadeiras de *Kirschner* conectando os pinos de ambos os lados ou realizar a angulação das extremidades dos pinos em 90° (Figura 2) (Dewey, 2015; Pedro-Neto; Tudury, 2005; Kline; Bruecker, 2014).

**Figura 2:** Imagem da técnica de colocação de pinos transilíacos, com as extremidades anguladas em 90° para impedir sua migração.



Fonte: Autoria própria (2023).

### **Estabilização vertebral segmentar modificada**

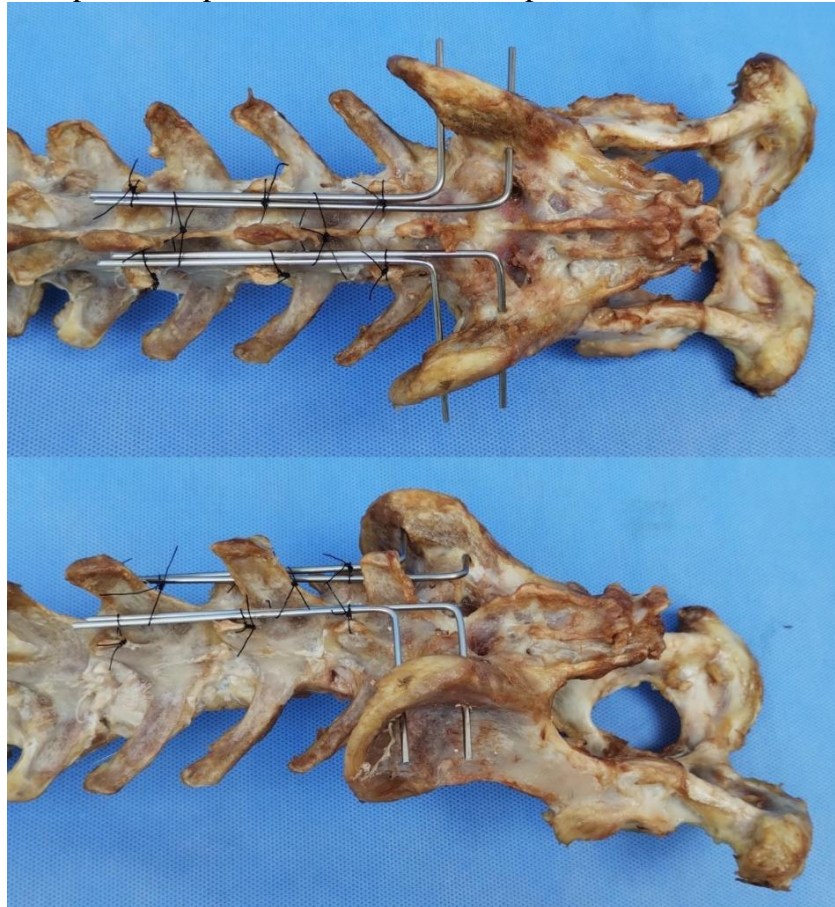
Nesta técnica são utilizados pinos de *Steinmann* fixos aos processos espinhosos e facetas articulares, e como vantagens pode-se citar que a técnica pode ser associada à técnica de laminectomia dorsal; não requer extensa dissecação, pois não é necessário expor os corpos vertebrais; pode ser realizado em animais de diferentes portes e proporciona estabilidade vertebral razoável (Dewey, 2015).

Inicialmente, realiza-se a exposição dos processos espinhosos e facetas articulares para a realização de orifícios e fixação das cerclagens. Além disso, são necessários dois pinos de *Steinmann*, dispostos ao longo das lâminas vertebrais e de comprimento apropriado para incorporar, pelo menos, duas a três vértebras craniais à fratura. Na sequência, realiza-se dois orifícios no sentido transversal em cada asa do ílio e próximo à lâmina vertebral do sacro e então quatro pinos de *Steinmann* são dobrados em forma de “L” (ângulo de 90°), para serem fixados por fios de aço introduzidos nos orifícios realizados nas vértebras citadas anteriormente (Dewey, 2015; Pedro-Neto; Tudury, 2005; Kline; Bruecker, 2014).

A técnica já foi modificada, e ao invés de fios de aço foram utilizados fios de náilon (Figura 3) (Pedro-Neto *et al.*, 2004). Os fios de cerclagem de aço inoxidáveis apresentam boa segurança na hora dos nós, porém tendem a cortar ou lesionar os tecidos (Boothe, 2003). Por outro lado, o náilon leva à mínima resposta tecidual, além de apresentar maior estabilidade de tensão quando comparada ao fio de aço, devido à sua elasticidade (Carlo; Junior; Galvão, 1998). A eficácia do uso de náilon em substituição aos fios de aço foi comprovada em sete animais, com peso variando de 2,4-14,6 kg (média de 6,95 kg) por meio de controle radiográfico realizado 45 dias após a intervenção cirúrgica, mostrando que não houve deslocamento dos pinos, fratura dos processos espinhosos e articulares e resistência às forças exercidas na coluna, garantindo correto alinhamento vertebral. As vantagens no uso do fio náilon foram custo baixo e aplicação rápida e menos traumática (Pedro-Neto *et al.*, 2004).



**Figura 3:** Imagem fotográfica de peça óssea da coluna lombossacra e asas do ílio para ilustrar a técnica de estabilização vertebral segmentar modificada com fios de náilon para fixar os pinos nos processos articulares e espinhosos ao invés de fios de aço.



Fonte: Autoria própria (2023).

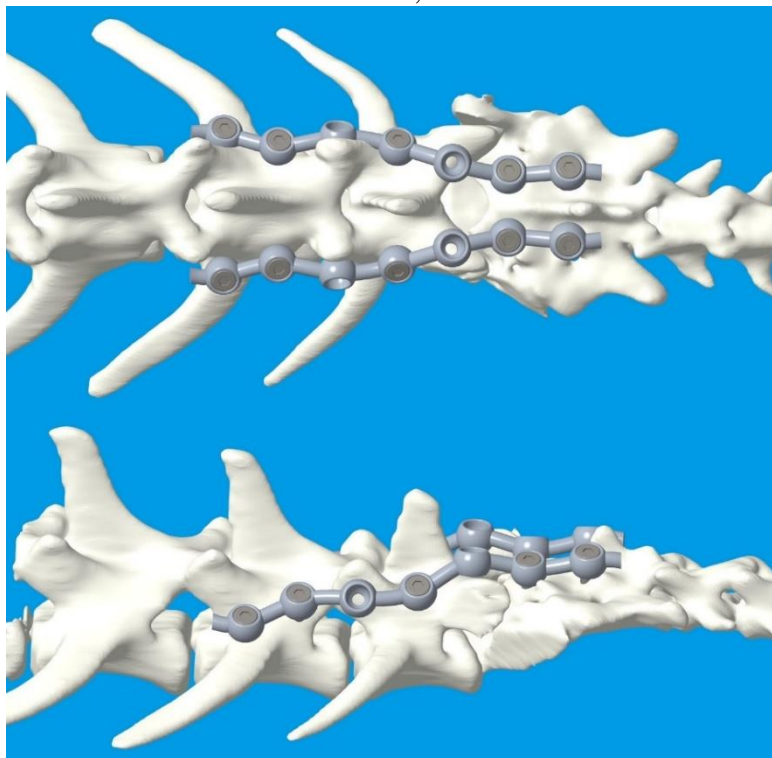
As desvantagens da técnica de fixação segmentar modificada incluem que para colocação dos implantes na região lombossacra, são necessários vários processos espinhosos e facetas articulares intactas. Devido ao trauma, é comum que estas estruturas estejam comprometidas, o que dificulta a realização da técnica. O osso do processo espinhoso, por ter uma fina camada cortical e grande quantidade de tecido esponjoso, é considerado um tecido ósseo fraco, podendo ocorrer fratura dos mesmos ou das facetas articulares (6), e assim a técnica não é recomendada se houve comprometimento do corpo vertebral. Para diminuir a chance de ocorrer falha da técnica, recomenda-se que seja incorporada pelo menos uma vértebra cranial à vértebra fraturada (Jeffrey, 1995); por outro lado, como a técnica promove imobilização de um segmento longo da coluna com o fio ortopédico, que é menos robusto que os pinos de *Steinmann*, existe a possibilidade do implante quebrar (Sharp; Wheeler, 2005).

### String of pearls (SOP) locking plate

É um sistema de fixação interna que possui componentes esféricos (“pérolas”) e internódulos, que podem ser contorcidos e curvados de acordo com a preferência. É indicada em situações em que seja necessário realizar a contorção em diversos planos, ou quando a localização da fratura torna esse movimento difícil (*Orthomed UK, Ltd, Huddersfield, Yorkshire, UK*).

A redução da fratura é realizada através de um fórceps, colocado no processo espinhoso de L6 e outro na porção caudal do sacro. Dois *SOP locking plates* são posicionados no aspecto dorsolateral de L6, acima do processo transverso, abrangendo a porção mais cranial da vertebra intacta e poucos milímetros caudal à articulação sacroilíaca. Essas placas são fixadas com quatro parafusos no corpo da vértebra L6, dois parafusos em S1, dois em S2 e dois parafusos no corpo da vértebra de L7 (Nel *et al.*, 2017; Segal; Bar; Shani, 2018), porém como na maioria das vezes a fratura ocorre no corpo vertebral de L7, esse parafuso pode ser colocado na base do processo transverso (Figura 4) (Segal; Bar; Shani, 2018).

**Figura 4:** Modelamento 3D realizado no software CREO para demonstrar a técnica de fixação utilizando o *SOP locking plate* com parafusos corticais ancorados no corpo vertebral de L6, L7 e sacro.



Fonte: Autoria própria (2023).

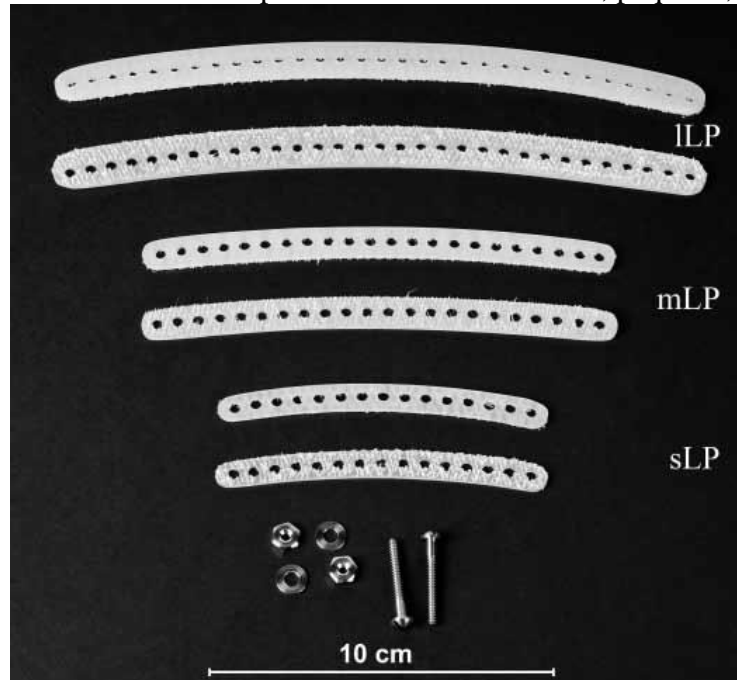
As vantagens descritas foram ausência de lesão térmica; menor volume de implante comparado ao uso de pinos associados com PMMA, o que facilita a síntese dos planos teciduais incisados e diminui a chance de formação de seroma; menor risco de infecção (Nel *et al.*, 2017); maior estabilidade que o uso de pinos transilíacos; permite descompressão por laminectomia dorsal, ao contrário da técnica de fixação com a placa Lubra® (Segal; Bar; Shani, 2018); utiliza parafusos ósseos corticais para a fixação; a placa pode ser moldada em até seis direções (medial para lateral, cranial para caudal e torção); maior versatilidade; aumenta a rigidez, sendo menos propenso à complicações e fraturas; possui variedade de tamanhos e podem ser cortados ou torcidos para adquirir o número desejado de orifícios (*Orthomed UK, Ltd, Huddersfield, Yorkshire, UK*). Já as complicações descritas foram o mau posicionamento do parafuso e drenagem com afrouxamento do implante (Segal; Bar; Shani, 2018).

### **Placas Lubra®**

Placas Lubra® são placas de plástico usadas para a fixação de fraturas da coluna (Figura 5). É uma técnica relativamente fácil e barata, e sua capacidade de deformação e flexibilidade permite a aplicação na porção dorsal da coluna (Krauss; Theyse, 2012). Essas placas contêm diversos orifícios, nos quais os parafusos de rosca ou fios de cerclagem são colocados e possui, além disso, um ligeiro encurvamento dorsal.

Para a aplicação das placas é realizada uma incisão da pele dorsalmente aos processos espinhosos; então os músculos lombares são afastados dos processos espinhosos e facetas articulares. A redução da fratura é realizada por meio do uso de pinças de redução de fraturas, colocadas nos processos espinhosos. As placas são aplicadas de cada lado dos processos espinhosos e fixadas com o auxílio de parafusos de aço, com as extremidades anguladas em 90°, para comprimir os processos espinhosos entre as placas. Ao nível de L7-S1, um pino é inserido através da asa do ílio, passando pelo orifício da placa de plástico e novamente pela outra asa do ílio, sendo reforçado com um segundo pino, caudalmente ao primeiro (Kline; Bruecker, 2014).

**Figura 5:** Placas Lubra® estão disponíveis em três tamanhos, pequeno, médio e grande.



Fonte: Kraus *et al.* (2012).

Pode ser utilizado fio de cerclagem ao invés de parafusos para fixar as placas aos processos espinhosos; e as vantagens observadas com esse método foram ausência de deslizamento das placas; menor custo e menos metal em contato com a musculatura (Pedro-Neto; Tudury, 2005).

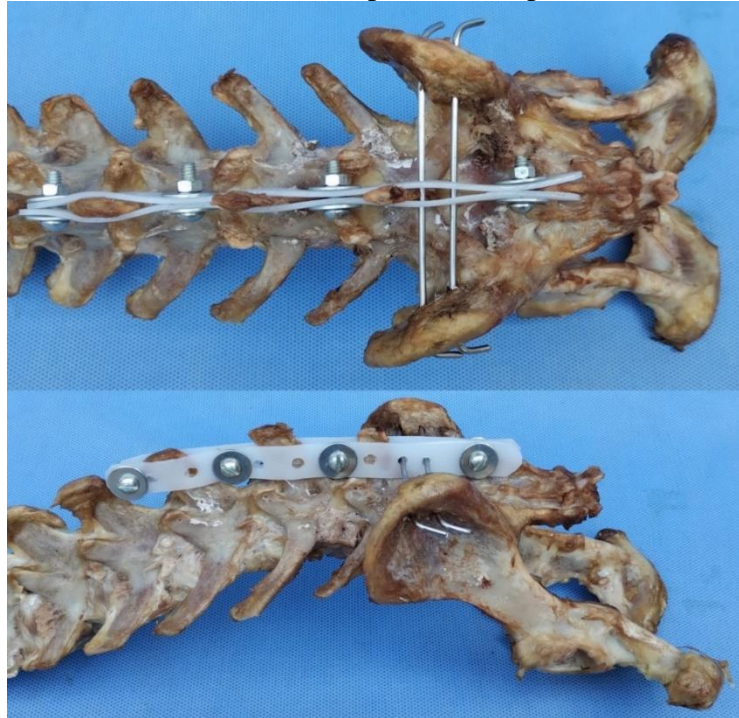
As complicações relatadas no pós-operatório foram a migração dos pinos transilíacos, que podem ser evitadas usando o cimento ósseo à base de PMMA; fratura dos processos espinhosos dorsais (Kline; Bruecker, 2014); aplasia medular, reação inflamatória e granulomatosa e alterações vasculares no tecido adjacente à placa, vistas em corte histológico, devido à substâncias liberadas pelo material plástico (Pedro-Neto, Tudury, 2005).

As vantagens dessa técnica são o baixo custo do implante; pode ser realizada em cães de pequeno e grande porte, e em gatos também devido à disponibilidade de diversos tamanhos; menor risco de lesão iatrogênica às raízes nervosas, artéria aorta e veia cava, descritas caso haja introdução errônea dos parafusos e pinos nos corpos vertebrais (Sharp; Wheeler, 2005; Voss; Montavo, 2004) menor dissecação de tecido quando comparada com a colocação de placas nos corpos vertebrais; relativamente fácil de executar e não existe migração de pinos nem inflamação decorrente da presença deles (Krauss *et al.*, 2012).

As desvantagens são a necessidade de processo espinhoso intacto; risco de necrose isquêmica do osso caso as placas sejam aplicadas com muita pressão;

desmineralização óssea; instabilidade decorrente de estresse/movimentação contínua e a implantação difícil na região lombossacra, devido ao menor tamanho dos processos espinhosos de L7 e sacro (Figura 6) (Krauss *et al.*, 2012).

**Figura 6:** Imagem ilustrativa da colocação de pinos transilíacos associado com Placas Lubra® fixadas nos processos espinhosos.



Fonte: Autoria própria (2023).

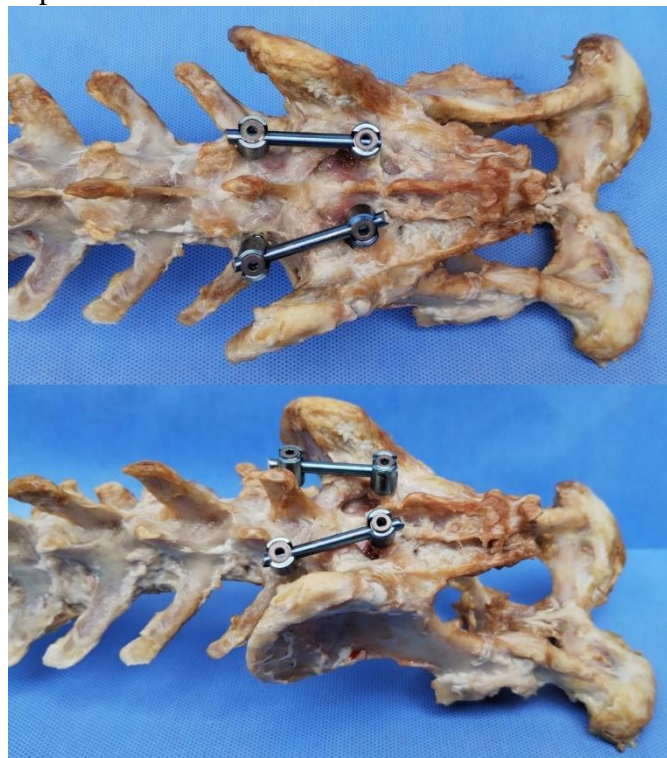
### **Parafuso pedicular associado à barra de distração**

Parafusos pediculares foram inicialmente utilizados na medicina humana e recebem esse nome pelo fato de serem inseridos de forma que fiquem alojados entre a parede lateral e medial do pedículo vertebral o que normalmente não é possível na medicina veterinária em virtude de diferenças anatômicas do pedículo entre as espécies. (Smolders *et al.*, 2012; Tellegen *et al.*, 2015). Duas variações são encontradas, monoaxiais e poliaxiais, sendo que a diferença entre eles se refere ao grau de liberdade permitida para fixação das barras (Reints Bok *et al.*, 2020). Vários estudos foram realizados sobre a utilização dos parafusos pediculares na medicina veterinária. Um estudo sobre as propriedades biomecânicas da instrumentação de parafusos pediculares na coluna lombossacra após laminectomia dorsal demonstrou que a técnica oferece estabilidade adequada (Meij *et al.*, 2007). Outros dois trabalhos utilizaram a técnica para o tratamento de estenose lombossacra degenerativa apresentando também resultados positivos

(Smoulders *et al.*, 2012; Tellegen *et al.*, 2015). Há ainda a publicação de um relato de caso com o uso da técnica em um cão sem raça definida, de 20,3 kg, que sofreu fratura completa e oblíqua curta de L7, com deslocamento ventral do segmento caudal à fratura onde a técnica também foi utilizada com sucesso (Conti *et al.*, 2018).

Para realização da técnica são colocados quatro parafusos de titânio monoaxial, dois no lado direito e dois no lado esquerdo das vértebras L7 e S1, tendo como ponto de entrada a borda caudal da faceta articular e base do processo transverso em L7 (Figura 7), inseridos em sentido craniocaudal com ângulo de inserção transversal de  $8,7^\circ$  e no plano sagital, de  $13,3^\circ$ , enquanto que em S1, o ponto de entrada é entre o processo articular cranial e crista sacral, com ângulo de inserção transversal de  $8,2^\circ$  e sagital de  $19,7^\circ$  (Smolders *et al.* 2012). Aproximadamente 50-80% comprimento do parafuso é inserido no osso da vértebra, e posteriormente, são colocadas duas barras de titânio de 6 mm de diâmetro e 5 cm de comprimento para conectar os parafusos pediculares de L7 nos parafusos pediculares de S1, repetindo-se esse processo do lado oposto e fixando-os (Smolders *et al.* 2012; Meij *et al.*, 2007; Reints Bok *et al.*, 2020).

**Figura 7:** Imagem da coluna lombossacra esquematizando os pontos de entrada dos parafusos pediculares em L7 e S1 associada com barra de distração.

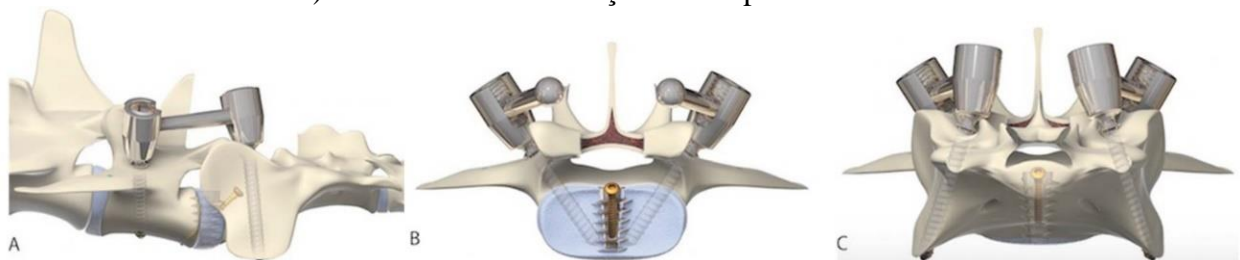


Fonte: Os próprios autores, 2023.

A vantagem dessa técnica é que a vértebra L7 e o sacro possuem pedículos longos e espessos, o que permite boa superfície de ancoragem para a implantação dorsal (Watine *et al.*, 2006), e promove uma estabilização eficiente na articulação LS, reduzindo a amplitude de movimento em extensão e flexão, que são considerados movimentos primários dessa região (Meij *et al.*, 2007). Porém, a curva de aprendizado para a manipulação e colocação dos implantes é longa e requer bastante prática, além do risco de causar lesão iatrogênica por conta de implantação inadequada (Schizas *et al.*, 2007). Outra desvantagem é que, por fornecer estabilidade, reduz a mobilidade da região (Meij *et al.*, 2007), assim a força atuante é transmitida para a articulação de L6-L7, com risco de futura degeneração do disco vizinho (MacDougall *et al.*, 2003).

Uma modificação dessa técnica foi descrita pela primeira vez por Zindl *et al.* (2018), em um estudo biomecânico em oito cadáveres caninos, com peso variando de 25-39,5 kg, usando-se espaçadores intervertebrais, parafusos poliaxiais, *clamps*, *rods*, *washers* e porcas (Figura 8). Após realizar o acesso dorsal, o espaçador, com diâmetro de 7,5 mm e 19 mm de comprimento e embebido com hidróxiapatita, foi colocado no centro do espaço intervertebral, ficando em contato direto com a superfície ventral do canal vertebral. Com uma broca de 2 mm, o parafuso cortical de 2,4 mm foi inserido no assoalho do canal vertebral (S1), abrangendo também o terço caudal de L7. Para inserção do parafuso pedicular, o orifício foi realizado adjacente ao processo mamilar do processo articular cranial, na junção do arco e corpo vertebral, sendo angulados de modo que a ponta emergisse do plano sagital médio do corpo vertebral. No sacro, o ponto de entrada para o parafuso pedicular foi a região cranial ao forame de S1 e caudal ao processo articular caudal de L7, passando através da asa do sacro, paralelo à articulação sacroilíaca. Então, os parafusos pediculares são inseridos nos *clamps* e as porcas conectam os parafusos de L7 e S1, sendo fixados.

**Figura 8:** Instrumentação da coluna lombossacra no plano lateral (A) e transverso (B e C) demonstrando a inserção dos implantes.



Fonte: Zindl *et al.*, (2018).

As vantagens dessa técnica foram a diminuição da amplitude de movimento na articulação de L7-S1; abrange mais tecido ósseo e evita estruturas anatômicas importantes; aumenta a força de resistência pelo fato dos parafusos serem inseridos através dos pedículos e posteriormente, no corpo vertebral; e diminui a tensão exercida sobre os implantes, consequentemente diminuindo os riscos associados à falha do implante (Hettlich *et al.*, 2014).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fratura e luxação lombossacra é uma afecção relativamente comum na medicina veterinária. Existem diversas técnicas de estabilização, cada uma possuindo vantagens e desvantagens, no entanto, a maioria dos trabalhos relacionados trazem ilustrações de baixa qualidade ou em preto e branco, dificultando a visualização, entendimento e comparação. O objetivo deste trabalho foi demonstrar as respectivas técnicas em cadáver e modelamento 3D para torná-las mais didáticas. Com a popularização de *softwares* de código aberto ou que possuam isenção de custos para finalidade de pesquisa, a ferramenta de modelamento 3D passa a ser uma possibilidade para pesquisadores, profissionais e estudantes. A modelagem 3D facilita o planejamento cirúrgico mitigando possíveis erros, como em relação ao dimensionamento de parafusos e pinos. A ferramenta se mostrou útil para a produção de imagens demonstrativas com finalidade didática ou mesmo como referencial para outros trabalhos.

### REFERÊNCIAS

ARAÚJO, B. M. *et al.* Estudo clínico e epidemiológico em cães com fraturas e luxações vertebrais toracolombares. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 866-870, 2017. DOI: 10.1590/S0100-736X2017000800014

BOOTHE, H. W. Suture materials, tissue adhesives, staplers, and ligating clips. In: SLATTER, D. **Textbook of Small Animal Surgery**, 3rd ed., Philadelphia: Saunders, 2003, P. 234–244.

CARLO, R. J. Del; JUNIOR, A. de A.; GALVÃO, S. R. Comparação entre o fio de náilon e o fio de aço na imobilização de fraturas patelares induzidas em cães. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 28, p. 83–87, 1998.



CARLSON, G. D. *et al.* Early time-dependent decompression for spinal cord injury: vascular mechanisms of recovery. **J Neurotrauma**, v. 14, n. 12, p. 951–962, 1997. DOI: 10.1089/neu.1997.14.951.

CONTI, J. *et al.* Osteossíntese vertebral em cão utilizando parafusos pediculares. Vertebral osteosynthesis in a dog with pedicle screw-rods. **Resumo. Medvep: Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 15, n. 2018, p. 84–88, 2018.

DEWEY, C. Cirurgia da Cauda Equina. In: FOSSUM, W. T. **Cirurgia de pequenos animais**. 4 ed., Elsevier, 2015. Cap. 42, p 1529 – 1544.

DIAMANTE, G. A. *et al.* Long-term clinical complications associated with the use of polymethyl methacrylate in spinal stabilization of dogs and cats: Case series. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 5, p. 2453–2462, 2020.

DIFAZIO, J.; FLETCHER, D. J. Updates in the management of the small animal patient with neurologic trauma. **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 43, n. 4, p. 915–940, 2013.

DULISCH, M. L.; NICHOLS, J. B. A Surgical Technique for Management of Lower Lumbar Fractures: Case Report. **Veterinary Surgery**, v. 10, n. 2, p. 90–93, 1981.

EARLY, P. *et al.* In vitro biomechanical evaluation of internal fixation techniques on the canine lumbosacral junction. **PeerJ**, v. 3, n. 8, p. e1094, 2015.

GRANGER, N.; CARWARDINE, D. Acute spinal cord injury. Tetraplegia and paraplegia in small animals. **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 44, n. 6, p. 1131-1156, 2014.

HARRINGTON, M. L.; BAGLEY, R. S. Realignment of a Seventh Lumbar Vertebral Fracture/Luxation Using a Senn Retractor in Two Puppies. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 34, n. 5, p. 377–380, 1998.

HETTLICH, B. F. *et al.* Effect of an Intervertebral Disk Spacer on Stiffness After Monocortical Screw/Polymethylmethacrylate Fixation in Simulated and Cadaveric Canine Cervical Vertebral Columns. **Veterinary Surgery**, v. 43, n. 8, p. 988–994, 2014.

JEFFERY, N. D. **Handbook of small animal spinal surgery: a practitioner's guide**. 2nd ed. London: Saunders; 1995.

JEFFERY, N. D. Vertebral fracture and luxation in small animals. **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 40, n. 5, p. 809–828, 2010.

KINNS, J. *et al.* Radiographic sensitivity and negative predictive value for acute canine spinal trauma. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 47, n. 6, p. 563–570, 2006.

KLINE, L. K.; BRUECKER, A. Surgical Treatment of Fractures, Luxations and Subluxations of the Thoracolumbar and Sacral Spine. In: BOJRAB, J. M.; WALDRON, R. D.; TOOMBS, P. J. **Current Techniques in Small Animal Surgery**. 5th ed. New York: Teton NewMedia, 2014. Cap. 48, p. 762 – 768.

KRAUSS, M. W. *et al.* Treatment of spinal fractures using Lubra plates: A retrospective clinical and radiological evaluation of 15 cases. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 25, n. 4, p. 326–331, 2012.

MacANULTY, J. F.; LENEHAN, T. M.; MALETZ, L. M. Modified segmental spinal instrumentation in repair of spinal fractures and luxations in dogs. **Veterinary Surgery**, v. 15, n. 2, p. 143–149, 1986.

MacDOUGALL, J. *et al.* Incidence of Adjacent Segment Degeneration at ten years after lumbar spine fusion. **The Spine Journal**, v. 3, n. 5, p. 67, 2003.

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.

MENDES, D. S.; ARIAS, M. V. B. Traumatismo da medula espinhal em cães e gatos: Estudo prospectivo de 57 casos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 12, p. 1304–1312, 2012.

NEL, J. J. *et al.* Biomechanical comparison between pins and polymethylmethacrylate and the SOP locking plate system to stabilize canine lumbosacral fracture-luxation in flexion and extension. **Veterinary Surgery**, v. 46, n. 6, p. 789–796, 2017.

PAES, F. *et al.* Uso do Clamp and rod internal fixation pedicular na estabilização da coluna lombossacra em felino: relato de caso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 6, p. 1557–1562, 2016.

PEDRO NETO, O. *et al.* Utilização de fios de náilon na técnica de fixação segmentar dorsal modificada. **Clínica Veterinária**, v. 49, p. 43-50, 2004.

PEDRO NETO, O; TUDURY, E.A. Fraturas e luxações vertebrais torácicas e lombares em cães e gatos. **Revista CFMV**, ano 11, n. 34, p. 42-53, 2005.

REINTS BOK, T. E. *et al.* Lumbosacral fusion using instrumented cage distraction–fixation in a dog with degenerative lumbosacral stenosis. **VCOT Open**, v. 03, n. 02, p. e77–e83, 2020.

SCHIZAS, C. *et al.* Computer tomography assessment of pedicle screw insertion in percutaneous posterior transpedicular stabilization. **European Spine Journal**, v. 16, n. 5, p. 613–617, 2007.

SEGAL, U.; BAR, H.; SHANI, J. Repair of lumbosacral fracture–luxation with bilateral twisted string-of-pearls locking plates. **Journal of Small Animal Practice**, v. 59, n. 8, p. 501–507, 2018.

SHARP, N. J. H.; WHEELER, S. J. **Small animal spinal disorders diagnosis and surgery**. 2nd. ed. Elsevier; 2005.

SHORES, A. Spinal trauma. Pathophysiology and management of traumatic spinal injuries. **Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice**, v. 22, n. 4, p. 859–888, 1992.

SMOLDERS, L. A. *et al.* Pedicle Screw-Rod Fixation of the Canine Lumbosacral Junction. **Veterinary Surgery**, v. 41, n. 6, p. 720–732, 2012.

STURGES, B. K.; LECOUTEUR, R. A. Vertebral fractures and luxations. In: SLATTER D. **Textbook of small animal surgery**. 2nd ed. Philadelphia: Saunders; 2002. Chapter 83, p.1244–1259.

TAYLOR, R. A. Treatment of fractures of the sacrum and sacrococcygeal region. **Veterinary Surgery**, v. 10, n. 3, p. 119–124, 1981.

TELLEGEN, A. R. *et al.* Pedicle screw-rod fixation: A feasible treatment for dogs with severe degenerative lumbosacral stenosis. **BMC Veterinary Research**, v. 11, n. 1, p. 1–13, 2015.

ULLMAN, S. L.; BOUDRIEAU, R. J. Internal skeletal fixation using a kirschner apparatus for stabilization of fracture/luxations of the lumbosacral joint in six dogs: a modification of the transilial pin technique. **Veterinary Surgery**, v. 22, n. 1, p. 11–17, 1993.

VALLEFUOCO, R. *et al.* Surgical repair of thoraco-lumbar vertebral fracture-luxations in eight cats using screws and polymethylmethacrylate fixation. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 27, n. 4, p. 306–312, 2014.

VOSS, K.; MONTAVON, P. M. Tension band stabilization<sup>04</sup>. **JAVMA**, v. 225, n. 1, p. 78-83, 2002.

WATINE, S. *et al.* Computed tomography study of implantation corridors in canine vertebrae. **Journal of Small Animal Practice**, v. 47, n. 11, p. 651–657, 2006.

WEH, M. J.; Kraus, H. K. Vertebral Fractures, luxations and subluxations. In: Johnston, A. S.; Tobias, M. K. **Veterinary surgery small animal**. 2nd ed. Elsevier; 2018. Chapter 34, p.157–62.

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.

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.