



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA VETERINÁRIA**

**TESE DE DOUTORADO**

**ESTUDO BIOMECÂNICO DA CORPECTOMIA LATERAL PARCIAL ISOLADA E SUAS ASSOCIAÇÕES COM PEDICULECTOMIA E HEMILAMINECTOMIA, COM E SEM ESTABILIZAÇÃO VERTEBRAL, EM CÃES DA RAÇA DACHSHUND.**

**BRUNO MARTINS ARAÚJO**

**RECIFE – PE**

**2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA VETERINÁRIA**

**BRUNO MARTINS ARAÚJO**

**ESTUDO BIOMECÂNICO DA CORPECTOMIA LATERAL PARCIAL ISOLADA E SUAS ASSOCIAÇÕES COM PEDICULECTOMIA E HEMILAMINECTOMIA, COM E SEM ESTABILIZAÇÃO VERTEBRAL, EM CÃES DA RAÇA DACHSHUND.**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito final para obtenção do grau de Doutor em Ciência Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Alberto Tudury

**RECIFE – PE**

**2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A663e      Araújo, Bruno Martins  
                Estudo biomecânico da corpectomia lateral parcial isolada e  
                suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia, com e  
                sem estabilização vertebral, em cães da raça Dachshund / Bruno  
                Martins Araújo. - 2017.  
                103 f. : il.

                Orientador: Eduardo Alberto Tudury.  
                Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de  
                Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinária,  
                Recife, BR-PE, 2017.  
                Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

                1. Sistema nervoso 2. Coluna vertebral 3. Hérnia de disco  
                4. Biomecânica I. Tudury, Eduardo Alberto, orient. II. Título

CDD 636.089

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA VETERINÁRIA

**ESTUDO BIOMECÂNICO DA CORPECTOMIA LATERAL PARCIAL  
ISOLADA E SUAS ASSOCIAÇÕES COM PEDICULECTOMIA E  
HEMILAMINECTOMIA, COM E SEM ESTABILIZAÇÃO VERTEBRAL, EM  
CÃES DA RAÇA DACHSHUND.**

Tese de Doutorado elaborada por  
**BRUNO MARTINS ARAÚJO**

Aprovada em 16/02/2017

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Eduardo Alberto Tudury  
Departamento de Medicina Veterinária - UFRPE

---

Prof. Dr. Durval Baraúna Junior  
Colegiado de Medicina Veterinária - UNIVASF

---

Profa. Dra. Amanda Camilo Silva  
Universidade IBGM

---

Profa. Dra. Grazielle Anahy de Sousa Aleixo  
Departamento de Medicina Veterinária – UFRPE

---

Prof. Dr. Marcelo Weinstein Teixeira  
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal - UFRPE

Aos meus pais Neves e Josimar, por tudo que fizeram e continuam a fazer por mim. Vocês foram essenciais ao longo das batalhas que pouco a pouco foram vencidas... fazendo-me vitorioso. Amo-lhes, e este trabalho dedico.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo milagre da vida e por nos conceder a capacidade de raciocínio e inteligência; pela saúde, força e proteção ofertada em todos os momentos.

Aos meus pais, Neves e Josimar e a minha irmã Priscilla, pelo amor, compreensão e carinho que sempre me dedicaram.

Ao professor Eduardo Alberto Tudury, pelas oportunidades concedidas, pelos ensinamentos profissionais e de vida e orientação durante a minha graduação, residência, mestrado, doutorado e no “surf”.

À professora Marleyne Amorim, por toda a ajuda prestada e por ter sido a minha primeira e grande incentivadora nos estudos de neurologia.

A Baby por toda a paciência, cuidados e companheirismo durante a realização da minha residência, mestrado e doutorado. Se não fosse você, talvez não tivesse forças para superar tudo o que fizeram... e continuar, superar e vencer... Apesar das minhas falhas, esteve sempre presente e foi minha grande incentivadora para conclusão desta etapa.

Aos amigos e colegas de trabalho Amanda, Marcella, Marcela, Thaiza, Leonardo, Durval, Isabel, Dayvid, Nadyne, Marília, Leandro, Kleyton e demais pela convivência harmoniosa durante todo este período, pelo auxílio durante os atendimentos, cirurgias e avaliações dos pacientes, troca de conhecimentos. Pela amizade e alegria, sempre proporcionando momentos muito divertidos.

À Durval e Catarina, que estiveram sempre receptivos e disponíveis para me acolher durante minhas viagens à Petrolina.

À Pedro Henrique e ao professor Nelson, pela confiança, pelos conhecimentos transmitidos e disposição em planejar e desenvolver o aparelho de torção para tornar este estudo mais completo e a UNIVASF por ceder seus equipamentos e pessoal.

Aos meus demais familiares e amigos, pela compreensão nos momentos de ausência, pelo apoio durante esta caminhada e pela torcida pelo meu sucesso.

A todos os professores pelos conhecimentos transmitidos.

A Capes, pela bolsa oferecida neste período de realização do doutorado.

Aos meus amigos antigos e aos mais recentes, os de longe e os de perto, enfim a todos, pelos bons momentos que vivemos, pelas experiências compartilhadas e pelos conselhos no âmbito pessoal e profissional.

A todos muito obrigado!

## RESUMO

### **Estudo biomecânico da corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia, com e sem estabilização vertebral, em cães da raça Dachshund.**

Objetivou-se comparar em cadáveres de Dachshunds os níveis de deslocamento versus força nas técnicas de corpectomia lateral parcial (CLP), CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia, com e sem estabilização vertebral, durante a realização dos movimentos de rotação, flexão, extensão, flexão lateral e compressão axial, para estabelecer se há diferença significativa entre estas técnicas na referida raça. Quando não se realizou a estabilização vertebral, em todas as análises, as médias do deslocamento foram menores na avaliação da vértebra normal, seguidas com acréscimos das médias da CLP, CLP associada à pediclectomia e após a realização da hemilaminectomia. Na avaliação das diferenças entre as médias de deslocamento de cada técnica em relação à avaliação realizada antes dos procedimentos descompressivos, houve o aumento do deslocamento concomitantemente com aumento do número de procedimentos descompressivos associados. Nas análises da curva de força versus deslocamento, houve aumento da zona neutra nos movimentos de flexão, flexão lateral e rotação após a realização da CLP e nas associações com as diferentes técnicas descompressivas. Ao analisar a influência da estabilização vertebral, o deslocamento foi maior na avaliação da vértebra intacta e menor após a realização da CLP, aumentando o grau de deslocamento conforme se associava as técnicas descompressivas e estabilização vertebral nas variáveis compressão axial, flexão, flexão lateral direita e esquerda. Nos demais parâmetros, os valores foram variáveis. Na comparação entre as técnicas sem e com uso de parafuso pediculares, as médias foram maiores quando foram realizados apenas os procedimentos descompressivos e menores após a estabilização com os parafusos pediculares. Os resultados sugeriram que a estabilização da coluna vertebral não é necessária em cães da raça Dachshund submetidos à CLP e CLP associada à pediclectomia. No entanto, a CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia nesse tipo de pacientes deve ser realizada com precaução, devido ao aumento significativo na amplitude do movimento. Quando for necessária esta associação, a estabilização vertebral é indicada e foi eficiente na manutenção do deslocamento vertebral próximo dos valores de deslocamento normal da vértebra intacta em cães da raça Dachshund.

**Palavras chave:** Sistema nervoso, coluna vertebral, hérnia de disco, biomecânica.

## ABSTRACT

### **Biomechanical study of isolated lateral partial corpectomy and associations with pediculectomy and hemilaminectomy, with and without vertebral stabilization, in Dachshund dogs**

The objective of this study was to compare the levels of displacement versus force in techniques of partial lateral corpectomy (PLC), PLC associated with pediculectomy and PLC associated with pediculectomy and hemilaminectomy, with and without vertebral stabilization, during rotational movements, flexion, extension, lateral flexion and axial compression, to establish whether there is significant difference between these techniques in the referred breed. When vertebral stabilization was not performed, in all analyzes, the means of displacement were lower in the assessment of normal vertebra, followed by increases in the means of PLC, PLC associated with pediculectomy and hemilaminectomy. In the evaluation of the differences between the means of each technique in relation to the evaluation performed before the decompression procedures, there was an increase in the means concomitantly with an increase in the number of associated decompression procedures. In the analysis of the force versus displacement curve, there was an increase of the neutral zone in the flexion, lateral flexion and rotation movements after PLC and in the associations with the different decompression techniques. When analyzing the influence of vertebral stabilization, the mean values were higher in the evaluation of the intact vertebra and lower after the PLC, increasing the degree of displacement as it was associated with decompression techniques and vertebral stabilization in the variables axial compression, flexion, right and left lateral flexion. In the other parameters, the values were variable. In comparison between the techniques with and without pedicular screw, the means were higher when only the decompression procedures were performed and smaller after the stabilization with pedicular screws. The results suggested that spinal stabilization is not necessary in Dachshund dogs submitted to PLC and PLC associated with pediculectomy. However, PLC associated with pediculectomy and hemilaminectomy in this type of patients should be performed with caution, due to a significant increase in the range of motion. When this association is required, vertebral stabilization is indicated and was efficient in maintaining the vertebral displacement close to the values of normal displacement of intact vertebra in Dachshund dogs.

**Key words:** Disc extrusion, vertebral column, disc extrusion, biomechanical.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pag.
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	
<b>Figura 1:</b> Vértebra lombar de um cão na visão crânio-caudal demonstrando seus componentes estruturais.....	16
<b>Figura 2:</b> Disco intervertebral de cão demonstrando seus componentes estruturais. (1) núcleo pulposo, (2) Zona de transição, (3) ânulo fibroso.....	17
<b>Figura 3:</b> Pontos de referência para realização do slot. <b>A.</b> altura. <b>B.</b> largura (profundidade). <b>C.</b> comprimento. Fonte: MOISSONNIER et al. (2004). Modificado.....	30
<b>Figura 4:</b> Vista craniolateral da corpectomia toracolombar lateral. Fonte: MOISSONNIER et al. (2004) .....	30
 <b>EXPERIMENTO 1 - ESTUDO BIOMECÂNICO DA COLUNA VERTEBRAL DE CÃES DA RAÇA DACHSHUND APÓS CORPECTOMIA LATERAL PARCIAL ISOLADA E SUAS ASSOCIAÇÕES COM PEDICULECTOMIA E HEMILAMINECTOMIA</b>	
<b>Figura 1:</b> Imagens de TC representativas dos locais de mensuração (linha vermelha) das dimensões dos corpos vertebrais para realização da CLP. A- comprimento, B – largura e C- altura.....	53
<b>Figura 2:</b> Imagens das vértebras L <sub>2</sub> -L <sub>3</sub> em vista transversal (A) e lateral (B), demonstrando os limites das janelas para os diferentes procedimentos descompressivos. Linha vermelha: corpectomia lateral parcial, Linha preta: pediculectomia, linha laranja: hemilaminectomia.....	54
<b>Figura 3:</b> Aparelho utilizado nos ensaios de torção (Cardoso, 2016) .....	55
<b>Gráfico 1:</b> (Figura 4) Médias do deslocamento vertebral antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pediculectomia e à hemilaminectomia.....	56
 <b>EXPERIMENTO 2 - ESTUDO BIOMECÂNICO DA UTILIZAÇÃO DE PARAFUSOS PEDICULARES MONOAXIAIS NA ESTABILIZAÇÃO DE CORPECTOMIA LATERAL PARCIAL ISOLADA E SUAS ASSOCIAÇÕES COM PEDICULECTOMIA E HEMILAMINECTOMIA, EM CÃES DA RAÇA DACHSHUND.</b>	
<b>Figura 1:</b> Imagens das vértebras L <sub>2</sub> -L <sub>3</sub> em vista transversal (A) e lateral (B), demonstrando os limites das janelas para os diferentes procedimentos descompressivos. Linha vermelha: corpectomia	

lateral parcial, Linha preta: pediclectomia, linha azul: hemilaminectomia. *: Local de inserção dos parafusos pediculares...	65
<b>Figura 2:</b> (1) Implantes e instrumentais para estabilização vertebral com parafusos pediculares. (A) parafusos pediculares. (B) contra parafusos; (C) barras de conexão (D) chave do contra parafuso; (E) retorcedor da barra; (F) chave do parafuso pedicular; (G) guia de aperto. (2) Espécime 7 após a realização da CLP, pediclectomia e hemilaminectomia com estabilização vertebral.....	65
<b>Gráfico 1:</b> (Figura 3) Médias do deslocamento vertebral para avaliação antes da descompressão e após o uso de cada técnica associada à estabilização vertebral.....	67
<b>EXPERIMENTO 3 - DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM DISPOSITIVO DE ENSAIOS MECÂNICOS DE TORÇÃO PARA A COLUNA VERTEBRAL DE CÃES.</b>	
<b>Figura 1:</b> Máquina Universal de Ensaios EMIC DL 1000.....	76
<b>Figura 2:</b> Esquema da montagem final do dispositivo de ensaio de torção utilizando Software SolidWorks® 2014 .....	76
<b>Figura 3:</b> Esquematização de montagem do aparelho de ensaio de torção com os componentes demonstrados no quadro 01.....	77
<b>Figura 4:</b> Base Fixa (seta) fabricada em aço 1020 com estrutura em “L”.....	78
<b>Figura 5:</b> Mancal soldado sob base fixa.....	78
<b>Figura 6:</b> (A) Base Móvel do dispositivo de ensaio de torção. (B) Base fixa e base móvel montadas sob máquina universal para ensaio de torção.....	79
<b>Figura 7:</b> Furos de fixação sob base da Máquina Universal de ensaios (círculo). Dispositivo de ensaio de torção montado sob máquina universal, fixa pela placa de fixação (seta) .....	79
<b>Figura 8:</b> Placa de Fixação. Furos de 13mm de diâmetro para acoplamento da placa de fixação à MUE (*). Furos de 6,8 mm de diâmetro para fixação do dispositivo de torção à placa de fixação (setas) .....	80
<b>Figura 9:</b> Roda dentada (Engrenagem) (*) com Tubo de Fixação (#) .....	80
<b>Figura 10:</b> Luva acoplada em roda dentada.....	81
<b>Figura 11:</b> Eixo utilizado em conjunto com Roda Dentada. As setas indicam as ranhuras de encaixe dos anéis elásticos. ....	81
<b>Figura 12:</b> Força e Momento atuantes em extremidade do eixo.....	82

<b>Figura 13:</b> Demonstração da corrente. Uma extremidade fixa à roda dentada e a outra tracionada pela MUE.....	82
<b>Figura 14:</b> Demonstração de forças atuantes sob roda dentada durante tração da Máquina Universal.....	83
<b>Figura 15:</b> Sequência de obtenção do valor de deslocamento em graus baseado no deslocamento em milímetros registrada pela MUE.....	85
<b>Figura 16:</b> Resposta de momento versus deslocamento do terceiro animal testado na rotação esquerda (A) e na rotação direita (B) na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia.....	88

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Pag.

### **EXPERIMENTO 1 - ESTUDO BIOMECÂNICO DA COLUNA VERTEBRAL DE CÃES DA RAÇA DACHSHUND APÓS CORPECTOMIA LATERAL PARCIAL ISOLADA E SUAS ASSOCIAÇÕES COM PEDICULECTOMIA E HEMILAMINECTOMIA**

**Tabela 1:** (Quadro 1) Estatísticas das medidas do deslocamento vertebral na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos (normal), seguidas das médias após a realização da corpectomia, CLP associada à pediculectomia e à hemilaminectomia..... 56

**Tabela 2:** (Quadro 2) Média das diferenças de cada técnica para a situação normal (antes da realização das técnicas descompressivas) e após a realização da corpectomia, pediculectomia e hemilaminectomia..... 57

### **EXPERIMENTO 2 - ESTUDO BIOMECÂNICO DA UTILIZAÇÃO DE PARAFUSOS PEDICULARES MONOAXIAIS NA ESTABILIZAÇÃO DE CORPECTOMIA LATERAL PARCIAL ISOLADA E SUAS ASSOCIAÇÕES COM PEDICULECTOMIA E HEMILAMINECTOMIA, EM CÃES DA RAÇA DACHSHUND.**

**Tabela 1:** (Quadro 1) Estatísticas das medidas do deslocamento vertebral na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos (normal), seguidas das médias após a realização da corpectomia, CLP associada à pediculectomia e à hemilaminectomia após a realização da estabilização vertebral..... 66

**Tabela 2:** (Quadro 2) Média das diferenças de cada técnica para a situação normal (antes da realização dos procedimentos descompressivos e de estabilização) e após a realização da CLP, CLP associada à pediculectomia e CLP associada à CLP e hemilaminectomia e estabilização vertebral com parafusos pediculares..... 68

**Tabela 3:** (Quadro 3) Estatísticas das medidas do deslocamento vertebral na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos (normal), seguidas das médias após a realização da corpectomia, CLP associada à pediculectomia e à hemilaminectomia com e sem a realização da estabilização vertebral..... 69

**EXPERIMENTO 3 - DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM DISPOSITIVO DE ENSAIOS MECÂNICOS DE TORÇÃO PARA A COLUNA VERTEBRAL DE CÃES.**

<b>Quadro 1:</b> Componentes que formam o aparelho de ensaio de torção.....	77
<b>Tabela 1:</b> Estatísticas das medidas do deslocamento vertebral na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos (normal), seguidas das médias após a realização da corpectomia, CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia nos movimentos de rotação direita e esquerda .....	87

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Ânulo fibroso
AM	Amplitude de movimento
CEUA	Comissão de ética no uso de animais
CLP	Corpectomia lateral parcial
DDIV	Doença do disco intervertebral
DIV	Disco intervertebral
HVU	Hospital Veterinário Universitário
kN	Quilonewtons
kV	Quilovolt
mA	Miliampère
MUE	Máquina universal de ensaios
N	Newton
Nm	Newton-metro
NMI	Neurônio motor inferior
NMS	Neurônio motor superior
NP	Núcleo pulposo
PCT	Placa cartilaginosa terminal
PMMA	Polimetilmetacrilato
TC	Tomografia computadorizada
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
ZE	Zona elástica
ZN	Zona neutra
ZT	Zona de transição

## SUMÁRIO

	<b>Pag.</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Anatomia da coluna vertebral e estrutura anexas</b> .....	<b>16</b>
2.1.1 Coluna vertebral.....	16
2.1.2 Disco intervertebral (DIV) .....	17
2.1.3 Estruturas anatômicas relacionadas à coluna vertebral.....	18
<b>2.2 Doença do Disco Intervertebral (DDIV) Toracolombar</b> .....	<b>19</b>
2.2.1 Tratamento.....	20
2.2.1.1 Corpectomia lateral parcial.....	22
2.2.1.1.1 Definição.....	22
2.2.1.1.2 Indicações.....	23
2.2.1.1.3 Vantagens, desvantagens e complicações da CLP.....	24
2.2.1.1.4 Técnica cirúrgica da corpectomia.....	29
2.2.1.1.5 Resultados clínicos da corpectomia.....	33
<b>2.3 Estabilização vertebral</b> .....	<b>34</b>
<b>2.4 Biomecânica</b> .....	<b>36</b>
<b>3 ARTIGOS CIENTÍFICOS</b> .....	<b>49</b>
<b>3.1 Estudo biomecânico da coluna vertebral de cães da raça Dachshund após corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia</b> .....	<b>50</b>
<b>3.2 Estudo biomecânico da utilização de parafusos pediculares monoaxiais na estabilização de corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia, em cães da raça Dachshund</b> .....	<b>62</b>
<b>3.3 Desenvolvimento e avaliação de um dispositivo de ensaios mecânicos de torção para a coluna vertebral de cães</b> .....	<b>73</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>92</b>
<b>5 APÊNDICES</b> .....	<b>93</b>
<b>6 ANEXOS</b> .....	<b>101</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A extrusão de disco intervertebral ocorre primariamente nas raças condrodistróficas. O tratamento cirúrgico é baseado na descompressão da medula espinal por meio de uma abertura criada em direção ao canal vertebral, para remoção do material de disco, no qual o sucesso do procedimento depende diretamente e principalmente, da remoção desse material discal, com mínima manipulação espinal. Em cães com histórico crônico de doença do disco intervertebral, a remoção de material discal é tecnicamente exigente, porque o material localizado ventrolateralmente ou ventralmente está enrijecido, podendo criar aderências na dura-máter e seio venoso. Isso leva frequentemente à remoção incompleta do material de disco ou ocasiona um risco elevado de trauma medular iatrogênico, conduzindo à deterioração neurológica pós-operatória.

A corpectomia lateral parcial (CLP) foi desenvolvida para minimizar o problema do traumatismo adicional à medula espinal nas discopatias toracolombares crônicas. Consiste na criação de um sulco lateral abrangendo dois corpos vertebrais adjacentes ao disco intervertebral afetado, para permitir acesso ao assoalho do canal vertebral, com mínimo trauma iatrogênico à medula espinal. Alguns autores descreveram a CLP como um procedimento tecnicamente exigente devido a pouca visualização do canal vertebral e medula espinal e pelo seu acesso restrito apenas ao assoalho do canal vertebral. Desta forma, associaram a CLP com outras técnicas descompressivas como a pediclectomia e hemilaminectomia para minimizar esse problema.

Revés et al. (2012), observaram aumentos significativos na amplitude de movimento da coluna vertebral durante a flexão/extensão e flexão lateral, quando a CLP foi realizada em cadáveres de cães não condrodistróficos. Vicente et al. (2013), também trabalhando com colunas vertebrais de cães não condrodistróficos, concluíram que a instabilidade vertebral observada na associação entre CLP e pediclectomia não é significativamente diferente da CLP sozinha. Combinando a CLP com a hemilaminectomia, o grau de desestabilização é mais significativa quando comparada a CLP sozinha e induz um colapso intervertebral permanente. Revés et al. (2012), concluíram com os resultados do seu estudo, em combinação com dados clínicos prévios, que a estabilização vertebral não é necessária em cães submetidos apenas a CLP, enquanto que Vicente et al. (2013), não recomendam combinar CLP e



hemilaminectomia sem estabilização vertebral adicional. Mas, esses pesquisadores não avaliaram as alterações na estabilidade espinal em cães de raças predispostas a DDIV.

Desta forma, levou-se ao interesse de realizar este trabalho, visando desenvolver um estudo *ex vivo* em cães da raça Dachshund, comparando a técnica de corpectomia lateral parcial isolada, associada à pediclectomia e associada à pediclectomia e hemilaminectomia entre si e com a vértebra intacta para determinação do nível de deformação versus força, objetivando estabelecer se há diferença significativa na associação das técnicas descompressivas nesta raça, em virtude da sua elevada prevalência de discopatias toracolombares (artigo 01). Em seguida, procurou-se avaliar a influência da utilização de parafusos pediculares monoaxiais, na estabilidade vertebral, após a CLP isolada e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia (artigo 02). No terceiro artigo, foi relatado o desenvolvimento e a avaliação de um dispositivo de ensaios biomecânicos da coluna vertebral de cães.

Esta tese é inicialmente composta de uma revisão de literatura, seguida da parte experimental, que será redigida na forma de três artigos científicos. Os dois primeiros estão de acordo com as normas de publicação da revista Pesquisa Veterinária Brasileira (Revista Científica do Colégio Brasileiro de Patologia Animal em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). O terceiro foi redigido de acordo com a normativa da Revista Brasileira de Biomecânica.

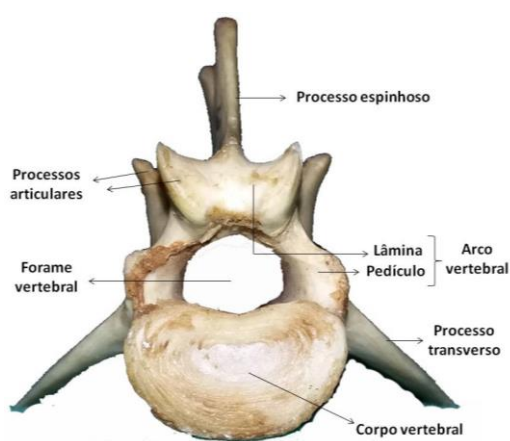
## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Anatomia da coluna vertebral e estruturas anexas

#### 2.1.1 Coluna vertebral

A coluna vertebral do cão se estende desde o limite caudal do crânio até a cauda e consiste numa quantidade variável de vértebras, mantidas unidas e firmes, porém não rigidamente. O número de vértebras varia em relação ao segmento da coluna vertebral e correspondem a sete vértebras na região cervical, 13 na região torácica, sete na região lombar, três no segmento sacral e aproximadamente 20 na região caudal (SHARP e WHEELER, 2006; DYCE, SACK e WENSING, 2010).

As vértebras têm vários aspectos comuns, porém, elas variam morfológicamente em relação aos diferentes segmentos da coluna vertebral (DYCE, SACK e WENSING, 2010). Cada vértebra é constituída pelo corpo vertebral, que se situa ventralmente à medula espinal e possuem um arco vertebral, que forma as porções lateral e dorsal do canal vertebral, envolvendo a medula espinal. O arco é composto de pedículos laterais e da lâmina dorsalmente ao canal vertebral e juntamente com o corpo completam o fechamento de um forame vertebral, sendo a soma destes forames que constitui o canal vertebral. A maioria das vértebras possui processos transversos que se projetam lateralmente desde os corpos vertebrais, um processo espinhoso se projetando dorsalmente desde a lâmina e processos articulares craniais e caudais situados dorsolateralmente no arco vertebral (figura 1). Outros processos variam de acordo com o grupo vertebral. Entre cada par de vértebras, existe um forame intervertebral, através do qual passam os nervos espinais e vasos sanguíneos (SHARP e WHEELER, 2006; DYCE, SACK e WENSING, 2010).



**Figura 1:** Vértebra lombar de um cão, na visão craniocaudal, demonstrando seus componentes estruturais.

A junção entre duas vértebras adjacente é feita por vários tipos de articulações (sindesmose, artroses e anfiartroses). As estruturas de suporte da coluna vertebral incluem os ligamentos (sindesmose), facetas articulares (artroses) e discos intervertebrais (anfiartroses) (DYCE, SACK e WENSING, 2010; KLOPP, 2014).

### 2.1.2 Disco intervertebral (DIV)

Há 26 discos intervertebrais na coluna vertebral de cães, excluindo a região coccígea (BRAUND, 1996), formando aproximadamente 16 a 18% do comprimento total da coluna vertebral, nesta espécie (BRAUND, 1996; DYCE, SACK e WENSING, 2010). São mais espessos nas regiões cervical e lombar e mais estreitos na torácica (BRAUND, 1996).

Os corpos vertebrais são unidos pelos discos intervertebrais, com exceção de C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>, e as vértebras sacrais fusionadas (SHARP e WHEELER, 2006), de modo a formar articulações anfiartrodiais (BRAUND, 1996; TOOMBS e BAUER, 1998), absorvendo choques e fornecendo flexibilidade à coluna vertebral (SHARP e WHEELER, 2006).

O DIV consiste de um núcleo pulposos (NP) gelatinoso central, envolvido por um anulo fibroso (AF), da zona de transição (ZT) e da placa cartilaginosa terminal (PCT). Cada componente possui propriedades especializadas e funções específicas que juntos resultam em ótima função biomecânica (SMOLDERS e FORTERRE, 2015).



**Figura 2:** Disco intervertebral de cão demonstrando seus componentes estruturais. (1) núcleo pulposos, (2) Zona de transição, (3) anulo fibroso.

O núcleo pulposos é oval e excentricamente posicionado entre o terço médio e dorsal do DIV (BRAUND, 1996), onde segundo Toombs e Bauer (1998) e Widmer e Thrall (2002), a propensão do NP em herniar dorsalmente para o canal vertebral é explicado por essa posição. Um NP normal é composto de aproximadamente 80% de água, permitindo que o NP funcione como um amortecedor, transmitindo forças

compressivas, ao mesmo tempo em que promove mobilidade e estabilidade à coluna vertebral (SMOLDERS e FORTERRE, 2015).

O NP contém consideravelmente menos colágeno do que o AF, no qual predomina o colágeno tipo II (McKEE, 2000a), e normalmente é bem hidratado, contém os glicosaminoglicanos, como o sulfato de condroitina e sulfato de queratano, assim como, apresenta matriz de colágeno tipo IV disperso (KERWIN et al., 2012).

O AF consiste em bandas de fibras paralelas que circunda o NP central e se estendem obliquamente a partir de um corpo vertebral para o próximo. Elas fornecem um meio para a transmissão do estresse e forças de distensão que são necessárias nos movimentos ascendentes e laterais. Esta estrutura é uma vez e meia, a três vezes, mais espessa ventralmente que dorsalmente, resultando em um NP posicionado excentricamente (EVANS, 1993; McKEE, 2000a; BRISSON, 2010).

O AF é constituído de lamelas concêntricas contendo fibras de colágeno tipo I e II (McKEE, 2000a). Essas fibras são radialmente distribuídas, com a concentração de colágeno do tipo I maiores no AF externo, enquanto o colágeno tipo II predomina no NP (INNES e MELROSE, 2015).

Nas proximidades do NP de cada disco, o AF perde sua distintiva estrutura lamelar, tornando-se tecido mais cartilaginoso, formando a ZT (BRAUND, 1996; INNES e MELROSE, 2015). Essa ZT participa ativamente no desenvolvimento pós-natal do disco, sendo significativamente mais ampla em discos imaturos de cães de raças condrodistróficas (BRAUND, 1996).

As placas cartilagosas terminais formam as bordas craniais e caudais do DIV e estão situadas entre o disco e o osso epifisário dos corpos vertebrais (SMOLDERS e FORTERRE, 2015). É côncava no centro e coberta por cartilagem cribriforme, tornando essa região porosa, no qual as trabéculas ósseas se fundem com as lamelas do AF (KLOPP, 2014). As PCT são parcialmente deformáveis devido ao seu alto conteúdo de água e servem para conter o NP durante a carga da coluna vertebral (SMOLDERS e FORTERRE, 2015).

### **2.1.3 Estruturas anatômicas relacionadas à coluna vertebral**

Os ligamentos da coluna vertebral incluem os ligamentos interespinhosos, supraespinhosos, intertransversos, intercapitais, amarelo (flavo), e ligamentos longitudinais dorsal e ventral (EVANS, 1993; DYCE, SACK e WENSING, 2010; KLOPP, 2014).

O ligamento supraespinhoso se estende ao longo dos processos espinhosos, desde a primeira vértebra torácica até a terceira vértebra sacral. Tem a função de prevenir o afastamento excessivo dos processos espinhosos durante a flexão da coluna vertebral (KLOPP, 2014).

Os ligamentos interespinhosos se fundem com os músculos interespinhosos e conectam os processos adjacentes nas vértebras torácicas e lombares na linha mediana. Esses ligamentos possuem a função de manter a relação entre os processos espinhosos dorsais quando a coluna vertebral está em flexão, contudo, não são tão resistentes quanto o ligamento supraespinhoso (KLOPP, 2014).

O ligamento longitudinal dorsal corre sobre o assoalho, ao longo de todo o canal vertebral, sendo firmemente aderido ao dorso do corpo vertebral na linha mediana e se funde com o aspecto dorsal do AF do disco intervertebral. O ligamento longitudinal ventral é similar ao ligamento longitudinal dorsal e corre ventralmente aos corpos vertebrais, porém é mais fino que o ligamento dorsal e tem pouca significância para suporte da coluna vertebral (DYCE, SACK e WENSING, 2010; KLOPP, 2014).

As facetas articulares formam articulações do tipo sinovial (DYCE, SACK e WENSING, 2010). Os processos articulares caudais das vértebras craniais e os processos articulares craniais das vértebras caudais formam as articulações entre duas vértebras adjacentes e tem a importante função na manutenção da estabilidade da coluna vertebral durante a rotação e flexão (KLOPP, 2014).

Os ligamentos intercapitais conectam as cabeças das costelas bilateralmente atravessando o canal vertebral perpendicular ao eixo longitudinal, ancorando no disco intervertebral. Estão presentes da segunda até a décima vertebra torácica e auxiliam a manter firmes as inserções das cabeças das costelas. A presença destes ligamentos adicionado à rigidez da caixa torácica é responsável pela pequena incidência de discopatia entre T<sub>2</sub> e T<sub>10</sub> (DYCE, SACK e WENSING, 2010; KLOPP, 2014).

## **2.2 Doença do Disco Intervertebral (DDIV) Toracolombar**

A discopatia toracolombar é uma afecção ocasionada pela degeneração dos discos intervertebrais, podendo produzir protusão/extrusão, compressão, contusão, perfuração da medula espinal e/ou dor radicular (SHARP e WHEELER, 2006; COATES, 2012; DEWEY, 2014; THOMAS e DE RISIO, 2015). A degeneração discal é comumente dividida em duas categorias distintas denominadas Hansen tipo I e Hansen tipo II. A degeneração de disco Hansen tipo I se caracteriza por degeneração

condróide do núcleo pulposo, enquanto a degeneração de disco Hansen tipo II se caracteriza por degeneração fibróide do DIV, principalmente do núcleo pulposo. A contínua degeneração e a subsequente extrusão (Hansen tipo I) ou protrusão (Hansen tipo II) de componentes e fragmentos dos discos ocorrem espontânea ou secundariamente a traumas (DEWEY, 2014).

A DDIV é um dos distúrbios neurológicos mais comumente diagnosticado em cães (DEWEY, 2014), sendo a extrusão de disco toracolombar a causa mais comum de disfunção neurológica, responsável por cerca de 20% da casuística de atendimentos neurológicos (ARAÚJO, 2010) e 84 a 86% dos distúrbios de discos intervertebrais em cães (TOOMBS e WATERS, 2007; DEWEY, 2014; KLOPP, 2014).

Os locais mais comumente envolvidos com extrusão de disco toracolombar são os espaços intervertebrais entre T<sub>11</sub> e L<sub>2</sub>, que fazem aproximadamente 65% a 75% de todas as extrusões discais. A maioria das compressões extradurais por DDIV são localizadas numa posição ventral ou ventrolateral do canal vertebral (DEWEY, 2014).

Ocorre principalmente em raças condrodistróficas, como os Dachshund, Pequinês, Beagle, Poodles, Cocker Spaniel, Shih Tzu, Lhasa Apso, e Jack Russell Terrier (JERRAM e DEWEY, 1999; DENNY e BUTTERWORTH, 2006; COATES, 2012; DEWEY, 2014; KLOPP, 2014). Os Dachshunds têm dez vezes mais riscos de desenvolver a doença que todas as outras raças (DEWEY, 2014). A idade de aparecimento da doença ocorre geralmente entre três a sete anos de idade (TOOMBS e WATERS, 2007; DEWEY, 2014).

### **2.2.1 Tratamento**

A conduta terapêutica continua controversa e, em geral, é determinada pelo grau de disfunção neurológica, pela experiência clínica e capacidade do profissional. Diferentes tipos de tratamentos clínico e cirúrgico têm sido descritos, desde repouso absoluto, acupuntura, antiinflamatórios, analgésicos e relaxantes muscular até o uso de diversas técnicas cirúrgicas descompressivas (BRAUND, 1996; MOISSONNIER e al., 2004; DENNY e BUTTERWORTH, 2006; RUDDLE et al., 2006; TOOMBS e WATERS, 2007; DEWEY, 2014). Muitos médicos veterinários recomendam a descompressão precoce da medula espinal e remoção da massa na maioria dos casos (DEWEY, 2014).

A intervenção cirúrgica é indicada quando a extrusão de material discal resulta em episódios repetitivos de dor, que não responde ao tratamento clínico adequado,

quadros persistentes de ataxia ou imediatamente diante de déficits neurológicos moderados a graves como paresia ou paralisia (TOOMBS e WATERS, 2007; DEWEY, 2014).

Os objetivos do tratamento cirúrgico incluem a remoção do material de disco que causa compressão da medula espinal e das raízes nervosas, redução do edema, alívio da dor e prevenção de futuras extrusões (TUDURY, 1985; DEWEY, 2014).

A fenestração tem sido proposta para eliminar a dor, bem como para prevenir maior extrusão discal. Isoladamente não é o procedimento de escolha, pois essa prática não proporciona a descompressão da medula espinal (TOOMBS e WATERS, 2007; DEWEY, 2014).

Os procedimentos já descritos para descomprimir a medula espinal e as raízes nervosas são hemilaminectomia, pediclectomia, laminectomia dorsal modificada, laminectomia Funkquist B, laminectomia Funkquist A, laminectomia dorsal profunda (BRAUND, 1996; DENNY e BUTTERWORTH, 2006; ARIAS et al., 2007; TOOMBS e WATERS, 2007; LEAL et al., 2011; COATES, 2012; VICENTE et al., 2013; DEWEY, 2014; DEWEY e DA COSTA, 2016) e a corpectomia lateral parcial (MOISSONIER et al., 2004).

Nenhuma das técnicas de laminectomia proporciona acesso direto à face ventral do canal vertebral, fazendo com que a técnica tenha limitações na remoção do material discal localizado ventralmente (DEWEY e DA COSTA, 2016). Em alguns casos, o acesso ventral direto é um pré-requisito para o êxito cirúrgico (TOOMBS e WATERS, 2007).

A hemilaminectomia e a pediclectomia são técnicas comumente utilizadas para DDIV toracolombar, pois permitem exposição da região ventral e ventrolateral do canal vertebral, porém têm acesso limitado ao assoalho do canal vertebral (VICENTE et al., 2013; DEWEY e DA COSTA, 2016), podendo resultar na remoção incompleta do material discal (McKEE, 2000b).

O material de disco que sofreu extrusão aguda que for abordado em horas ou poucos dias, em geral, é facilmente removido e resulta em descompressão adequada (DEWEY, 2014). Nos casos crônicos, o material de disco tem consistência firme e se apresenta encapsulado e por vezes com aderência fibrosa ao seio venoso e à dura-máter. A remoção do disco é difícil em razão de sua natureza, localização ventrolateral, e/ou aderências (BRAUND, 1996; ARAÚJO et al., 2013; DEWEY, 2014; FLEGEL 2014).

Se a cirurgia de DDIV demorar de duas a três semanas, o material de disco cria aderências, o que dificulta ou impossibilita sua remoção do canal vertebral (LECOUTEUR e GRANDY, 2004). A remoção do material discal é geralmente direta, mas pode ser difícil se ele estiver aderido (ARAÚJO et al., 2013). Esse tecido tem que ser removido por dissecação aguçada, que pode lesionar o plexo venoso ou até mesmo as meninges e a medula espinal (SHARP e WHEELER, 2006; ARAÚJO et al., 2013).

### **2.2.1.1 Corpectomia lateral parcial**

#### **2.2.1.1.1 Definição**

Em animais com DDIV crônica, a remoção do material de disco é tecnicamente mais trabalhosa (MOISSONNIER et al., 2004; TOOMBS e WATERS, 2007; MALIK et al., 2009; ARAÚJO et al., 2013; DEWEY, 2014). A incompleta remoção do material ou o trauma medular iatrogênico ocorrido durante a tentativa de remoção do disco podem ter um efeito adverso no tratamento cirúrgico nestes casos (MALIK et al., 2009; FLEGEL, 2014).

A corpectomia lateral parcial (CLP) é uma técnica alternativa e eficaz para tratar DDIV toracolombar crônica (MOISSONNIER et al., 2004) e aguda, ventrais e ventrolaterais à medula espinal (BÖTTCHER et al., 2008; FLEGEL et al., 2011). Possibilita um acesso adequado ao assoalho do canal vertebral para a remoção do material de disco, sem necessidade de manipulações adicionais à medula espinal, permitindo uma ampla e eficaz descompressão, sem desestabilização dorsal da coluna vertebral (MOISSONNIER et al., 2004; MEHEUST e ROBERT, 2010; KERWIN et al., 2012), reduzindo a chance de piora pós-operatória (REVÉS et al., 2012).

Em uma pesquisa, observou-se recidiva de DDIV em quatro cães que realizaram descompressão dorsal (hemilaminectomia ou laminectomia). Através da mielografia foi observado pronunciado material de disco residual de compressão ventral ou ventrolateral (MOISSONNIER et al., 2004). Quando há uma protrusão do disco ventral ou ventrolateral, a medula espinal pode apresentar um efeito “embalagem”, que esconde o material protruso, e o mesmo não pode ser visto a partir de uma abordagem cirúrgica dorsal (KERWIN et al., 2012).

As técnicas de descompressão medular clássicas, como laminectomia e hemilaminectomia (BRAUND, 1996; DENNY e BUTTERWORTH, 2006; ARIAS et al., 2007; TOOMBS e WATERS, 2007; LEAL et al., 2011; DEWEY, 2014) usam uma



abordagem dorsal ou dorso lateral, e a observação e remoção de material de disco nestas situações, envolve manipulação substancial da medula espinal durante a cirurgia, o que pode contribuir para lesão medular iatrogênica, assim como às vezes não se consegue a remoção total do material de disco (MOISSONNIER et al., 2004).

Estudos em cães submetidos à hemilaminectomia para remoção de material do disco localizado ventralmente relataram uma piora do estado neurológico após a cirurgia, em casos crônicos (CUDIA e DUVAL, 1997; MACIAS et al., 2002). Alguns autores relatam que esta piora seja devido a manipulações na medula espinal na tentativa de remoção do material de disco (CUDIA e DUVAL, 1997; MACIAS et al., 2002; OLBY e JEFFREY, 2007; VICENTE et al., 2013).

Com a finalidade de observar os sinais neurológicos em caso de manipulações da medula espinal, realizaram-se pesquisas com cães hípidos (SOUZA, 2010) e com DDIV (TUDURY et al., 2013), submetidos à hemilaminectomia, onde se realizou manipulação cirúrgica da medula, sem se observar disfunção neurológica no pós-operatório. Diante disso, segundo Souza (2010), as alterações neurológicas encontradas pós-cirurgias descompressivas devem provavelmente estar relacionadas com outras causas, como por exemplo, hemorragia do plexo venoso vertebral, alterações hemodinâmicas da medula espinal, lesão de reperfusão e/ou compressões medulares crônicas.

#### **2.2.1.1.2 Indicações**

A técnica de corpectomia tem sido realizada com frequência na medicina humana desde 1950 (MEHEUST e ROBERT, 2010), sendo indicada para diversas afecções espinais que necessitam de descompressão das estruturas neurais associada à reconstrução da coluna anterior (NOGUEIRA et al., 2011).

Em medicina veterinária, a CLP foi desenvolvida originalmente para tratar DDIV torácica e lombar crônica (MOISSONNIER et al., 2004) e aguda, ventrais e ventrolaterais à medula espinal (BÖTTCHER et al., 2008; FLEGEL et al., 2011) já que possibilita um bom acesso ao assoalho do canal vertebral para a remoção do material de disco com mínima manipulação medular (MOISSONNIER et al., 2004). No entanto, vem sendo utilizada por vários autores para tratamento de outras afecções da coluna vertebral (MALIK; et al., 2009; MEHEUST e ROBERT, 2010; BISMUTH et al., 2013; BISMUTH et al., 2014; MARINHO et al., 2014) e em associação com outras técnicas

descompressivas para promover melhor visualização do canal vertebral e descompressão da medula espinal (ROCHA et al., 2012; MARINHO, 2013).

Apesar de vários autores recomendarem a descompressão dorsal por laminectomia para tratamento de hemivértebra (COLTER, 1993; SHARP e WHEELER, 2006; STALIN et al., 2009), foi relatado um caso de corpectomia em hemivértebra de T<sub>3</sub> em filhote canino da raça Labrador que apresentava deficiências neurológicas, obtendo bons resultados no pós-operatório (MEHEUST e ROBERT, 2010). Como a compressão exercida pela hemivértebra torácica era quase exclusivamente ventral, a corpectomia se revelou eficaz para a descompressão.

Schamall e Almeida (2016), descreveram a utilização da CLP na região torácica (com costectomia) e lombar por abordagem lateral para tratamento de hemivértebras em 10 cães de raças variadas. Em todos os animais a normalidade funcional ocorreu dentro de 90 dias e o autor concluiu que a CLP é uma técnica adequada para o tratamento da hemivértebra uma vez que a compressão ocorre no aspecto ventral do canal vertebral.

Já foi relatada associação de CLP e foraminotomia em um felino com 10 anos de idade com paraparesia deambulatoria crônica atribuída à vértebra em bloco associada à herniação discal e compressão medular ventrolateral entre L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> (MALIK et al., 2009). Segundo os autores, as técnicas descompressivas permitiram uma adequada descompressão medular e um resultado satisfatório no pós-operatório.

Marinho et al. (2014), descreveram a técnica de CLP associada à pediclectomia na exérese de um condroma extradural em um cão. Segundo os autores, a técnica utilizada foi eficaz na remoção completa da massa extradural, com mínima manipulação da medula espinal.

Rocha (2012), avaliou a exequibilidade da técnica de corpectomia após a pediclectomia em vinte e sete cães diagnosticados com DDIV toracolombar crônicas. Os animais foram submetidos à pediclectomia seguida da CLP, onde a associação das técnicas permitiu uma ótima descompressão com mínima manipulação medular.

Foi relatada a associação de CLP associada à hemilaminectomia em cinco cães condrodistróficos no tratamento cirúrgico de divertículo aracnóide associada à protrusão de disco intervertebral (BISMUTH et al., 2013; BISMUTH et al., 2014). A associação das técnicas permitiu a remoção da compressão medular por extrusão discal e permitiu uma boa remoção das aderências na leptomeninge após a durotomia e segundo os autores, não foi observado complicações clínicas secundárias a desestabilização vertebral nesses cães no pós-cirúrgico.

### 2.2.1.1.3 Vantagens, desvantagens e complicações da CLP

A CLP permite que o cirurgião obtenha uma abordagem ventral à medula, possibilitando a remoção do material discal herniado com manipulação medular mínima, evitando lesão iatrogênica. Também possibilita eficiente fenestração do disco, já que a janela da CLP permite a remoção quase completa do núcleo pulposo não herniado (MOISSONNIER et al., 2004), sendo que segundo autores (TUDURY, 1985; TOOMBS e WATERS, 2007; DEWEY, 2014) a fenestração do disco impede recidiva no local.

A limitada manipulação da medula espinal durante a remoção do material de disco evita piora do estado neurológico no pós-operatório. Isto foi observado numa pesquisa realizada com 15 cães, em que nenhum deles teve agravamento transitório de seu estado neurológico no período pós-operatório imediato, e durante o período médio de 2 anos e três meses, observou-se que todos melhoraram seu estado neurológico (MOISSONNIER et al., 2004).

Em uma comparação entre CLP e hemilaminectomia, Böttcher e Flegel (2012) e Flegel (2014) descreveram que as principais vantagens da corpectomia são menor manipulação medular, melhor descompressão, fenestração perfeita do disco acometido, menor risco de recidiva local. No entanto, citou como desvantagens a necessidade de maior experiência, maior tempo cirúrgico, possibilidade de ressecção de costela, pior visualização do canal vertebral, maior risco de trauma de nervo periférico, sangramento e possibilidade de instabilidade.

A corpectomia cumpre três objetivos principais do tratamento cirúrgico da DDIV que são: remoção de material do disco do interior do canal vertebral, garantindo adequada descompressão medular; evita lesão iatrogênica da medula espinal durante a retirada do material de disco; e permite fenestração do disco intervertebral (MOISSONNIER et al., 2004), evitando recidivas (TUDURY, 1985; TOOMBS e WATERS, 2007; DEWEY, 2014).

As complicações que podem ser desenvolvidas na realização da técnica estão relacionadas a mudanças nas estruturas anatômicas presentes no local da abordagem, incluindo: lesão do nervo espinal e/ou do seio venoso vertebral, ou o risco de pneumotórax (MOISSONNIER et al., 2004; BÖTTCHER et al., 2008; FLEGEL, 2014).

Nos primeiros relatos de CLP em 15 cães, Moissonnier et al. (2004) não relataram complicações transoperatórias. Já foi relatada lesão parcial da via simpática,

tendo como complicação síndrome de Horner (MEHEUST e ROBERT, 2010) e pneumotórax subsequente à ressecção da costela (BÖTTCHER et al., 2008).

Ao relatar a experiência da técnica em 51 cães, Flegel et al. (2009) descreveram pneumotórax em 33% dos cães avaliados. Hemorragia significativa do seio venoso ocorreu em 25% dos procedimentos, enquanto que em 12% houve lesão no nervo espinal e em 5% houve lesão à dura-máter. O mesmo autor relata que devido ao potencial risco de complicações, a corpectomia é um procedimento desafiador.

Em um estudo envolvendo 87 corpectomias em 72 cães, as principais complicações descritas por Salger et al. (2014), foram hemorragia do plexo venoso (25%) e lesão de raiz nervosa (8,3%).

Ferrand et al. (2015), relataram hemorragia considerável de plexo venoso em 24,3% dos procedimentos, lesão de raiz nervosa em 5,6% dos casos e pneumotórax em um procedimento no espaço intervertebral entre T<sub>11</sub>-T<sub>12</sub>. O mesmo autor relatou instabilidade vertebral em dois cães (1,8%) após CLP isolada e CLP associada à hemilaminectomia.

Segundo Moissonnier et al. (2004), se o cirurgião adere estritamente à técnica CLP e tem conhecimentos sobre pontos de referência anatômica e instrumentação neurocirúrgica apropriada, há pouco risco de grave complicação.

Os princípios da CLP são semelhantes aos utilizados para o “slot” ventral na região cervical. A subluxação vertebral após “slot” cervical ventral realizado para a descompressão da medula espinal associada com doença do disco, já foi relatada (LEMARIÉ et al., 2000), levantando um alerta quanto à CLP (KERWIN et al., 2012). Ferrand et al. (2015), relataram instabilidade vertebral em dois cães (1,8%) após CLP isolada e CLP associada à hemilaminectomia, detectada por piora clínica e confirmada após exame radiográfico simples e TC, que visualizou subluxação vertebral. Em um cão foi observada piora clínica 15 dias após a cirurgia, sendo realizada estabilização cirúrgica e em um, observou-se deterioração neurológica dois anos após a cirurgia, sendo tratado de forma conservativa.

Apesar de todas as vantagens apresentada pela técnica, uma desvantagem é que o cirurgião não tem uma adequada visualização do aspecto lateral e dorsal do canal vertebral, não podendo ver a medula espinal tão bem quanto na hemilaminectomia (REVÉS et al., 2012; VICENTE et al., 2013). No entanto, pode-se associar a CLP a outras técnicas de descompressão, como pediclectomia, foraminotomia ou hemilaminectomia. Esta combinação de técnica poderia ser usada para auxiliar na

remoção completa do material de disco, caso não consiga fazê-la apenas com a corpectomia (MOISSONNIER et al., 2004), como também explorar a medula espinal.

Rocha et al. (2012), avaliaram a exequibilidade da técnica de corpectomia após a pediclectomia em vinte e sete cães diagnosticados com discopatia toracolombar crônicas. Os animais foram submetidos à pediclectomia seguida da CLP. A pediclectomia permitiu ótima visualização do assoalho do canal vertebral, facilitando a execução da CLP em todos os pacientes deste estudo. Os autores concluíram que a associação das técnicas de pediclectomia e corpectomia lateral é uma ótima alternativa cirúrgica para tratamento de discopatia toracolombar crônica em cães, permitindo apropriada descompressão com mínima manipulação medular, menor chance de erros durante a execução da corpectomia lateral e elevada taxa de recuperação.

Marinho (2013), descreveu a técnica de corpectomia lateral parcial associada à pediclectomia no tratamento de discopatia toracolombar crônica em quatro cães da raça Dachshund com histórico de mielopatia toracolombar crônica. Segundo o autor a corpectomia lateral parcial, quando associada à pediclectomia, foi realizada sem dificuldades técnicas ao que se refere à angulação e o direcionamento da perfuração para realização da janela no corpo vertebral e promoveu descompressão medular eficaz nos casos relatados.

Segundo Rocha et al. (2012) e Marinho (2013), a pediclectomia permitiu completa visualização do assoalho do canal vertebral, melhorando a referência anatômica para direcionamento horizontal da fresagem durante a realização da CLP.

Diversos autores descreveram e associaram a CLP com outras técnicas descompressivas no intuito de melhorar a visualização da medula espinal e promover melhor descompressão medular, no entanto, alertaram e relataram sobre a possibilidade de desestabilização vertebral no pós-operatório (MALIK; et al., 2009; BÖTTCHER e FLEGEL, 2012; ROCHA, 2012; BISMUTH et al., 2013; BISMUTH et al., 2014; MARINHO et al., 2014; FERRAND et al. 2015; DEWEY e DA COSTA, 2016).

Ao avaliar os efeitos de múltiplas hemilaminectomias em cadáveres caninos, Corse et al. (2003), observaram que a estabilidade em extrema flexão e extensão não se alterou significativamente após a realização da hemilaminectomia e que a amplitude de movimento dentro da zona neutra não foi diferente da condição normal entre os grupos.

Estudos sobre os efeitos biomecânicos após CLP, combinação de CLP e pediclectomia, e CLP e hemilaminectomia, realizados apenas em cães não condrodistróficos na região lombar da coluna vertebral, observaram que a realização da

corpectomia leva a parcial instabilidade vertebral. Quando associada a hemilaminectomia melhora bastante a visualização da medula espinal, porém produz um agravamento da instabilidade da coluna vertebral. Isso se deve, provavelmente, à menor quantidade de osso e de disco intervertebral, mais a perda unilateral dos processos articulares (REVÉS et al., 2012; VICENTE, 2013). Nessa combinação o grau de desestabilização é mais significativo quando comparada a CLP sozinha e induz um colapso intervertebral permanente (VICENTE et al., 2013).

A combinação da pediclectomia com a CLP também proporciona melhor visualização do canal vertebral. A instabilidade vertebral observada nesta associação não é significativamente diferente da CLP sozinha, indicando que a extensão dorsal da abertura até a base do processo articular não aumenta a instabilidade vertebral e não induz a colapso de disco, como observado na associação da CLP com a hemilaminectomia (VICENTE et al., 2013).

Revés et al. (2012), concluíram com os resultados do seu estudo, em combinação com dados clínicos prévios, que a estabilização vertebral não é necessária em cães submetidos apenas a CLP. Enquanto isso, Vicente et al. (2013) não recomendam combinar CLP e hemilaminectomia sem estabilização vertebral adicional. A pediclectomia pode ser realizada concomitantemente com a corpectomia sem uma redução de estabilidade vertebral ou colapso do espaço intervertebral, permitindo uma inspeção direta do interior do canal vertebral, que pode melhorar a descompressão cirúrgica da medula espinal (VICENTE et al., 2013) e facilitar e dar maior segurança ao procedimento descompressivo (ROCHA et al., 2012; MARINHO, 2013).

Múltiplas corpectomias foram realizadas num mesmo procedimento cirúrgico em oito cães. Em um Pastor Alemão de 13 anos com DDIV tipo II em T<sub>12</sub>-T<sub>13</sub> a L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> foi realizada corpectomia tripla nessa extensão (FLEGEL et al., 2011). Não foram observados sinais de instabilidade vertebral durante a cirurgia e no pós-operatório. Carozzo et al. (2008), relataram a realização de duas CLP em três cães sem sinais de deterioração neurológica pós-operatória. Em outro estudo, relata-se a realização de quatro CLP em um mesmo animal sem sinais clínicos de instabilidade vertebral (FLEGEL, 2014), porém o autor comenta a importância de estudos adicionais relacionados à instabilidade vertebral.

Schamall e Almeida (2016), descreveram a realização de múltiplas CLP, se estendendo por três a cinco vértebras na região torácica (9 animais) e lombar (1 animal) por abordagem lateral para tratamento de hemivértebras em cães de raças variadas. Seis

animais apresentaram dor severa no pós-operatório e em cinco, foi necessário a estabilização vertebral.

#### **2.2.1.1.4 Técnica cirúrgica da corpectomia**

A corpectomia consiste na criação de um janela lateral através das apófises de dois corpos vertebrais adjacentes ao disco intervertebral acometido (MOISSONNIER et al., 2004). A primeira abordagem cirúrgica à coluna vertebral descrita foi a lateral (MOISSONNIER et al., 2004), porém pode-se utilizar também abordagens dorsal ou dorsolateral à mesma (MOISSONNIER et al., 2004; KERWIN et al., 2012), assim como a abordagem ventral trans torácica (MEHEUST e ROBERT, 2010).

Para realização da CLP, o animal deve ser posicionado de acordo com a abordagem cirúrgica, caso a abordagem seja lateral, o decúbito deve ser lateral, caso seja dorsal, o decúbito deve ser esterno abdominal (MOISSONNIER et al., 2004). No estudo de Flegel et al. (2011), os animais foram posicionados em decúbito lateral com o lado mais pronunciado da compressão medular para cima. Já para Moissonnier et al. (2004), na protrusão de disco ventro-lateral a abordagem é realizada do lado da lesão, enquanto que na protrusão ventral, a técnica é executada do lado esquerdo para o cirurgião destro.

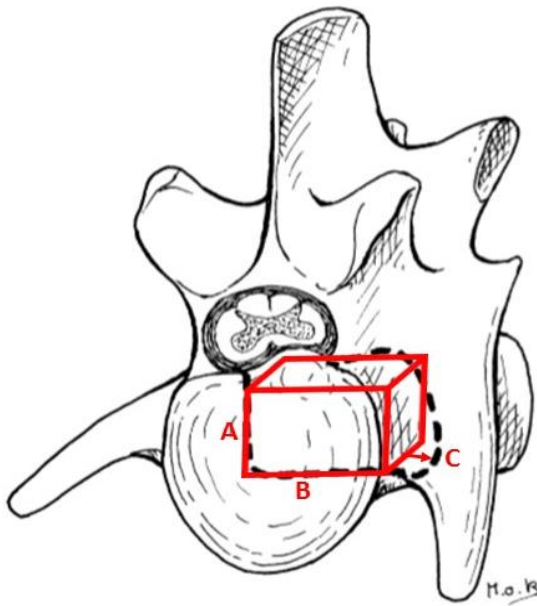
O posicionamento correto do animal na mesa cirúrgica é de grande importância para realização da técnica. Deve-se ter uma rigorosa atenção para alcançar um posicionamento de decúbito lateral exato do animal para facilitar a perfuração horizontal, dirigindo a broca perpendicular à mesa cirúrgica. É possível que um maior desvio horizontal possa interferir na descompressão (FLEGEL et al., 2011).

Após a abordagem às vértebras, é realizada uma avaliação do aspecto lateral dos corpos vertebrais adjacentes e do anel fibroso, como também do nervo espinal (associado aos vasos sanguíneos), o qual é afastado cranialmente com auxílio de um retrator de nervos, e em seguida é realizada a fenestração lateral do disco com o bisturi nº 11 (MOISSONNIER et al., 2004).

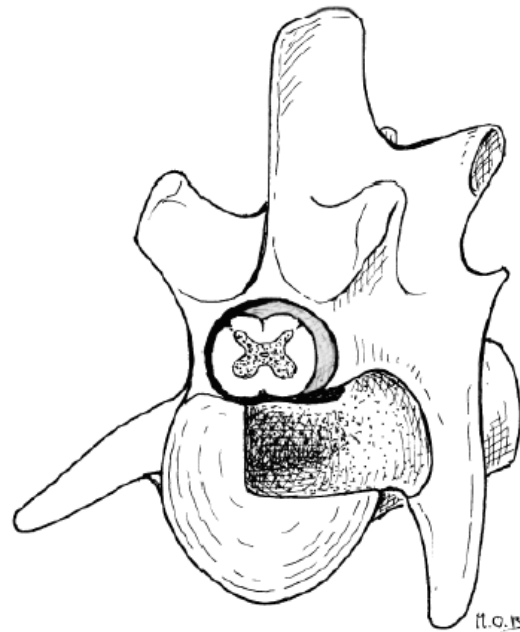
Para as vértebras lombares, a janela é centralizada no espaço do disco intervertebral; já para os espaços intervertebrais T<sub>10</sub>-T<sub>11</sub>, T<sub>11</sub>-T<sub>12</sub> e T<sub>12</sub>-T<sub>13</sub>, inicia na metade caudal do corpo da vértebra cranial, a partir do espaço afetado, sem danificar a costela; e para os espaços intervertebrais craniais a T<sub>10</sub>, a CTLL requer a luxação da costela (MOISSONNIER et al., 2004). Se a costela cranial ao espaço intervertebral do disco afetado dificultar a perfuração horizontal do corpo vertebral, a cabeça da costela

deve ser desarticulada ou realizada a ressecção do terço proximal da tuberosidade costal (FLEGEL et al., 2011).

As dimensões pré-estabelecidas para criação da janela são:  $\frac{1}{4}$  do comprimento do corpo da vértebra cranial em sentido caudo-cranial,  $\frac{1}{4}$  do comprimento do corpo da vértebra caudal em sentido craniocaudal,  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{2}{3}$  da largura lateral do corpo vertebral para a margem de profundidade e  $\frac{1}{2}$  da altura (visão lateral) do corpo vertebral no sentido dorsoventral (Figuras 2 e 3) (MOISSONNIER et al., 2004). Em animais que apresentam o tamanho do corpo vertebral muito pequeno é considerado necessário o aumento das dimensões da CLP (BÖTTCHER et al., 2008).



**Figura 3:** Pontos de referência para realização do slot. **A.** altura. **B.** largura (profundidade). **C.** comprimento. Fonte: MOISSONNIER et al. (2004). Modificado.



**Figura 4:** Vista craniolateral da corpectomia toracolombar lateral. Fonte: MOISSONNIER et al. (2004).

A profundidade da janela é um fator que influencia potencialmente no grau de descompressão, pois observou-se que uma profundidade igual a 55% da largura da vértebra está associada a uma menor descompressão, já uma profundidade em torno de 65,5% da largura do corpo vertebral resultou numa descompressão medular mais eficiente. Há relato de CLP com profundidade maior que 70% da largura do corpo vertebral, sem evidências, durante a cirurgia e no pós-operatório, de instabilidade vertebral. Porém, recomenda-se não estender a profundidade mais que 75% da largura



do corpo vertebral para manter uma boa margem de segurança. Já as outras dimensões (comprimento cranial, comprimento caudal e altura) não influenciam no grau de descompressão e podem ser ajustadas durante a cirurgia sem necessidade de mensuração (FLEGEL et al., 2011).

Na prática, as dimensões da CLP devem ser determinadas a partir de imagens pré-cirúrgicas, como tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética ou mielografia, que indiquem o local de compressão medular, e ajustadas no transoperatório de acordo com a necessidade do animal (MOISSONNIER et al., 2004; FLEGEL et al., 2011).

Flegel et al. (2009), descreveram as dimensões médias das corpectomias em 51 cães com DDIV crônica de 66 % de largura dos corpos vertebrais no sentido latero-lateral, 43 % da altura dos corpos vertebrais no sentido dorso ventral e 22 a 25 % do comprimento dos corpos vertebrais.

Flegel et al. (2011) obtiveram as dimensões médias de 64,1% da profundidade, 43% da altura e 22 a 29,5 % do comprimento dos corpos vertebrais cranial e caudal, respectivamente, para descomprimir a medula espinal em 60 procedimentos de CLP em cães. De acordo com os autores, as dimensões das corpectomias permitiram uma adequada descompressão medular em 90 % dos procedimentos. Salger et al. (2014) obtiveram profundidade média de 64.8 % do corpo vertebral (36–78.6 %) em 78 corpectomias.

Schamall e Almeida (2016) descreveram a realização de CLP, com 50 % da largura e 100 % da altura, se estendendo por três a cinco vértebras na região torácica (com costectomia) e lombar por abordagem lateral para tratamento de hemivértebras em cães. Em cinco cães, foi necessário a estabilização vertebral devido a desestabilização vertebral no pós-cirúrgico.

Para a criação da janela, utiliza-se um drill de alta velocidade de perfuração, que deve ser continuamente irrigada durante seu uso com solução fisiológica de NaCl a 0,9% estéril (MOISSONNIER et al., 2004; MALIK et al., 2009; FLEGEL et al., 2011). Em caso de hemorragia do osso esponjoso, a mesma deve ser controlada com cera óssea cirúrgica, enquanto que as hemorragia do seio venoso, contida com esponjas hemostáticas e/ou eletrocautério bipolar (MOISSONNIER et al., 2004; MEHEUST; ROBERT, 2010). É muito importante uma hemostasia eficaz nesta técnica, para que coágulos não se formem e causem compressão medular. Em um estudo, observou-se

imagens de TC pós-cirúrgicas, indicativas de compressão medular por hematoma (FLEGEL et al., 2011).

Após a fenestração do disco, a perfuração óssea é realizada perpendicular ao eixo longitudinal da coluna, acima da margem ventral e estendida dorsalmente em direção ao assoalho do canal vertebral (MOISSONNIER et al., 2004; MALIK et al., 2009). A margem ventral deve ser previamente demarcada com o drill (FLEGEL et al., 2011). A broca inicialmente penetra o osso cortical lateral do corpo vertebral, em seguida o osso esponjoso. Atingidas largura e profundidade, previamente definidas, a broca é redirecionada, lentamente, ao assoalho do canal vertebral. Para evitar a penetração do canal vertebral, a perfuração deve ser interrompida constantemente para limpar o local e avaliar a resistência do osso cortical dorsal do corpo vertebral (MOISSONNIER et al., 2004).

Quando o osso cortical ficar suficientemente fino, deve-se entrar no canal vertebral. Ao atingir o ligamento longitudinal dorsal, a perfuração deve ser interrompida, para que este ligamento fique situado entre o instrumento e o seio venoso, evitando hemorragia do seio e prevenindo lesão medular iatrogênica (MOISSONNIER et al., 2004). Em seguida, com o auxílio de uma pinça goiva e lâmina de bisturi (FLEGEL et al., 2011), ou uma pinça Kerrisson e pequenas curetas (MEHEUST e ROBERT, 2010), esta cortical óssea juntamente com o ligamento longitudinal dorsal são removidos cuidadosamente até ser observado o canal vertebral. A corpectomia deve ser estendida em qualquer direção necessária para uma completa descompressão medular (FLEGEL et al., 2011).

O anel do disco protruso é delicadamente retraído ventralmente ao nível da corpectomia. Na presença de material herniado, o mesmo é retirado com auxílio de um removedor de cálculos dentários. A remoção do núcleo pulposo remanescente deve ser realizada com uma espátula ou uma cureta curva, através da própria janela (MOISSONNIER et al., 2004). A descompressão completa é confirmada no transoperatório pela inspeção do aspecto ventral das meninges e da medula, onde as mesmas devem ser vistas ao longo de toda a extensão da CLP sem estarem elevadas do assoalho vertebral. A confirmação também usa a palpação às cegas, realizada até o outro lado do canal vertebral, sem apresentar qualquer resistência; assim como no pós-cirúrgico imediato através da TC ou mielotomografia computadorizada (BÖTTCHER et al., 2008; FLEGEL et al., 2011). Após a irrigação final, a ferida cirúrgica é fechada. Caso se observe, por meio de TC, que a descompressão medular foi insuficiente, o

animal deve retornar imediatamente para mesa cirúrgica e realizar o aumento da corpectomia (FLEGEL et al., 2011).

Alternativamente, Carozzo et al. (2011) relataram a eficiência de técnica de CLP minimamente invasiva assistida por endoscopia por acesso lateral em seis cadáveres caninos com peso médio de 14,1 kg. Segundo o autor, a abordagem minimamente invasiva assistida por endoscopia permitiu uma adequada visualização do corpo vertebral, raiz nervosa e boa descompressão medular, permitindo ainda uma extensão para realização de foraminotomia ou pediclectomia, caso necessário.

Alguns autores também relataram a realização com sucesso da CLP entre as vértebras L<sub>7</sub>-S<sub>1</sub> em cães com estenose lombossacral através de osteotomia ilíaca lateral (CAROZZO et al., 2008; SAULNIER-TROFF et al., 2014).

#### **2.2.1.1.5 Resultados clínicos da corpectomia**

Na primeira pesquisa realizada com CLP em 15 cães com DDIV crônica, Moissonnier et al. (2004) descreveram que em nenhum deles ocorreu piora transiente de seu estado neurológico no período pós-operatório imediato, e durante o período médio de 2 anos e três meses se observou que todos melhoraram seu estado neurológico.

Em uma pesquisa realizada com 51 cães, Flegel et al. (2011), observaram que principalmente para compressão ventral da medula espinal ocasionada por DDIV, a utilização da corpectomia parcial lateral resultou em descompressão satisfatória (compressão residual < 15 %) em 90 % dos cães, com 58,3 % sendo completamente descomprimida.

Rocha (2012) ao associar a técnica de corpectomia após a pediclectomia em vinte e sete cães diagnosticados com discopatia toracolombar crônicas obteve taxas de sucesso superiores às observadas anteriormente.

Marinho (2013) descreveu melhora em três dos quatro cães da raça Dachshund submetidos à corpectomia lateral parcial associada à pediclectomia para tratamento de discopatia toracolombar crônica.

Os resultados obtidos por Salger et al. (2014) após realização de 87 corpectomias em 72 cães foram de recuperação de deambulação voluntária em 91,4 % dos cães em até seis meses após as cirurgias.

Ao analisar os resultados da CLP, Ferrand et al. (2015) relataram melhora neurológica em 74,3 % dos animais operados, estabilização do grau neurológico em

22,9 % e piora em 2,8 % dos animais. Na análise final, 91,4 % dos cães apresentaram deambulação voluntária.

Schamall e Almeida (2016) descreveram a recuperação da normalidade funcional em até 90 dias após a cirurgia em 10 cães de raças variadas submetidos à CLP e costectomia para tratamento de hemivértebras. Após esses resultados clínicos, os autores postularam esse tratamento como um procedimento simples, menos mórbido e seguro.

### **2.3 Estabilização vertebral**

Alguns cirurgiões veterinários mencionam que estabilização é indicada para proporcionar rigidez e resistência à coluna vertebral de alguns animais com doenças degenerativas, pois se a instabilidade está presente, a estabilização vai limitar uma gama de movimentos. Se houver invasão do canal vertebral secundária a proliferação de tecido fibroso em torno do tecido neural, mesmo na ausência de instabilidade significativa, a estabilização pode reduzir a intensidade da resposta fibrosa, aliviando a pressão sobre a medula espinal, raízes nervosas e nervos periféricos em vértebras instáveis (WEH e KRAUS, 2007; HANKIN et al., 2012; EARLY et al., 2015).

O objetivo da estabilização da coluna vertebral é restaurar e manter a integridade do espaço do disco intervertebral e aumentar a estabilidade do segmento vertebral instável, diminuindo as alterações degenerativas clinicamente relevantes (TELLEGEN et al., 2015).

Ao analisar o tratamento cirúrgico de descompressão por meio de hemilaminectomia associada à estabilização vertebral com placa bloqueada em dois cães com ataxia, paraparesia e hiperpatia toracolombar secundárias a DDIV toracolombar, McKee e Downes (2008) observaram que ambos os cães tratados cirurgicamente apresentaram melhora da hiperpatia e houve regressão parcial dos déficits neurológicos. De acordo com os autores, a descompressão medular provavelmente foi incompleta, mas a estabilização vertebral desempenhou um papel importante, pois evitou protrusão adicional, preveniu a compressão medular dinâmica e promoveu atrofia do disco intervertebral em longo prazo.

Downes et al. (2009) avaliaram a eficácia da estabilização vertebral por meio de placas e parafusos ou parafusos e cimento ósseo no tratamento da protrusão do disco intervertebral toracolombar em 28 cães e a melhora neurológica foi evidente em 21 dos 24 cães acompanhados em longo prazo. Dois cães permaneceram com estado

neurológico inalterado e em um deles houve piora. A hemilaminectomia e estabilização vertebral foram eficazes no tratamento da hiperpatia em 12 dos 13 cães acompanhados em longo prazo.

Gilardini (2015) ao analisar 19 pacientes tratados com pediclectomia e estabilização vertebral com parafusos de aço ou titânio e PMMA, placas bloqueadas e parafusos pediculares, com animais sem estabilização, não observou diferenças significantes na porcentagem dos animais tratados com descompressão e estabilização quando comparados àqueles em que foi realizada apenas a descompressão, no que diz respeito à recuperação. No entanto, alguns dos pacientes em que foi realizada a estabilização pareceram apresentar uma ausência de dor surpreendente nos primeiros dias após a cirurgia em comparação com aqueles tratados apenas com descompressão.

Nos seres humanos com dor lombar crônica, o tratamento cirúrgico padrão é a fusão de segmentos vertebrais. Isto pode ser conseguido com estabilização por meio de uma abordagem posterior ou anterior usando cages de fusão e enxerto ósseo autólogo com parafuso pediculares (SEARS, 2005; SPRUIT et al., 2005)

Em cães, uma técnica ou sistema de fixação ideal ainda não foi determinado, porém dois métodos de fixação mais amplamente utilizados e clinicamente aceitos são a utilização de pinos de perfil positivo e polimetilmetacrilato (WEH e KRAUS, 2007) e a estabilização com parafusos trans articulares bilaterais nas facetas articulares (HANKIN et al., 2012). O sistema de placas bloqueadas também pode ser adequado, permitindo a inserção de parafusos monocorticais (JOHNSTON e TOBIAS, 2012).

O uso dos parafusos pediculares em humanos passou por um progresso significativo nas últimas duas décadas (CAMILLE et al., 1986; MATTEI et al., 2009). Os parafusos pediculares foram inicialmente utilizados na coluna vertebral lombar (CASTRO et al., 1996), mas a medida que a técnica evoluiu e ganhou versatilidade, a sua utilização se expandiu para as vértebras torácicas (ZEILER et al., 2005; FAIREN et al., 2007). Têm sido amplamente utilizados para uma gama variada de afecções da coluna vertebral, tais como traumática, degenerativa, neoplásicas, bem como a correção de deformidades vertebrais, pois o contorno da haste pode ocorrer em várias direções para contornar os elementos da coluna vertebral (FAIREN et al., 2007; MATTEI et al., 2009).

Em cães encontram aplicação no tratamento da instabilidade lombossacral e no tratamento de fraturas toracolombares, estando disponíveis no sistema monoaxiais e poliaxiais. Os monoaxiais são parafusos rígidos e muito mais complexos de usar, mas,

aparentemente, conferem uma maior força e estabilidade que os poliaxiais, que possuem braços móveis, que podem girar livremente para melhor se adaptar ao corpo e à barra de conexão. É preferível a utilização de grandes sistemas e preferencialmente, bilateral. A principal vantagem é que o sistema é menos invasivo do que os pinos com PMMA e tem uma maior facilidade de remoção (CORLAZZOLI, 2015).

Os parafusos pediculares vêm se mostrando uma adequada técnica de estabilização vertebral em cães (MEIJ, 2015) e sua utilização é bem reportada na estabilização da articulação lombossacral em pacientes com estenose lombossacral degenerativa (MÉHEUST et al., 2000; HASEGAWA et al., 2005; MUTLU et al., 2011).

Meij et al. (2007), ao analisarem a utilização de parafusos pediculares em 12 cães submetidos a laminectomia, determinaram que depois do procedimento descompressivo, a zona neutra e amplitude de movimento não foram diferentes daqueles na amostra da coluna intacta. Depois da estabilização com parafusos pediculares, a zona neutra e amplitude de movimento do espécime diminuiu em comparação com o modelo intacto e após laminectomia dorsal. Desta forma, concluíram que a laminectomia não leva a significativa instabilidade espinal e os parafusos pediculares podem ser utilizados com eficiência para conter uma articulação lombossacral instável em cães com estenose lombossacra degenerativa.

Tellegen et al. (2015) na avaliação da viabilidade da estabilização lombossacral de 12 cães com estenose lombossacral degenerativa, por meio de parafuso pediculares, concluíram que este método de fixação representou mais uma opção de tratamento cirúrgico nesses cães. Os autores ressaltaram ainda que a fixação com parafuso pediculares por si só não resultar em fusão óssea vertebral entre L<sub>7</sub> e S<sub>1</sub>.

Smolders et al. (2011) ao estudarem a utilização de parafusos pediculares na estabilidade lombossacral de cães, concluíram que esta técnica pode ser uma adição valiosa para o tratamento cirúrgico da estenose lombossacral. O procedimento proporciona estabilidade suficiente, é bem tolerada, e neste estudo indicou que pode conduzir a uma melhora da deambulação com os membros pélvicos.

## **2.4 Biomecânica**

Biomecânica é uma disciplina derivada das ciências naturais, que se ocupa de análises físicas de movimentos do corpo. Por meio da biomecânica e de suas áreas de conhecimento correlatas podemos analisar as causas e efeitos dos movimentos

corporais, elucidando a função normal dos tecidos e articulações (AMADIO e SERRÃO, 2007; FIGUIREDO, 2013).

A unidade funcional da coluna consiste em duas vértebras adjacentes, disco intervertebral e os ligamentos vertebrais associados, excluindo-se a musculatura epaxial. Representa a menor unidade representativa do movimento fisiológico da coluna vertebral, exibindo características biomecânicas similares a da coluna como um todo. As análises biomecânicas podem ser realizadas em uma ou mais unidades funcionais (FIGUEIREDO, 2013).

Experimentalmente o grau de estabilização pode ser determinado em segmentos vertebrais extraídos, e baseia-se na avaliação biomecânica da variação da amplitude de movimento de determinado segmento. Para isso o segmento a ser avaliado precisa ser acoplado a uma máquina hidráulica de teste de materiais que registra a amplitude de movimento do segmento perante a aplicação de determinada força. Essa força é aplicada movimentando o objeto de estudo de forma a realizar a flexão, extensão, flexão lateral direita e esquerda, rotação e compressão (REVÉS et al., 2012; SMOLDERS et al., 2012).

Quando o segmento é submetido à força, o deslocamento relativo entre as extremidades varia de modo inconstante. Inicialmente à aplicação da força, é gerado um movimento ao qual o segmento oferece mínima resistência, fase chamada de zona neutra (ZN). Na ZN, a variação de deslocamento tende a ser maior que a variação de força. Quando o segmento vertebral começa a oferecer resistência a esse deslocamento, tem início a zona elástica (ZE) que termina quando se atinge o deslocamento máximo que o segmento permite para que retorne à posição neutra sem que ocorra danos à amostra. Na ZE, a variação de força tende a ser maior que a variação de deslocamento. A soma dessas duas zonas geradas sob a aplicação de força em cada direção determina a amplitude de movimento (AM), que corresponde ao deslocamento fisiológico máximo (PANJABI, 1992). A alteração desses parâmetros é o que determina a magnitude da estabilidade do segmento (MEIJ et al., 2007).

## REFERÊNCIAS

AMADIO, A. C.; SERRÃO, J. C. Contextualização da biomecânica para a investigação do movimento: fundamentos, métodos e aplicações para análise da técnica esportiva. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.21, p.61-85, 2007.

ARAÚJO, F. P. Aplicação e avaliação do método semiológico das síndromes neurológicas nos cães e gatos atendidos no hospital veterinário da UFRPE. 2010. 74 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência Veterinária) Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE, 2010.

ARAÚJO, B. M.; FIGUEIREDO, M. L.; SILVA, A. C.; FERNANDES, T. H. T.; BONELLI, M. A.; TUDURY, E. A. Lesão iatrogênica meningomedular em um cão submetido à espondilectomia ventral para tratamento de extrusão crônica de disco intervertebral cervical. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 3, p. 649-653, 2013.

ARIAS, M. V. B.; NISHIOKA, C. M.; GARCIA, A. Z.; REIA, A. Z.; BARAÚNA JÚNIOR, D.; MARCASSO, R. A. Avaliação dos resultados clínicos após cirurgia descompressiva em cães com doença do disco intervertebral. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 6, p. 1445-1450, 2007.

BISMUTH, C.; MILLET, M.; FERRAND, F.; CACHON, T.; VIGUIER, E.; CAROZZO, C. Treatment of thoracolumbar leptomenigeal adhesions and subarachnoid cysts associated with chronic disc herniation in 5 dogs. In: 22nd Annual Scientific Meeting – European College of Veterinary Surgeons, 2013, Rome, Italy. **Proceedings of the 22nd Annual Scientific Meeting - ACVS**, p. 251, 2013.

BISMUTH, C.; FERRAND, F.; MILLET, M.; BUTTIN, P.; FAU, D.; CACHON, T.; VIGUIER, E.; ESCRIOU, C. ; CAROZZO, C. Original surgical treatment of thoracolumbar subarachnoid cysts in six chondrodystrophic dogs. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 56, n. 32, p. 1-8, 2014



BÖTTCHER, P.; FLEGEL, T.; BÖTTCHER, I. C.; GREVEL, V.; OECHTERING, G. Case report: Partial lateral corpectomy for ventral extradural thoracic spinal cord compression in a cat. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v.10, p. 291-295, 2008.

BÖTTCHER, P.; FLEGEL, T.H. Partial lateral corpectomy for the treatment of disc protusion in cats and dogs. In: 16th ESVOT Congress, 2012, Bologna, Italy. **Proceedings of the 16th ESVOT Congress**, p. 84-85, 2012.

BRAUND, K. G. Moléstia do disco intervertebral. In: BOJRAB, M. J. **Mecanismos da moléstia na cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Manole, p. 1104-116, 1996.

BRISSON, B.A. Intervertebral disc disease in dogs. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**. v.40, n.5, p. 829–858, 2010.

CAMILLE R.; SAILANT, G.; MAZEL, C. Plating of thoracic, thoracolumbar, and lumbar injuries with pedicle screw plates. **Orthopedic Clinics of North America**. v. 17, n. 1, 147-159, 1986.

CAROZZO, C.; CACHON, T.; GENEVOIS, J. P.; FAU, D.; REMY, D.; DANIAUX, L.; COLLARD, F.; VIGUIER, E. Transiliac approach for exposure of lumbosacral intervertebral disk and foramen: technique description. **Veterinary Surgery**, v. 37, n. 1, p. 27-31, 2008.

CAROZZO, C.; MAITRE, P.; GENEVOIS, J. P.; GABANOU, P. A.; FAU, D.; VIGUIER, E. Endoscope-Assisted Thoracolumbar Lateral Corpectomy. **Veterinary Surgery**, v. 40, n. 6, p. 738-42, 2011.

CASTRO, W.H.; HALM, H.; JEROSCH, J.; MALMS, J.; STEINBECK, J.; BLASIUS, S. Accuracy of pedicle screw placement in lumbar vertebrae. **Spine**, v. 21, p.1320-1324, 1996.

COATES, J. Acute disc disease. In: PLATT, S.; GAROSE, L. **Small animal neurological emergencies**. London: Manson Publishing, p. 399-416, 2012.

COLTER, S. B. Congenital anomalies of the spine. In: BORJAB, M. J. **Disease mechanisms in small animal surgery**. 2. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. p. 950-959.

CORLAZZOLI, D. Tecniche di stabilizzazione spinale: qualcosa di diverso da chiodi, viti e cemento? Spine stabilization techniques: something different from pins, screws and cement? **Congresso Internazionale Scivac**, Marzo 2015, Verona, p. 198-200.

CORSE, M.R.; RENBERG, W. C.; FRIIS, E. A. In vitro evaluation of biomechanical effects of multiple hemilaminectomies on the canine lumbar vertebral column. **American Journal of Veterinary Research**. v. 64, n. 9, p. 1139-45, 2003.

CUDIA, S. P; DUVAL, J. M. Thoracolumbar intervertebral disc disease in large, nonchondrodystrophic dogs: a retrospective study. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v.33, n. 5, p. 456-460, 1997.

DENNY, H. R.; BUTTERWORTH, S. J. **Cirurgia ortopédica em cães e gatos**. 4 ed. São Paulo: Roca, 2006. p. 128-233.

DEWEY, C. W Cirurgia da coluna toracolombar. In: FOSSUM, T. W. **Cirurgia de pequenos animais**. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 1508-1528, 2014.

DEWEY, C. W.; DA COSTA, R. C. Myelopathies: Disorders of the Spinal Cord In: \_\_\_\_\_. **Practical guide to canine and feline neurology** 3. ed. Iowa: Wiley Blackwell, 2016. p. 329-404.

DOWNES, C. J.; GEMMILL, T. J.; GIBBONS, S. E.; MCKEE, W. M. Hemilaminectomy and vertebral stabilisation for the treatment of thoracolumbar disc protrusion in 28 dogs. **Journal of Small Animal Practice**, v. 50, n. 10, p. 525-535, 2009.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 834 p.

EARLY, P.; MENTE, P.; DILLARD, S.; ROE, S. In vitro biomechanical evaluation of internal fixation techniques on the canine lumbosacral junction. **Peer J**; DOI 10.7717/peerj.1094

EVANS, H.E. Arthrology. **In: \_\_\_\_\_**. **Miller's Anatomy of the dog**. Philadelphia: Saunders, 1993. Cap.5. p.219-257.

FAIREN, F. M.; SALA, P.; RAMÍREZ, H.; GIL, J. A prospective randomized study of unilateral versus bilateral instrumented posterolateral lumbar fusion in degenerative spondylolisthesis. **Spine**, V. 32, P. 395-401, 2007.

FERRAND, F. X.; PIERRE MOISSONNIER, P.; FILLEUR, A; CACHON, T.; FAU, D.; VIGUIER, E.; CAROZZO, C. Thoracolumbar partial lateral corpectomy for the treatment of chronic intervertebral disc disease in 107 dogs. **Irish Veterinary Journal**, v. 68, n. 27, 1-7 p, 2015.

FIGUEIREDO, A. V. **Estudo Biomecânico em Coluna Tóraco-Lombar de Cães com Técnicas de Fixação Utilizando Pino e Polimetilmetacrilato, Estabilização Segmentar Modificada, Placa Bloqueada e Clamp Rod Internal Fixation**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013. Dissertação de Mestrado.

FLEGEL, T. Partial lateral corpectomy versus hemilaminectomy in thoracolumbar intervertebral disc disease. In: 17th ESVOT Congress, 2014, Venice, Italy. **Proceedings of the 17th ESVOT Congress**, p. 152-153, 2014.

FLEGEL, T.; BOETTCHER, I. C.; LUDEWIG, E.; OECHTERING, G. BOETTCHER, P. Partial lateral corpectomy: technical experience in 51 dogs. In: American College of Veterinary Surgeons Veterinary Symposium, 2009, Washington, USA. **Proceedings Veterinary Surgeons Veterinary Symposium**, 26 p, 2009.

FLEGEL, T.; BOETTCHER, I. C.; LUDEWIG, E.; KIEFER, I.; BÖTTCHER, P. Partial lateral corpectomy of the thoracolumbar spine in 51 dogs: assessment of slot

morphometry and spinal cord decompression. **Veterinary Surgery**, v.40, p. 14-21, 2011.

GILARDINI, R.. Protrusione discale cronica: sempre il solito dilemma terapeutico? Chronic disc protrusions: the usual therapeutic dilemma still? **Congresso Internazionale Scivac**. Marzo 2015, Verona, p. 189, 196.

HANKIN, E.; JERRAM, R.; WALKER, A.; KING, M.; WARMAN, C. Transarticular facet screw stabilization and dorsal laminectomy in 26 dogs with degenerative lumbosacral stenosis with instability. **Veterinary Surgery**, v. 41, p. 611–619, 2012.

HASEGAWA, T.; INUFUSA, A.; IMAI, Y.; MIKAWA, T.; LIM, T.H.; AN, H.S. Hydroxyapatite-coating of pedicle screws improves resistance against pull-out force in the osteoporotic canine lumbar spine model: A pilot study. **Spine**. V. 5, p. 239-243, 2005.

INNES, J.F.; MELROSE, J. Embryology, Innervation, Morphology, Structure, and Function of the Canine Intervertebral Disc. In: FINGEROTH, J.; THOMAS, W. **Advances in intervertebral disc disease in dogs and cats**. Iowa: Wiley Blackwell, 2015. Cap.1. p.3-7.

JERRAM, R. M.; DEWEY, C.W. Acute thoracolumbar disk extrusion in dogs – Part I. **Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian**, v.21, n.10, p.922-930, 1999.

JOHNSTON, S. A.; TOBIAS, K. M. lumbosacral spine. In: \_\_\_\_\_. **Veterinary surgery**, 2nd. St. Louis: Elsevier Saunders, 476–486, 2011.

KERWIN, S.C.; LEVINE, J.M.; HICKS, D.G. Thoracolumbar Spine. In: TOBIAS, K.M.; JOHNSTON, S.A. **Veterinary Surgery Small Animal**. St. Louis Missouri: Elsevier Saunders 2012, Cap.32. p.449 – 475.

KLOPP, L. S. Doença do disco intervertebral. In: BOJRAB, M. J. **Mecanismos das doenças em cirurgia de pequenos animais**. 3ª ed. São Paulo: Roca, p. 343-363, 2014.

LEAL, L. M.; LIMA, T. B.; MARTINS, L. L.; CIPOLLI, V. M. M. Pediclectomia para tratamento de discopatia toracolombar. **Revista Biotemas**, v.24, n.2, p.103-107, 2011.

LECOUTEUR, R. A.; GRANDY, J. L. Doenças da medula espinhal. In: ETTINGER, S. J. FELDMAN, E. C. **Tratado de medicina interna veterinária: Moléstias do cão e do gato**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, v.1, Cap. 106, p. 664-94.

LEMARIÉ, R. J.; KERWIN, B.P.; PARTINGTON, B. P.; HOSGOOD, G. Vertebral subluxation following ventral cervical decompression in the dog. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 36, n. 2, p. 348-358, 2000.

MACIAS, C.; McKEE W. M.; MAY, C.; INNES, J. F. Thoracolumbar disc disease in large dogs: a study of 99 cases. **The Journal of Small Animal Practice**, v. 43, n. 10, p. 439-446, 2002.

MALIK. Y.; KONAR, M.; WERNICK, M.; HOWARD, J.; FORTERRE, F. Chronic intervertebral disk herniation associated with fused vertebrae treated by vertebral lateral corpectomy in a cat. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v.22, p.170-173, 2009.

MARINHO, P. V. T. **Corpectomia lateral parcial associada à pediclectomia no tratamento de discopatia toracolombar crônica em cães**. 2013. Monografia (Monografia apresentada ao Programa de Aprimoramento Profissional, Área de Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

MARINHO, P.V.T.; ZANI, C.C.; JARK, P.C.; MINTO, B.W.; COSTA, M.T. Partial lateral corpectomy associated with pediclectomy to treat extradural chondroma in a dog: technique description. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.5, p.1323-1328, 2014.

MATTEI, T. A.; MENESES, M. S.; MILANO, J. B.; RAMINA, R. "Free-hand" technique for thoracolumbar pedicle screw instrumentation: Critical appraisal of current "State-of-Art". **Neurology India**, v. 57, n. 6, p. 715-71, 2009.

McKEE, M. Intervertebral disc disease in the dog 1. Pathophysiology and diagnosis. **In Practice**. v.22, n.7, p. 355-369, 2000a.

McKEE, M. Intervertebral disc disease in the dog 1. Management optios. **In Practice**. v.22, n.8, p. 458-471, 2000b.

McKEE, W. M.; DOWNES, C. J. Vertebral stabilization and selective decompression for the management of triple thoracolumbar disc protrusions. **Journal of Small Animal Practice**, v. 49, n. 10, p. 536-539, 2008.

MÉHEUST, P.; MALLET, C.; MAROUZE, C. A new surgical technique for lumbosacral stabilization: arthrodesis using the pedicle screw fixation. Anatomical aspects. **Pratique Médicale et Chirurgicale de l'Animal de Compagnie**. v. 35, p. 193–199, 2000.

MEHEUST, P.; ROBERT, R. Surgical treatment of a hemivertebra by partial ventral corpectomy and fusion in a Labrador puppy. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v.23, p.263-265, 2010.

MEIJ, B.P.; SUWANKONG, N.; VAN DER VEEN, A. J.; HAZEWINKEL, H. A. 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. 742-51, 2007.

MEIJ, B. Lumbosacral stenosis: static or dynamic problem? **Proceedings of the 14th Chulalongkorn University Veterinary Conference CUVC 2015: Responsible for Lives** April 20-22, Bangkok, Thailand, 2015.

MOISSONNIER, P.; MEHEUST, P.; CAROZZO, C. Thoracolumbar Lateral Corpectomy for Treatment of Chronic Disk Herniation: Technique Description and Use in 15 Dogs. **Veterinary Surgery**. v. 33, p. 620–628, 2004.

MUTLU, Z.; DEVECIOGLU, Y.; DEMIRUTKU, A.; AKTAS, M.; ERAVCI, E.; DUZGUN, O. The Use of Polyaxial Pedicle Screw for the Fusion of Lumbar Vertebra in Sheeps. **Journal of Animal and Veterinary Advances**. v. 10, n. 9, p. 1202-1204, 2011

NOGUEIRA, F. M.; MORAIS, D. F.; ADRY, R. A. R. C.; COHEN, M. I.; CHAVES, R. A.; RUFCA, G. F.; TEIXEIRA, M. A. F.; MARTUCCI JUNIOR, S. R. Corpectomia da coluna toracolombar com colocação de *cage* por acesso único via posterior: técnica cirúrgica e resultados de seis pacientes. **Coluna**. v. 10, n. 2, p. 97-101, 2011

OLBY, N; JEFFERY, N. Patogenia das doenças do sistema nervosa central. In: Slatter, D. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Manole, 3 ed, cap. 77, p. 1132-1147, 2007.

REVÉS, N. V.; ALEXANDER BURKI, A.; FERGUSON, S.; GEISSBUHLER, U.; STAHL, C.; BÜRKI, A; FORTERRE, F. Influence of partial lateral corpectomy with and without hemilaminectomy on canine thoracolumbar stability: a biomechanical study. **Veterinary Surgery**, v, 41, n. 2, p. 228-34, 2012.

ROCHA, A. G. MORATO, G. O.; CHUNG, D. G.; PADILHA FILHO, J. G. Corpectomia lateral associada à pediclectomia para tratamento de discopatia toracolombar crônica em cães. Estudo de 27 casos. **Jornal Brasileiro de Ciência Animal**, v.5, n.10, p. 35, 2012.

RUDDLE, T. L.; ALLEN, D. A.; SCHERTEL, E. R.; BARNHART, M. D.; WILSON, E. R.; LINEBERG, J. A.; KLOCKE, N. W.; LEHENBAUER, T. W. Outcome and prognostic factors in non-ambulatory Hansen type I intervertebral disc extrusions: 308 cases. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**. v.19, p.29-34, 2006.

SALGER, F.; ZIEGLER, L.; BÖTTCHER, I. C.; OECHTERING, G.; BÖTTCHER, P.; FLEGEL T. Neurologic outcome after thoracolumbar partial lateral corpectomy for intervertebral disc disease in 72 dogs. **Veterinary Surgery**, v. 43, n. 5, p. 581-8, 2014.

SAULNIER-TROFF, F. G; DE BUSSCHER, V.; MOTTA, L. Improved exposure of the lumbosacral foramen using iliac osteotomy: preliminary results in 6 dogs with severe foraminal stenosis. In: 17th ESVOT Congress, 2014, Venice, Italy. **Proceedings of the 17th ESVOT Congress**, p. 363-364, 2014.

SCHAMALL, R.; ALMEIDA, J. Tratamento cirúrgico das hemivértebras em cães – Proposta de técnica cirúrgica e estudo prospectivo de sete casos. In: 2º Simpósio Internacional de Neurologia Clínica da ABNV, 2016, São Paulo, SP. **Anais do 2º Simpósio Internacional de Neurologia Clínica da ABNV**, p. 29, 2016.

SEARS, W. Posterior lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis: restoration of sagittal balance using insertand rotate interbody spacers. **Spine**, v. 5, p. 170–179, 2005.

SHARP, N. J. H.; WHEELER, S. J. **Transtornos vertebrales de pequenos animales**. 2º ed. Madrid: Elsevier, 2006. 375 p.

SMOLDERS, L. A.; VOORHOUT, G.; HAZEWINKEL, H. A.; MEIJ, B. P. Pedicle Screw-Rod Fixation in Canine Lumbosacral Disease. **Abstracts European Veterinary Conference Voorjaarsdagen**, 2011.

SMOLDERS, L. A.; KINGMA, I; BERGKNUT, N.; VEEN, A. J.; DHERT, W. J. A.; HAZEWINKEL, H. A. W.; DIEËN, J. H.; MEIJ, B. P. Biomechanical assessment of the effects of decompressive surgery in non-chondrodystrophic and chondrodystrophic canine multisegmented lumbar spines. **European Spine Journal**. v. 21, p.1692–1699, 2012.



SMOLDERS, L.A.; FORTERRE, F. Biomechanics of the intervertebral disc and why do discs displace. In: FINGEROTH, J.; THOMAS, W. **Advances in intervertebral disc disease in dogs and cats**. Iowa: Wiley Blackwell, 2015. p.8-13.

SOUZA, G. S. Manipulação cirúrgica da medula espinhal em cães submetidos à hemilaminectomia toracolombar dorsolateral. 2010. 52 f. **Dissertação** (Mestrado em Medicina Veterinária) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

SPRUIT, M.; VAN JONBERGEN, J. P.; DE KLEUVER, M. A concise followup of a previous report: posterior reduction and anterior lumbar interbody fusion in symptomatic low-grade adult isthmic spondylolisthesis. **European Spine Journal**, v. 14, p. 828–832, 2005.

STALIN, C. E. ; PRATT, J. N. J. ; SMITH, P. M. ; JEFFERY, N. D. Thoracic stenosis causing lateral compression of the spinal cord in two immature Dogues de Bordeaux. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 22, n. 1, p. 59-62, 2009.

TELLEGEN, A. R.; WILLEMS, N.; TRYFONIDOU, M. A.; MEIJ, B. P. Pedicle screw-rod fixation: a feasible treatment for dogs with severe degenerative lumbosacral stenosis. **BMC Veterinary Research**, v. 41, n. 6, p. 720-732, 2012.

THOMAS, WB; DE RISIO, L. History, Neurologic Examination, and Neuroanatomic Localization for Spinal Cord and Nerve Root Disease. In: FINGEROTH, J.; THOMAS, W. **Advances in intervertebral disc disease in dogs and cats**. Iowa: Wiley Blackwell, 2015. Cap.10. p.91-106.

TOOMBS, J. T.; WATERS, D. J. Afecção do disco intervertebral. *In*: SLATTER, D. **Manual de cirurgia de pequenos animais**, vol.1. 3ª Ed. São Paulo: Manole, p.1193-1209, 2007.

TUDURY, E. A. **Comparação da abordagem dorsolateral e lateral na região toracolombar, para hemilaminectomia, durotomia e fenestração terapêutica e**

**profilática à protrusão dos discos intervertebrais de cães sadios.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1985. Dissertação de Mestrado.

TUDURY, E. A.; DIOGO, C. C.; ARAÚJO, B. M.; FIGUEIREDO, M. L.; ARIAS, M. V. B. Avaliação da recuperação neurológica de cães com doença do disco intervertebral toracolombar nos quais ocorreu toque ou manipulação da medula espinhal transcirurgicamente. In: **II Congresso MEDVEP de Especialidades Veterinárias**, 2013, Bento Gonçalves. Anais do II Congresso MEDVEP de Especialidades Veterinárias.

VICENTE, F.; BERNARD, F.; FITZPATRICK, D.; MOISSONIER, P. In vitro radiographic characteristics and biomechanical properties of the canine lumbar vertebral motion unit after lateral corpectomy, mini-hemilaminectomy and hemilaminectomy. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**. v. 26, n. 1, p. 19-26, 2013.

WEH, J.; KRAUS, K. 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, p. 775–782, 2007.

WIDMER, W.R.; THRALL, D.E. Canine and feline intervertebral disc disease, myelography, and spinal cord disease. In: THRALL, D.E. **Textbook of veterinary diagnostic radiology**. 4th. St. Louis: Elsevier Saunders, 2002. Cap. 10, p.110-127.

ZEILLER, S. C.; LEE, J.; LIM, M.; VACCARO, A. R. Posterior thoracic segmental pedicle screw instrumentation: Evolving methods of safe and effective placement. **Neurology India**, v. 53, p. 458-465, 2005.

### **3. ARTIGOS CIENTÍFICOS**

3.1 Estudo biomecânico da coluna vertebral de cães da raça Dachshund após corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pedicuclectomia e hemilaminectomia.

3.2 Estudo biomecânico da utilização de parafusos pediculares monoaxiais na estabilização de corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pedicuclectomia e hemilaminectomia, em cães da raça Dachshund.

3.3 Desenvolvimento e avaliação de um dispositivo de ensaios mecânicos de torção para a coluna vertebral de cães.

## **Estudo biomecânico da coluna vertebral de cães da raça Dachshund após corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia<sup>1</sup>**

Bruno Martins Araújo<sup>2</sup>, Durval Baraúna Junior<sup>3</sup>, Nadyne Lorryne Farias Cardoso Rocha<sup>4</sup>, Pedro Henrique Novaes Cardoso<sup>5</sup>, Nelson Cárdenas Oliver<sup>5</sup>, Ieverton Cleiton Correia da Silva<sup>4</sup>, Leonardo Moreira de Oliveira<sup>4</sup> e Eduardo Alberto Tudury<sup>4</sup>

**ABSTRACT.-** Araújo B.M., Baraúna Junior D., Rocha N.L.F.C., Cardoso P.H.N., Oliver N.C., Silva, I.C.C., Oliveira L.M. & Tudury E.A. 2017. **[Biomechanical study of the vertebral column of Dachshund after isolated partial lateral corpectomy and associations with pediclectomy and hemilaminectomy.]** Estudo biomecânico da coluna vertebral de cães da raça Dachshund após corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 00(0):00-00. Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros S/N, Recife, PE 52171-900, Brazil. E-mail: [bmaraujo85@hotmail.com](mailto:bmaraujo85@hotmail.com)

The objective was to compare the techniques of partial lateral corpectomy (PCL), PLC associated with pediclectomy and PLC associated with pediclectomy and hemilaminectomy in 10 Dachshund cadavers, and the level of displacement versus force during the performance of rotational, flexion, extension, lateral flexion and axial compression movements, to establish if there is a significant difference between these techniques in the breed, since it is frequently affected by intervertebral disc disease. In all the analyzes, the means of displacement were smaller in the evaluation before the decompression procedures (Normal), followed with increases of the means of PLC, PLC associated with pediclectomy and after the accomplishment of hemilaminectomy. For the margin of error, significant differences were verified for each of the measures ( $p < 0.05$ ) between the techniques. In the evaluation of the differences between the means of each technique in relation to the evaluation performed before the decompression procedures, the means were smaller with corpectomy, followed by pediclectomy and higher in hemilaminectomy, indicating the increase of means concomitantly with an increase in the number of decompressive procedures associated. In the analysis of force versus displacement curve, there was an increase of the neutral zone in the flexion, lateral flexion and rotation movements after PLC and in the associations with the different decompression techniques. The authors concluded that isolated PLC and association of PLC with pediclectomy did not promote a significant difference in all movements evaluated and could probably be performed with few clinical consequences in Dachshund dogs affected by thoracolumbar extrusion. However, PLC associated with pediclectomy and hemilaminectomy in this type of patients should be performed with caution, due to a significant increase in the range of motion, which could lead to short or long term vertebral instability. Therefore, if this association were necessary, it would be recommended, as a precaution, that some vertebral stabilization technique should be applied jointly.

INDEX TERMS: Nervous system, vertebral column, intervertebral disc, disc extrusion.

<sup>1</sup> Recebido em .....

Aceito para publicação em .....

<sup>2</sup> Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros S/N, Recife, PE 52171-900, Brasil. Pesquisa de doutorado com apoio Capes. \* Autor para correspondência: [bmaraujo85@hotmail.com](mailto:bmaraujo85@hotmail.com).

<sup>3</sup> Colegiado de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

<sup>4</sup> Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

<sup>5</sup> Colegiado de Engenharia Mecânica, UNIVASF.

**RESUMO.-** Objetivou-se comparar, entre si, em 10 cadáveres de cães da raça Dachshund, as técnicas de corpectomia lateral parcial (CLP), CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia, verificando-se o nível de deslocamento versus força durante a realização dos movimentos de rotação, flexão, extensão, flexão lateral e compressão axial, para estabelecer se há diferença significantes entre estas técnicas na referida raça, a qual é frequentemente acometida por doença do disco intervertebral. Em todas as análises, as médias do deslocamento foram menores na avaliação antes dos procedimentos descompressivos (Normal), seguidas com acréscimos das médias da CLP, CLP associada à pediclectomia e após a realização da hemilaminectomia. Para a margem de erro fixada, se comprovou diferenças significantes para cada uma das medidas ( $p < 0,05$ ) entre as técnicas. Na avaliação das diferenças entre as médias de cada

técnica em relação à avaliação realizada antes dos procedimentos descompressivos, as médias foram menores com a corpectomia, seguidas da CLP associada à pediclectomia e mais elevada na associação da CLP e pediclectomia com a hemilaminectomia, indicando o aumento das médias concomitantemente com aumento do número de procedimentos descompressivos associados. Nas análises da curva de força versus deslocamento, houve aumento da zona neutra nos movimentos de flexão, flexão lateral e rotação após a realização da CLP e nas associações com as diferentes técnicas descompressivas. Os autores concluíram que a CLP isolada e a associação de CLP com pediclectomia não promoveu diferença significativa em todos os movimentos avaliados e poderiam provavelmente ser realizadas com poucas consequências clínicas nos cães da raça Dachshund acometidos por discopatia na região lombar. No entanto, a CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia nesse tipo de pacientes deve ser realizada com cautela, devido ao aumento significativo na amplitude do movimento, que poderia vir gerar instabilidade vertebral variável, em curto ou longo prazo. Portanto, se essa associação for necessária, recomendar-se, por precaução, que seja aplicada conjuntamente alguma técnica de estabilização vertebral.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: Sistema nervoso, coluna vertebral, disco intervertebral, hérnia de disco.

### INTRODUÇÃO

A doença do disco intervertebral (DDIV) é um dos distúrbios neurológicos mais comumente diagnosticado em cães. É uma afecção ocasionada pela degeneração dos discos intervertebrais, produzindo extrusão/protrusão, compressão da medula espinal e/ou radicular, cuja apresentação clássica é de graus variáveis de hiperpatia vertebral, paraparesia ou paraplegia com ou sem perda de nocicepção (Denny 2006, Toombs & Waters 2007, Dewey 2014, Klopp 2014).

A DDIV ocorre principalmente em raças condrodistróficas, sendo mais frequente na raça Dachshund, que têm cerca de dez vezes mais riscos que todas as outras raças combinadas (Dewey, 2014). A idade média de aparecimento varia de três a sete anos e os sinais podem ser rapidamente progressivos, lentamente progressivos, permanecer estático, não progredir ou desaparecer e recidivar (Braund 1996, Denny 2006, Toombs & Waters 2007, Coates 2012, Dewey 2014).

O tratamento cirúrgico é baseado na descompressão da medula espinal por meio de uma abertura criada em direção ao canal vertebral para remoção do material de disco herniado, no qual o sucesso do procedimento depende principalmente, da remoção do material de disco, com mínima manipulação espinal. Diversas técnicas foram desenvolvidas com esse objetivo e incluem a laminectomia, hemilaminectomia, pediclectomia, foraminotomia e mais recentemente, a corpectomia lateral parcial (CLP) (Braund 1996, Moissonier et al. 2004, Salger et al. 2014).

A hemilaminectomia e a pediclectomia são técnicas mais comumente utilizadas para DDIV toracolombar, pois permitem exposição da região ventral e ventrolateral do canal vertebral, porém têm acesso limitado ao assoalho do canal vertebral, podendo promover a remoção incompleta do material discal quando o mesmo apresenta aderências e assume uma posição ventral à medula espinal (McKee 2000 Vicente et al. 2013).

Extrusões rápidas e agudas tendem a ser mais prejudiciais do que as extrusões lentas. Nas lesões subagudas ou crônicas, a resposta inflamatória contribui com expressivo componente fibroso nessa massa compressiva, sendo comuns as aderências à dura-máter e ao seio venoso. Nestes casos, a remoção de disco é tecnicamente exigente, devido a essas aderências (Toombs & Waters 2007, Dewey 2014). Isso leva frequentemente à remoção incompleta do material de disco ou ocasiona um risco elevado de trauma meningo medular iatrogênico, podendo conduzir à deterioração neurológica pós-operatória (Araújo et al. 2013).

A CLP foi desenvolvida para minimizar o problema do traumatismo adicional à medula espinal nas discopatias crônicas. Consiste na criação de um sulco lateral abrangendo dois corpos vertebrais adjacentes ao disco intervertebral afetado, para permitir acesso ao assoalho do canal vertebral e remoção do material discal endurecido e aderido ao mesmo, com mínimo trauma meningomedular iatrogênico (Moissonier et al. 2004).

Flegel et al. (2009) relatam que devido a dificuldade de técnica, a CLP é um procedimento desafiador. Rocha et al. (2012) relataram que a maior desvantagem dessa técnica é a baixa visualização das estruturas anatômicas que guiam o cirurgião e o acesso restrito ao canal vertebral. Desta forma, alguns autores associaram a CLP com outras técnicas descompressivas como a pediclectomia e hemilaminectomia para contornar esses problemas (Rocha et al. 2012, Marinho 2013, Marinho et al. 2014, Ferrand et al. 2015).

Rocha et al. (2012) e Marinho (2013) relataram excelentes resultados no tratamento de discopatia toracolombar crônica por meio da associação de CLP e pediclectomia. A associação das técnicas permitiu a remoção do material discal com ótima visualização do assoalho do canal vertebral, mínima manipulação medular e ainda facilitou a execução da corpectomia lateral com menor chance de erros durante a execução. No entanto, Ferrand et al. (2015) descreveram complicações relacionadas à instabilidade vertebral no pós-cirúrgico quando se associou a CLP com outras técnicas descompressivas.

Revés et al. (2012) observaram aumentos estatisticamente significantes na amplitude de movimento durante a flexão/extensão e flexão lateral, quando a CLP foi realizada em cadáveres de cães não condrodistróficos, apesar desta doença ser prevalente nos Dachshunds. Vicente et al. (2013) concluíram que a instabilidade vertebral observada na associação entre CLP e pediclectomia também estudada em cães não condrodistróficos, não é significativamente diferente da CLP sozinha. Combinando a CLP com a hemilaminectomia, o grau de desestabilização é mais significativo quando comparada a CLP sozinha e induz um colapso intervertebral permanente. Revés et al. (2012) concluíram com os resultados de estudo em combinação com dados clínicos prévios, que a estabilização vertebral não é necessária em cães submetidos apenas a CLP, enquanto Vicente et al. (2013) não recomendam combinar CLP e hemilaminectomia sem estabilização vertebral adicional.

Desta forma, levou-se ao interesse de realizar este trabalho, visando um estudo *ex vivo* em cães da raça Dachshund, comparando entre si as técnicas de CLP isolada, associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia, para determinação do nível de deformação versus força, visando estabelecer se há diferença significativa entre elas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Aspectos éticos e de biossegurança

Todos os procedimentos realizados foram previamente submetidos à Comissão de Ética no uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) por meio do protocolo: 23082.025978/2014 e efetuados de acordo com os preceitos éticos estabelecidos para os animais de experimentação, tendo sua aprovação liberada pela licença nº 133/2015.

### Animais

Para o experimento, foram utilizados dez cadáveres caninos, da raça Dachshund, sem limitações quanto ao sexo, entre 4 e 12 anos, pesando entre oito e 12 kg, oriundos do Hospital Veterinário Universitário da UFRPE, que tiveram óbito por causas diversas (não relacionadas a esta investigação) e sem sinais clínicos e tomográficos de disfunção neurológica na região toracolombar. Os dados foram obtidos por meio de histórico clínico e realização de exame tomográfico *post-mortem* dos segmentos torácico e lombar da coluna vertebral.

### Obtenção e preservação dos espécimes

Cada coluna foi coletada dos animais selecionados, após o óbito. Foram removidos os segmentos torácicos e lombares (T<sub>1</sub>-L<sub>7</sub>) em bloco único, com as costelas e musculatura paravertebral circundante intacta, objetivando preservar as cápsulas articulares e ligamentos vertebrais. Foram envoltos em compressa umedecida com solução salina a 0,9 %<sup>1</sup>, acondicionada em saco plástico, identificadas e armazenada em um freezer a -20°C até a realização dos testes.

### Avaliação radiográfica dos espécimes

Previamente às análises biomecânicas, os espécimes foram avaliados e selecionados por meio da realização de tomografia computadorizada (TC) (Tomógrafo Helicoidal GE High Speed FXi, utilizando-se a técnica de 120 Kv e 160 mA, filtros para tecido ósseo e cortes com 2 mm de espessura) de cada segmento da coluna vertebral, para descartar má-formação vertebral, alterações degenerativas ou de densidade óssea que poderiam comprometer a estabilidade da coluna vertebral durante os ensaios mecânicos. Foram realizadas as mensurações das dimensões dos corpos vertebrais de L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub> (comprimento, largura e altura), em milímetros, para realização dos procedimentos cirúrgicos descompressivos. As medidas da densidade vertebral foram analisadas na região do osso esponjoso do corpo das vértebras L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>. As imagens foram digitalizadas e processadas pelo programa Osirix<sup>®2</sup> e examinadas por um profissional com experiência em Radiologia Veterinária.

Para estabelecer os tamanhos das corpectomias, foram mensuradas as dimensões (comprimento, largura e altura) dos corpos vertebrais de L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>. Para o comprimento, foi estabelecida a distância desde o limite cranial e caudal das placas terminais vertebrais, no aspecto

<sup>1</sup> Cloreto de sódio 0,9% 500 mL. Fresenius Kabi Brasil Ltda. Barueri – SP.

<sup>2</sup> OsiriX imaging Software<sup>®</sup> 2010. The OsiriX Development Team – Los Angeles.

dorsal das vértebras, em corte sagital. A largura foi determinada em corte transversal, desde o limite lateral direito e esquerdo da vértebra, no aspecto dorsal do corpo vertebral. Para cálculo da altura, foi mensurada a distância, em corte sagital, entre os limites dorsal e ventral, no centro do corpo vertebral (figura 1).

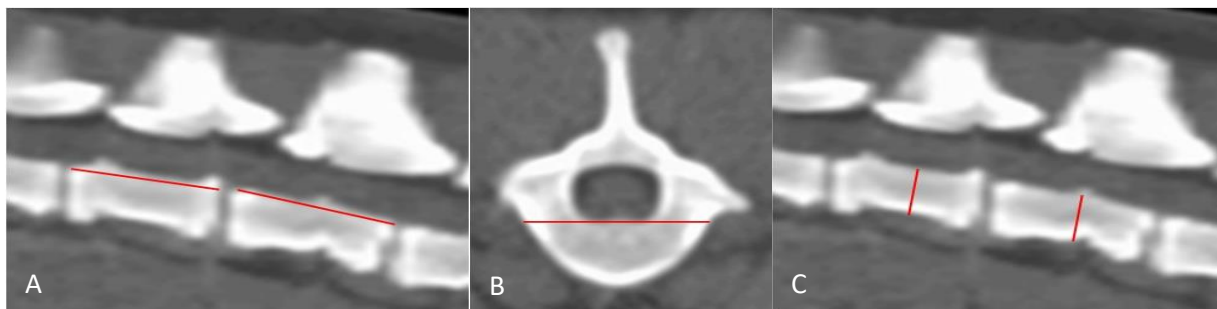


Figura 1: Imagens de TC representativas dos locais de mensuração (linhas vermelhas) das dimensões dos corpos vertebrais para realização da CLP. A- comprimento, B - largura e C- altura.

### Preparação dos espécimes para a análise biomecânica

No dia anterior aos testes, os espécimes foram transferidos e armazenados em um refrigerador entre 0 e 4°C para descongelar. Doze horas antes dos testes, foi realizada a preparação dos espécimes para o acoplamento no aparelho de ensaios mecânicos. Para a preparação, foi realizada a desarticulação das vértebras, deixando unidos os segmentos L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>. As superfícies ósseas foram limpas, removendo-se a musculatura paravertebral, mantendo-se intacta as cápsulas articulares e ligamentos espiniais.

Foram aplicados fios de Kirschner de 1,5 mm de diâmetro nos processos articulares craniais e caudais de L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub> para promover uma fixação parcial dessas vértebras. Em seguida fios de Kirschner de 1,5 mm foram inseridos de forma cruzada da placa terminal vertebral cranial de L<sub>2</sub> para caudal de L<sub>1</sub> e de caudal de L<sub>3</sub> para cranial de L<sub>4</sub> para manter unidas as vértebras, permitindo desta forma apenas a movimentação dos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>.

As vértebras foram centralizadas em um tubo de PVC de 75 mm de espessura por 50 mm de comprimento e fixadas por meio de pinos de Steinmann de 2 mm de diâmetro, inseridos de forma perpendicular na direção ventro-dorsal nas placas terminais cranial de L<sub>2</sub> e caudal de L<sub>3</sub> e no centro do corpo de L<sub>1</sub> e L<sub>4</sub>. Por fim, foi inserido outro pino de mesmo tamanho da lateral direita da placa terminal, no limite cranial e caudal de L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>, respectivamente. Foram inseridos adicionalmente parafusos auto-atarraxantes de aço 304 de 3,5 x 22 mm nos processos espinhosos de L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub> para melhorar a fixação à resina acrílica. Foi aberta uma janela no lado esquerdo do cano de PVC, se estendendo do processo articular até o transversal para facilitar a realização dos procedimentos descompressivos. Em seguida, os canos foram preenchidos com resina acrílica de polimetilmetacrilato<sup>3</sup> na fase arenosa até a polimerização final. Durante a polimerização, o conjunto foi imerso em recipiente contendo água em temperatura ambiente para diminuir o dano ao espécime pela reação exotérmica. Em seguida, foram identificados os aspectos cranial e caudal, dorsal e ventral e lateral direito e esquerdo dos espécimes. Durante a preparação, as vértebras foram constantemente imersas em solução salina de NaCl 0,9 % refrigerada entre 0 e 4°C para evitar ressecamento das estruturas. Após a preparação, o conjunto foi mantido imerso em solução salina de NaCl 0,9% refrigerada entre 0 e 4°C até ser acoplado à máquina de ensaio biomecânicos para realização dos testes.

### Análise biomecânica

#### Protocolo de realização dos testes biomecânicos

As análises biomecânicas foram realizadas nos segmentos vertebrais L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> desses cães, no Laboratório de ensaios mecânicos do Colegiado de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

Os ensaios biomecânicos foram realizados na máquina universal de ensaios (MUE) EMIC<sup>4</sup>. A MUE possui uma interface com o software Tesc<sup>®5</sup> que permite a coleta e análise de dados referentes à velocidade, carga e deformação do material.

<sup>3</sup> Resina Acrílica Autopolimerizável Vipi Flash Pó e líquido. VIPI Produtos Odontológicos – Pirassununga – SP.

<sup>4</sup> Máquina de ensaios EMIC DL – 5000/10000- EMIC equipamentos e sistemas de ensaios Ltda. São José dos Pinhais – PR.

Os ensaios realizados foram de compressão axial, flexão lateral direita e esquerda, flexão/extensão e de rotação direita e esquerda, sendo a ordem dos testes realizada de maneira aleatória, com um ciclo de movimento em cada teste. Estes foram realizados até um valor dentro do limite da fase elástica dos segmentos com o controle de medidas de força e velocidade obtidos em teste piloto. Durante todo o ensaio, as curvas força versus deslocamento foram observadas para detectar quaisquer sinais de dano da amostra, isto é, uma diminuição súbita da força ou momento. Os valores das médias de compressão, flexão, extensão e flexão lateral foram obtidos em milímetros, enquanto que os de rotação, em graus.

Os segmentos vertebrais dos cadáveres foram submetidos à sequência de ensaios biomecânicos, inicialmente sem osteotomia, para se obter os índices de normalidade nos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>, sendo este o grupo controle. Em seguida, nos mesmos espécimes, foi realizada a técnica de corpectomia lateral parcial em L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> no lado esquerdo e realizado novos ensaios biomecânicos para avaliar o efeito dessa técnica na estabilidade vertebral.

Após a primeira etapa de avaliações, foi realizada a técnica de pediclectomia esquerda nos segmentos vertebrais L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>, previamente submetidos à CLP, sendo efetuadas novas análises biomecânicas.

Por fim, a pediclectomia foi associada à hemilaminectomia do mesmo lado e foram mais uma vez realizados os mesmos testes biomecânicos. Os limites das janelas dos procedimentos descompressivos estão expostos na figura 2

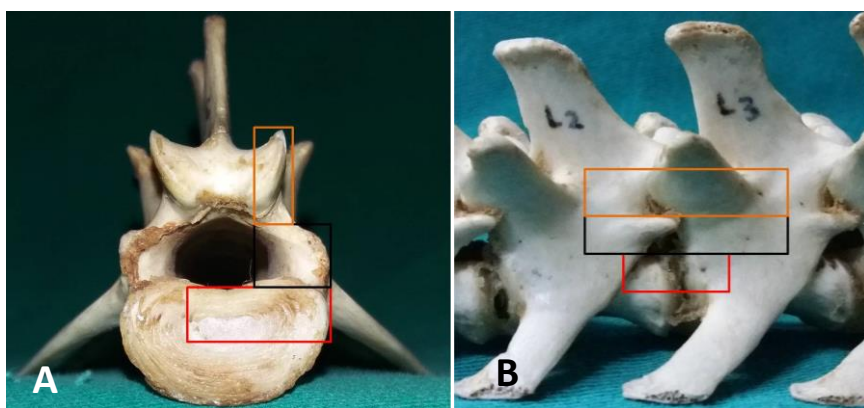


Figura 2: Imagens das vértebras L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> em vista transversal (A) e lateral esquerda (B), demonstrando os limites das janelas para os diferentes procedimentos descompressivos. Linha vermelha: corpectomia lateral parcial, Linha preta: pediclectomia, linha laranja: hemilaminectomia.

Durante a realização dos testes e dos procedimentos descompressivos, as amostras foram mantidas imersas e constantemente borrifadas com solução salina de NaCl 0,9 % refrigerada, para evitar ressecamento do disco intervertebral e das estruturas adjacentes.

Para os ensaios de compressão, as forças de limites de carga foram de 200 Newtons (N) e de velocidade de 0,1 mm/s, com pré-carga de 30 N. Nos testes de flexão lateral direita e esquerda, flexão e extensão, as forças de limites de carga foram de 50 N e de velocidade de 0,1 mm/s, com pré-carga de 1 N. Para os ensaios de torção direita e esquerda, as forças de limites de carga foram de 2 Nm e de velocidade de 1°/s, com pré-carga de 1 N.

Os limites de força e de velocidade se basearam nos protocolos de Revés et al. (2011) e Vicente et al. (2013) e em teste biomecânico piloto para confirmação de que esse valor não ultrapassava a fase elástica do osso, não sendo os dados incluídos no resultado das análises.

Os ensaios de torção foram realizados em um dispositivo fabricado e montado nos laboratórios de Usinagem e Ensaio de Materiais do colegiado de Engenharia Mecânica da UNIVASF (Cardoso, 2016). O dispositivo foi projetado para ser acoplado à MEU DL 10000 EMIC (figura 3).



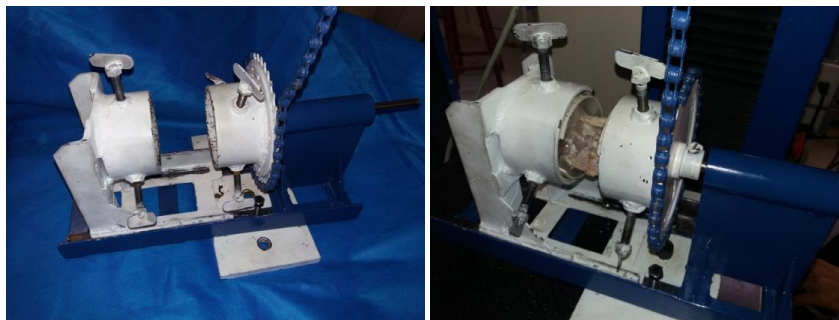


Figura 3: Aparelho utilizado nos ensaios de torção (Cardoso, 2016).

### **Procedimentos descompressivos.**

#### **Corpectomia Lateral Parcial**

A técnica de corpectomia foi realizada de acordo com o descrito por Moissonnier et al (2004). A janela foi centralizado no espaço do disco intervertebral. Inicialmente foi realizada a fenestração do disco no lado esquerdo removendo-se todo o anulo fibroso nas delimitações da CLP. Em seguida, foi removido o núcleo pulposo com uma cureta. As dimensões do slot foram de 1/4 do comprimento do corpo da vértebra cranial em sentido caudo-cranial, 1/4 do comprimento do corpo da vértebra caudal em sentido crânio-caudal, 2/3 da largura do corpo vertebral e 1/2 da altura (medidas do slot obtidas individualmente por meio de mensurações por TC). A CLP foi realizada com auxílio de uma microrretífica de alta velocidade<sup>6</sup> e broca odontológica Nº 11<sup>7</sup>.

#### **Pediclectomia**

Para realização da pediclectomia, foi utilizada a técnica descrita por Sharp & Wheeler (2006), onde o processo acessório esquerdo foi removido com auxílio de pinça goiva Ruskin. Em seguida, a CLP realizada anteriormente foi estendida dorsalmente até o nível da base dos processos articulares de L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> (que permaneceram intactos), removendo-se o osso cortical externo e esponjoso usando a mesma microrretífica e broca odontológica. Em seguida, removeu-se o osso cortical interno com a pinça de Kerrinson de 2 mm.

#### **Hemilaminectomia**

Os processos articulares esquerdos de L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> foram removidos usando uma pinça goiva Luer de dupla articulação. A janela realizada anteriormente (CLP mais pediclectomia) foi estendida dorsalmente com os mesmos equipamentos e instrumentais utilizados nas etapas anteriores. As margens dorsais das facetas articulares foram usadas como o marco para o limite dorsal da hemilaminectomia, permanecendo a porção das lâminas onde os processos espinhosos se originam. A fim de padronizar os procedimentos descompressivos e evitar variações na técnica, estes foram realizadas pelo mesmo profissional.

Os valores de limite de força e determinação da pré-carga e os valores de força e deformação de cada ensaio mecânico foram controlados e coletados por um membro do laboratório de ensaios de materiais, por meio do aparelho de ensaio mecânico que regula os dados referentes ao tempo, carga e deformação do material, utilizando o software Tesc<sup>®8</sup>, o qual permitiu a coleta e análise computadorizada instantânea dos referidos dados.

Na análise biomecânica, foi verificado o valor de deformação vertebral comparando a vértebra intacta (valor de normalidade), submetida à corpectomia lateral parcial, corpectomia associada à pediclectomia e corpectomia associada à pediclectomia e hemilaminectomia nos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> da coluna vertebral.

Os dados coletados na referida análise foram armazenados em fichas individuais e registrados automaticamente em sistema operacional. Após o término do trabalho as variáveis foram analisadas. Verificou-se a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilks. Aqueles com distribuição normal foram analisados por meio da ANOVA para medidas repetidas e post-hoc de Bonferoni, enquanto aqueles que apresentaram distribuição não-paramétrica foram analisados por meio do Teste de Friedman para dados pareados, ao nível de 5 % de significância. Na avaliação das diferenças entre as técnicas, foram medidos os valores após a realização das técnicas descompressivas menos o valor de normalidade. As análises foram realizadas no programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 23.

<sup>6</sup> Dremel 3000 com eixo flexível -

<sup>7</sup> Broca Aço CA / Nº 11 - Jota Quimidrol - Joinville | SC.

<sup>8</sup> Software TESC<sup>®</sup> - Instron<sup>®</sup> Brasil equipamentos científicos Ltda. São José dos Pinhais / PR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as avaliações, os valores médios do deslocamento foram menores na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos, seguidos das médias na corpectomia, corpectomia associada à pediclectomia e da corpectomia associada à pediclectomia e hemilaminectomia, como demonstrado no quadro 1 e figura 4. Para a margem de erro fixada, se comprova diferenças significantes entre as técnicas para cada uma das medidas ( $p < 0,05$ ).

Quadro 1 - Estatísticas das medidas do deslocamento vertebral na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos (normal), seguidas das médias após a realização da corpectomia, CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia.

Variável	Técnica				Valor de p
	Antes (Normal)	Corpectomia	Corpectomia + Pediclectomia	Corpectomia + Pediclectomia + Hemilaminectomia	
	Média ± DP (Mediana)	Média ± DP (Mediana)	Média ± DP (Mediana)	Média ± DP (Mediana)	
Compressão	0,53 ± 0,14 (0,47) <sup>(A)</sup>	0,58 ± 0,14 (0,56) <sup>(A)</sup>	0,60 ± 0,14 (0,57) <sup>(AB)</sup>	0,69 ± 0,16 (0,65) <sup>(B)</sup>	$p^{(1)} < 0,001^*$
Rotação direita	2,07 ± 1,13 (1,60) <sup>(A)</sup>	2,41 ± 0,93 (2,09) <sup>(B)</sup>	2,73 ± 0,97 (2,33) <sup>(C)</sup>	6,07 ± 2,00 (5,89) <sup>(D)</sup>	$p^{(2)} < 0,001^*$
Rotação esquerda	1,93 ± 0,96 (1,73) <sup>(A)</sup>	2,28 ± 0,88 (2,21) <sup>(AB)</sup>	2,63 ± 1,02 (2,54) <sup>(B)</sup>	3,37 ± 1,27 (3,28) <sup>(C)</sup>	$p^{(2)} < 0,001^*$
Flexão	11,45 ± 1,93 (11,13) <sup>(A)</sup>	13,24 ± 1,91 (13,40) <sup>(B)</sup>	14,52 ± 2,40 (13,64) <sup>(C)</sup>	16,96 ± 3,53 (15,89) <sup>(D)</sup>	$p^{(2)} < 0,001^*$
Extensão	11,04 ± 1,77 (10,23) <sup>(A)</sup>	12,75 ± 1,59 (12,38) <sup>(B)</sup>	13,44 ± 1,72 (13,49) <sup>(BC)</sup>	16,31 ± 2,15 (15,87) <sup>(C)</sup>	$p^{(1)} < 0,001^*$
Flexão lateral direita	15,87 ± 2,48 (15,77) <sup>(A)</sup>	18,02 ± 1,65 (18,28) <sup>(B)</sup>	20,74 ± 2,67 (19,89) <sup>(B)</sup>	23,61 ± 3,34 (23,51) <sup>(C)</sup>	$p^{(1)} < 0,001^*$
Flexão lateral esquerda	15,30 ± 1,72 (15,48) <sup>(A)</sup>	16,90 ± 1,00 (16,77) <sup>(B)</sup>	18,58 ± 1,51 (18,51) <sup>(C)</sup>	20,67 ± 2,85 (19,75) <sup>(D)</sup>	$p^{(1)} < 0,001^*$

(\*): Diferença significativa ao nível de 5,0%.

(1): Através do teste F(ANOVA) para medidas repetidas com comparações pareadas de Bonferroni.

(2): Através do teste Friedman com comparações pareadas do referido teste.

Obs.: Se todas as letras entre parênteses são distintas, comprova-se diferença significativa entre as técnicas correspondentes.

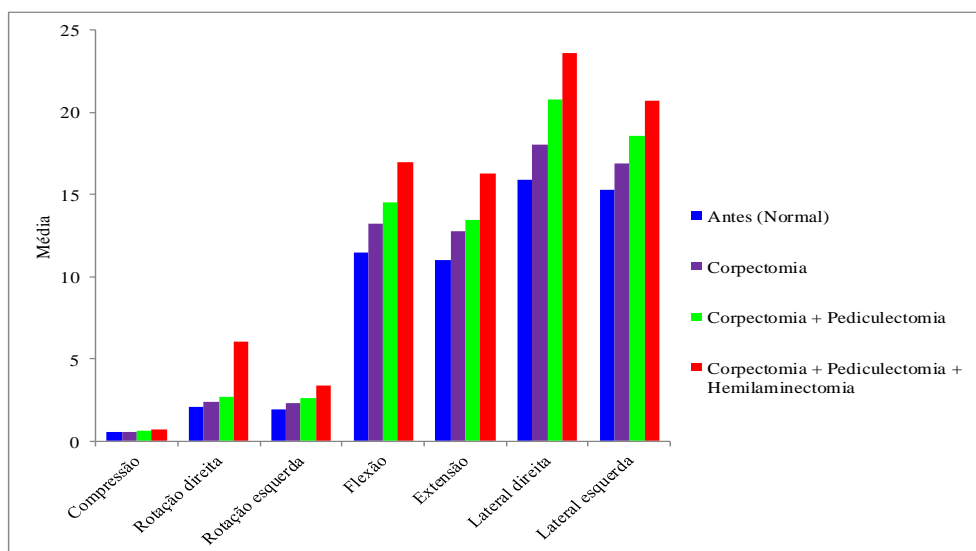


Figura 4 - Médias do deslocamento vertebral antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia.

Na análise das médias das diferenças entre as técnicas, verificaram-se menores valores para corpectomia, seguida da pediclectomia e mais elevada na hemilaminectomia. Isto indica o aumento da amplitude de movimento em decorrência do aumento do número de procedimentos descompressivos associados (quadro 2).

Quadro 2 – Média das diferenças de cada técnica para a situação normal (antes da realização das técnicas descompressivas) e após a realização da corpectomia, CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia.

Variável	Corpectomia - Normal	Corpectomia com Pediclectomia - Normal	Corpectomia com Pediclectomia e Hemilaminectomia - Normal
<b>Compressão</b>	0,05	0,07	0,16
<b>Rotação direita</b>	0,34	0,66	4,00
<b>Rotação esquerda</b>	0,35	0,70	1,44
<b>Flexão</b>	1,79	3,08	5,52
<b>Extensão</b>	1,71	2,40	5,28
<b>Lateral direita</b>	2,15	4,87	7,74
<b>Lateral esquerda</b>	1,61	3,29	5,38

Os dados obtidos no presente experimento (quadros 1 e 2) confirmaram a hipótese de que o incremento na associação de técnicas descompressivas aumenta o grau de deslocamento dos segmentos da coluna vertebral e a zona neutra nas curvas de deslocamento durante a realização dos movimentos de compressão axial, flexão e extensão, flexão lateral e rotação direita e esquerda, corroborando os resultados descritos anteriormente por Revés et al. (2012) e Vicente et al. (2013) que analisaram a influência da CLP e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia, em cães não condrodistróficos e obtiveram aumento progressivo do deslocamento vertebral e da zona neutra depois de todos os procedimentos descompressivos realizados em comparação com as amostras intactas.

Os dados referentes à compressão axial deste trabalho foram semelhantes aos encontrados por Vicente et al. (2013), que descreveram que quando a compressão axial foi aplicada na coluna vertebral, foi observado colapso progressivo depois de todos os procedimentos descompressivos realizados em comparação com amostras intactas.

Segundo Vicente et al. (2013), estes achados enfatizam a importância de se realizar o procedimento de fenestração completa do disco no momento da realização da CLP, principalmente quando associada à hemilaminectomia, pois a coluna vertebral dos cães é constantemente submetida a forças de compressão axial. De acordo com Forterre et al. (2008), o aumento da pressão e do colapso do espaço intervertebral leva a uma maior probabilidade de extrusão do material de disco no canal vertebral.

Na comparação entre extensão e flexão vertebral, observaram-se valores de deslocamento maiores para as médias da flexão em comparação com as da extensão. Também houve diferença estatística entre todas as técnicas nesta variável, diferentemente ao que ocorreu na extensão. Desta forma, os valores maiores na flexão vertebral pode ter ocorrido devido à remoção de parte do aspecto dorsal do corpo vertebral junto com o ligamento longitudinal dorsal que contribuiu com a falta de inibição de movimento dos corpos vertebrais quando esses se afastavam dorsalmente durante o movimento de flexão vertebral.

Na avaliação da zona neutra dos movimentos de rotação direita e esquerda, o comportamento das curvas foi em geral semelhante entre a vértebra intacta, após a realização da CLP e na associação com a pediclectomia, mas aumentou após a associação com a hemilaminectomia, provavelmente devido a influência da remoção unilateral dos processos articulares no movimento de rotação vertebral, onde esta ressecção levou a menor resistência na movimentação devido à falta de inibição do movimento durante a rotação vertebral. Esse dado corrobora as informações de Dyce et al. (2010) e Klopp (2014), quando mencionaram que as facetes articulares influenciariam mais na rotação do que na flexão lateral, extensão e flexão. Segundo os mesmos autores, os processos articulares possuem a importante função de manutenção da estabilidade vertebral durante a rotação e flexão desta e que tendem a resistir melhor às forças torcionais.

Nos movimentos de flexão lateral e rotação, em que foram avaliados os lados direito e esquerdo, as médias foram mais elevadas no lado direito do que esquerdo em ambos os movimentos. No entanto, só houve diferença significativa entre as técnicas quando foi realizada a

associação de CLP com pediclectomia e hemilaminectomia em comparação com as demais (quadro 1).

As diferenças entre os lados na flexão lateral foram semelhantes aos relatados por Vicente et al. (2013), no qual houve um aumento na amplitude de movimento na flexão lateral direita em relação à esquerda na avaliação após a realização da CLP em relação a vértebra normal de 19% para direita e 18% para a esquerda. Neste trabalho houve aumento, com valores inferiores aos de Vicente et al. (2013), de 13,5 % para direita e 10,4 % para esquerda. Na associação com a pediclectomia, Vicente et al. (2013) obtiveram um aumento de 16 % na amplitude de movimento para direita contra 13 % para o lado esquerdo, sendo que neste trabalho essa diferença foi superior, com valores 30,6 % maiores que o normal para direita e 21,43 % para esquerda. Porém, ao se acrescentar a hemilaminectomia, Vicente et al. (2013) observaram diferença de amplitude de 41 % para a esquerda e de 31 % para a direita quando comparada com a vértebra intacta, sendo este último achado diferente aos encontrados no presente trabalho que continuou tendo aumento progressivo do lado direito (48,7 %) em relação ao lado esquerdo (35,09 %).

Provavelmente os maiores valores da média na rotação e flexão lateral direita em relação ao lado esquerdo, principalmente na rotação direita, é justificado devido à falta de inibição criada pela remoção de parte do corpo vertebral, pedículos e principalmente após a remoção dos processos articulares cranial e caudal esquerdos (com diferença estatística) do lado contralateral à força que foi aplicada, que atuaria como um limitador de afastamento das estruturas ósseas do lado oposto. Essa justificativa também explica o fato de ter ocorrido diferença significativa em todos os movimentos na rotação do lado direito e não ter ocorrido na rotação esquerda. Esse aumento significativo quando se associou a hemilaminectomia é justificado pelas afirmações de Dyce et al. (2010) e Klopp (2014) descritos anteriormente sobre a importância dos processos articulares na manutenção da estabilidade vertebral durante a rotação e flexão.

A observação do aumento da zona neutra nos movimentos de flexão, extensão, flexão lateral e rotação, conforme se realizava a CLP e a associação das técnicas descompressivas, principalmente após a realização da hemilaminectomia nos movimentos de rotação, sugere aumento do grau de instabilidade vertebral. De acordo com Panjabi (1992), a zona neutra se trata de uma área de pequena amplitude de deslocamento semelhante à posição neutra da articulação, onde estruturas osteoligamentares oferecem resistência mínima. O mesmo autor sugeriu em vários estudos *in vitro*, biomecânicos, clínicos e simulações matemáticas que a zona neutra é um parâmetro que se correlaciona bem com outros parâmetros indicativos de instabilidade vertebral, onde se verificou que aumentam com a lesão vertebral e processo degenerativo.

Em seus estudos Panjabi (1992) e Revés et al. (2012), verificaram que a zona neutra foi uma medida clinicamente importante na determinação da estabilidade espinal, conforme pode ser extrapolado para este estudo, quando se observou que conforme se realizava a CLP e se associava as técnicas descompressivas, ocorria aumento da zona neutra nos movimentos de flexão lateral e principalmente, após a realização da hemilaminectomia nos movimentos de rotação, sugerindo aumento da instabilidade vertebral, com menor tensão acima das estruturas osteoligamentares remanescentes.

Ao comparar os principais dados de deslocamentos vertebrais entre vértebras intactas e submetidas à CLP e quando se associou a pediclectomia e hemilaminectomia, os resultados foram semelhantes entre cães da raça Dachshund e cães não condrodistróficos de outros estudos, pois Revés et al. (2012) observaram aumentos estatisticamente significantes na amplitude de movimento durante a flexão/extensão e flexão lateral direita e esquerda, quando a CLP foi realizada. Vicente et al. (2013) concluíram que a instabilidade vertebral observada na associação entre CLP e pediclectomia em cães não condrodistróficos não é significativamente diferente da CLP sozinha em todos os movimentos, sendo que no presente trabalho também não foi observado diferença entre essa associação quando se analisou a compressão, rotação esquerda, extensão e flexão lateral direita. Combinando a CLP com a hemilaminectomia, os resultados desta investigação foram semelhantes aos de Revés et al. (2012), que concluíram que o grau de desestabilização foi mais significativo quando comparada a CLP sozinha em todos os movimentos avaliados.

Desta forma, Revés et al. (2012) concluíram com os resultados do estudo, em combinação com dados clínicos prévios, que a estabilização vertebral não é necessária em cães submetidos apenas a CLP. Enquanto Vicente et al. (2013) não aconselharam combinar CLP e hemilaminectomia sem estabilização vertebral adicional.

Diante do aumento da zona neutra e do aumento significativo do deslocamento vertebral na associação da CLP com pediclectomia e hemilaminectomia em relação às vértebras intactas em todos os movimentos avaliados, principalmente em relação aos movimentos de flexão lateral e

rotação, os autores desta investigação recomendam que a realização da associação da CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia seja realizada com precaução, em virtude da falta de parâmetros sobre a influência desse aumento estatisticamente significativo na amplitude do movimento e na instabilidade vertebral a longo prazo nos pacientes clínicos.

Recomendam, também, com base nos resultados do presente estudo que se essa associação com pediclectomia e hemilaminectomia for necessária, seja aplicada alguma técnica de estabilização vertebral, corroborando com as conclusões de Vicente et al. (2013). Os resultados aqui observados permitem concluir que como a CLP isolada e a associação de CLP mais pediclectomia não promoveram instabilidade significativa em todos os movimentos avaliados, podendo ser realizadas com poucas consequências clínicas nos cães da raça Dachshund acometidos por DDIV, concordando com as conclusões anteriores de Revés et al. (2012) em cães não condrodistróficos.

Complicações referentes a estas associações já foram relatadas. Ferrand et al. (2015) ao analisarem os resultados da corpectomia em 107 cães, observaram instabilidade vertebral em dois cães (1,8 %) após CLP isolada e CLP associada à hemilaminectomia, que foi detectada por piora clínica e confirmada após exame radiográfico simples e TC, que visualizou subluxação vertebral pós-operatória. Em um cão foi observada piora clínica 15 dias após a cirurgia, sendo realizada estabilização cirúrgica e em outro se observou deterioração neurológica dois anos após a cirurgia, provavelmente por instabilidade vertebral, sendo tratado de forma conservativa.

Desta forma, diante dos achados da presente investigação, os autores desta pesquisa também sugerem a realização de um estudo a longo prazo baseado em avaliações neurológicas e de imagem em pacientes clínicos, para avaliar a influência do aumento significativo da amplitude de movimento vertebral que ocorre após a realização da CLP e sua associação com a pediclectomia e hemilaminectomia. Assim como, a realização de um estudo biomecânico avaliando a influência da estabilização vertebral diante do aumento da amplitude de movimento na realização da CLP e suas associações, sugerindo-se a utilização de parafusos pediculares, que vêm sendo usados com sucesso por vários autores no tratamento de cães com instabilidade e estenose lombossacral (Méheust et al. 2000, Meij et al. 2007, Smolders et al. 2011, Meij 2015, Tellegen et al. 2015).

Contudo, os resultados do presente estudo devem ser interpretados com cautela, uma vez que é um estudo biomecânico, que não levou em conta outras estruturas estabilizadoras em torno da coluna vertebral, como a musculatura (Revés et al. 2012, Vicente et al. 2013), assim como não avaliou todos os complexos movimentos vertebrais que podem ocorrer durante a locomoção, conforme também ocorreu nos estudos dos autores acima citados.

As limitações deste estudo foram semelhantes às descritas por Revés et al. (2012), uma vez que não foi realizada a análise tomográfica após a realização dos testes biomecânicos para avaliar lesões na coluna vertebral não visíveis macroscopicamente. No entanto, os autores deste trabalho acreditaram que na ocorrência desse tipo de lesão, haveria indícios nas curvas de força versus deslocamento. Este estudo também foi realizado sem a influência da musculatura paravertebral, em virtude da dificuldade de desenvolvimento de um mecanismo de fixação vertebral que bloqueasse a movimentação dos tecidos musculares paravertebrais, podendo estes acarretar algum grau de influência na curva de deslocamento durante a realização dos testes.

### CONCLUSÕES

A CLP isolada e a associação de CLP com pediclectomia não promoveu diferença significativa em todos os movimentos avaliados e poderiam provavelmente ser realizadas com poucas consequências clínicas nos cães da raça Dachshund acometidos por DDIV na região lombar. No entanto, a CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia nesse tipo de pacientes deve ser realizada com precaução, devido ao aumento significativo na amplitude do movimento, que poderia vir a gerar instabilidade vertebral em curto ou longo prazo.

### REFERÊNCIAS

Araújo B.M., Figueiredo M.L. Silva A.C., Fernandes T.H.T.; Bonelli M.A. & Tudury E.A. 2013. Lesão iatrogênica meningomedular em um cão submetido à espondilectomia ventral para tratamento de extrusão crônica de disco intervertebral cervical. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 65(3):649-653.

Braund K.J. 1996. Moléstia do disco intervertebral. p. 1104-1116. In: Bojrab M.J. *Mecanismos da Moléstia na Cirurgia de Pequenos Animais.* São Paulo: Manole.

- Cardoso P.H.N. 2016. Projeto e fabricação de um dispositivo de ensaio de torção. Juazeiro: Universidade Federal do Vale do São Francisco. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação.
- Coates J. 2012. Acute disc disease. p. 399-416. In: Platt S. & Garose L. Small animal neurological emergencies. London: Manson Publishing.
- Denny H.R. & Butterworth S.J. 2006. Cirurgia ortopédica em cães e gatos. 4 ed. São Paulo: Roca, p. 128-233.
- Dewey C.W. 2014. Cirurgia da coluna toracolombar, p.1508-1528. In: Fossum T.W. (Eds), Cirurgia de pequenos animais. 4º. ed. Elsevier, Rio de Janeiro.
- Dyce K.M., Sack W.O. & Wensing C.J.G. 2010. Tratado de anatomia veterinária. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 834 p.
- Ferrand F.X., Moissonnier P., Filleur A., Cachon T., Fau D., Viguier E. & Carozzo C. 2015. Thoracolumbar partial lateral corpectomy for the treatment of chronic intervertebral disc disease in 107 dogs. Irish Vet. J. 68(27):1-7.
- Flegel T., Boettcher I.C., Ludewig E., Kiefer I. & Böttcher P. 2011. Partial lateral corpectomy of the thoracolumbar spine in 51 dogs: assessment of slot morphometry and spinal cord decompression. Vet. Surg. 40:14-21.
- Forterre F., Konar M., Spreng D., Jaggy A. & Lang J. 2008. Influence of intervertebral disc fenestration at the herniation site in association with hemilaminectomy on recurrence in chondrodystrophic dogs with thoracolumbar disc disease: a prospective MRI study. Vet. Surg. 37(4):399-405.
- Klopp L.S. 2014. Doença do disco intervertebral. p. 343-363. In: Bojrab M.J. Mecanismos das doenças em cirurgia de pequenos animais. 3ª ed. São Paulo: Roca.
- Marinho P.V.T. 2013. Corpectomia lateral parcial associada à pediclectomia no tratamento de discopatia toracolombar crônica em cães. Jaboticabal, São Paulo. Monografia apresentada ao Programa de Aprimoramento Profissional, Área de Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.
- Marinho P.V.T., Zani C.C., JARK P.C., Minto B.W. & Costa M.T. 2014. Partial lateral corpectomy associated with pediclectomy to treat extradural chondroma in a dog: technique description. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 66(5):1323-1328.
- McKee M. 2000. Intervertebral disc disease in the dog 2. Management options. In Practice, 22:458-471.
- Méheust P., Mallet C. & Marouze C. 2000. A new surgical technique for lumbosacral stabilization: arthrodesis using the pedicle screw fixation. Anatomical aspects. Prat. Méd. Chir. Anim. 35:193-199.
- Meij B.P., Suwankong N., Van Der Veen A.J. & Hazewinkel H.A. 2007. Biomechanical flexion-extension forces in normal canine lumbosacral cadaver specimens before and after dorsal laminectomy-discectomy and pedicle screw-rod fixation. Vet. Surg. 36(8):742-51.
- Meij B. 2015. Lumbosacral stenosis: static or dynamic problem? Proceedings of the 14th Chulalongkorn University Veterinary Conference CUVC 2015: Responsible for Lives April 20-22, Bangkok, Thailand.
- Moissonnier P., Meheust P. & Carozzo C. 2004. Thoracolumbar Lateral Corpectomy for Treatment of Chronic Disk Herniation: Technique Description and Use in 15 Dogs. Vet. Surg. 33: 620-628.

Panjabi M.M. 1992. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J. Spinal disorders*. 5(4):390-396.

Revés N.V., Burki A., Ferguson S., Geissbuhler U., Stahl C., Bürki A. & Forterre F. 2012. Influence of partial lateral corpectomy with and without hemilaminectomy on canine thoracolumbar stability: a biomechanical study. *Vet. Surg.* 41(2):228-34.

Rocha A.G., Morato G.O., Chung D.G. & Padilha Filho J.G. 2012. Corpectomia lateral associada à pediclectomia para tratamento de discopatia toracolombar crônica em cães. Estudo de 27 casos. *J Bras. Ciênc. Anim.* 5(10):35.

Salger R.F., Ziegler L., Böttcher I.C., Oechtering G., Böttcher P. & Flegel T. 2014. Neurologic outcome after thoracolumbar partial lateral corpectomy for intervertebral disc disease in 72 dogs. *Vet. Surg.* 43(5):581-588.

Sharp N.J.H. & Wheeler S.J. *Transtornos vertebrales de pequenos animales*. 2° ed. Madrid: Elsevier, 2006. 375 p.

Smolders L.A., Voorhout G., Hazewinkel H.A. & Meij B.P. 2011. Pedicle Screw-Rod Fixation in Canine Lumbosacral Disease. Abstracts European Veterinary Conference. Voorjaarsdagen.

Tellegen A.R., Willems N., Tryfonidou M.A. & Meij B.P. 2012. Pedicle screw-rod fixation: a feasible treatment for dogs with severe degenerative lumbosacral stenosis. *BMC Vet. Res.* 41(6):720-732.

Toombs J.T. & Waters D.J. 2007. Afecção do disco intervertebral. p.1193-1209, In: Slatter D. *Manual de cirurgia de pequenos animais*. 3ª Ed. São Paulo: Manole..

Vicente F., Bernard F., Fitzpatrick D. & Moissonier P. 2013. In vitro radiographic characteristics and biomechanical properties of the canine lumbar vertebral motion unit after lateral corpectomy, mini-hemilaminectomy and hemilaminectomy. *Vet. Comp. Orthopaed.* 26(1):19-26.

**Estudo biomecânico da utilização de parafusos pediculares monoaxiais na estabilização de corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia, em cães da raça Dachshund<sup>1</sup>**

Bruno Martins Araújo<sup>2</sup>, Durval Baraúna Junior<sup>3</sup>, Pedro Henrique Novaes Cardoso<sup>4</sup>, Nelson Cárdenas Oliver<sup>4</sup>, Marcela Maria de Almeida Amorim<sup>5</sup>, Nadyne Lorryne Farias Cardoso Rocha<sup>5</sup>, Thaíza Helena Tavares Fernandes<sup>6</sup> e Eduardo Alberto Tudury<sup>5</sup>

**ABSTRACT.-** Araújo B.M., Baraúna Junior D., Cardoso, P.H.N., Oliver, N.C., Oliveira, L.M., Amorim, M.M.A., Rocha, N.L.F.C., Fernandes, T.H.T. & Tudury E.A. 2017. **[Biomechanical study of the use of monoaxial pedicle screws in the stabilization of isolated partial lateral corpectomy and associations with pediclectomy and hemilaminectomy, in Dachshund]** Estudo biomecânico da utilização de parafusos pediculares monoaxiais na estabilização de corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia, em cães da raça Dachshund. *Pesquisa Veterinária Brasileira 00(0):00-00*. Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros S/N, Recife, PE 52171-900, Brazil. E-mail: [bmaraujo85@hotmail.com](mailto:bmaraujo85@hotmail.com)

The aim of this study was to perform a biomechanical study in Dachshund animals, comparing the values of displacement of intact vertebra with values after partial lateral corpectomy (PLC), PLC associated with pediclectomy and associated with hemilaminectomy, before and after vertebral stabilization, aiming to establish if there is significant difference of the normal values with the association of decompression techniques with and without the vertebral stabilization. In the variables axial compression, flexion, right and left lateral flexion, the mean values were higher in the evaluation of normal vertebrae and lower after PLC and vertebral stabilization, increasing the degree of displacement as associated with decompression techniques and vertebral stabilization. In the other parameters, the values were variable. With the exception of right rotation, the other variables showed significant differences between the techniques for each of the measurements ( $p < 0.05$ ). In the comparison between the techniques with and without pedicular screw use, the means were higher when only the decompression procedures were performed and smaller after the stabilization with the pedicular screws. With the exception of the extension, in all measurements, there was a significant difference ( $p < 0.05$ ) between the presence and absence of the screws. These results suggest that spinal stabilization is not necessary in Dachshund dogs undergoing PLC and PLC associated with pediclectomy. However, when PLC, pediclectomy and hemilaminectomy are required, vertebral stabilization is indicated and was efficient in maintaining near-normal values of intact vertebrae.

INDEX TERMS: Nervous system, vertebral column, disc extrusion, vertebral stabilization.

<sup>1</sup> Recebido em .....

Aceito para publicação em .....

<sup>2</sup> Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros S/N, Recife, PE 52171-900, Brasil. Pesquisa de doutorado com apoio Capes. \* Autor para correspondência: [bmaraujo85@hotmail.com](mailto:bmaraujo85@hotmail.com).

<sup>3</sup> Colegiado de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

<sup>4</sup> Colegiado de Engenharia Mecânica, UNIVASF.

<sup>5</sup> Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

<sup>6</sup> Curso de Medicina Veterinária - UNINASSAU

**RESUMO.** - Objetivou-se realizar um estudo biomecânico em sete cadáveres de cães da raça Dachshund, comparando os valores de deslocamento da vértebra intacta com os valores após a realização da corpectomia lateral parcial (CLP), CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia, antes e após estabilização vertebral, visando estabelecer se há diferença significativa dos valores normais com a associação das técnicas descompressivas com e sem a estabilização vertebral. Nas variáveis compressão axial, flexão, flexão lateral direita e esquerda, as médias foram maiores na avaliação da vértebra normal e menores após a realização da CLP e a estabilização vertebral, aumentando o grau de deslocamento conforme se associava as técnicas descompressivas e se estabilizou as vértebras. Nos demais parâmetros, os valores foram variáveis. Com exceção de rotação direita, nas outras variáveis se comprovou diferenças significantes entre as técnicas para cada uma das medidas ( $p < 0,05$ ). Na comparação entre as técnicas sem e com uso de parafuso pediculares, as médias foram maiores quando foram realizados



apenas os procedimentos descompressivos e menores após a estabilização com os parafusos pediculares. Com exceção da extensão, em todas as medidas, se verificou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a presença e ausência dos parafusos. Estes resultados sugerem que a estabilização da coluna vertebral não é necessária em cães Dachshund submetidos à CLP e CLP associada à pediclectomia. No entanto, quando for necessária a associação de CLP, pediclectomia e hemilaminectomia, a estabilização vertebral é indicada e foi eficiente na manutenção dos valores próximos ao normal das vértebras intactas.

**TERMOS DE INDEXAÇÃO:** Sistema nervoso, coluna vertebral, hérnia de disco, estabilização vertebral.

## INTRODUÇÃO

A doença do disco intervertebral (DDIV) toracolombar é uma condição comum que afeta predominantemente cães de raças condrodistróficas e ocasionam graus variáveis de hiperpatia, parestesia/paralisia secundária à compressão medular (Sharp & Wheeler 2006, Dewey 2014).

O material de disco que sofreu extrusão aguda, que foi abordado em horas ou poucos dias, em geral, é facilmente removido e resulta em descompressão adequada (Dewey 2014). Nos casos crônicos, o material de disco tem consistência firme e encapsulada e por vezes cria aderência fibrosa ao seio venoso e à dura-máter. Nesta situação, a remoção do disco herniado é difícil em razão de sua natureza, localização ventrolateral e aderências (Braund 1996, Flegel et al. 2011, Araújo et al. 2013, Dewey 2014).

Se a cirurgia de DDIV demorar de duas a três semanas, o material de disco endurece e adere à dura-máter, o que dificulta ou impossibilita sua remoção (Lecouteur & Grandy 2004) e esse tecido tem que ser removido por dissecação aguçada, que pode lesionar o plexo venoso ou as meninges e a medula espinal (Sharp & Wheeler 2006, Araújo et al. 2013).

A corpectomia lateral parcial (CLP) foi desenvolvida originalmente para tratar DDIV torácica e lombar crônica (Moissonnier et al. 2004) e aguda, ventrais e ventrolaterais à medula espinal (Böttcher et al. 2008, Flegel et al. 2011), já que possibilita um bom acesso ao assoalho do canal vertebral para a remoção do material de disco com mínima manipulação medular (Moissonnier et al. 2004).

Este procedimento vem sendo utilizado por vários autores para tratamento de outras afecções da coluna vertebral (Malik et al. 2009, Meheust & Robert 2010, Bismuth et al. 2013, Bismuth et al. 2014, Marinho et al. 2014) e em associação com outras técnicas descompressivas para promover melhor visualização do canal vertebral e adequada descompressão e visualização da medula espinal (Rocha et al. 2012, Marinho 2013).

Alguns autores relataram excelentes resultados no tratamento de discopatia toracolombar crônica por meio da associação de CLP e pediclectomia (Rocha et al. 2012, Marinho, 2013), no entanto, complicações causadas por instabilidade vertebral referentes a esta associação já foram relatadas em alguns casos descritos (Ferrand et al. 2015).

Ao avaliar biomecanicamente os efeitos da CLP e suas associações, Revés et al. (2012) observaram aumentos significantes na amplitude de movimento durante a flexão/extensão e flexão lateral, quando a CLP foi realizada em cadáveres de cães não condrodistróficos. Vicente et al. (2013) concluíram que combinando a CLP com a hemilaminectomia, o grau de instabilidade é mais significativo, quando comparada a CLP sozinha, e induziu a um colapso intervertebral permanente, levando estes autores a não recomendarem a associação de CLP e hemilaminectomia sem estabilização vertebral adicional.

Em estudo biomecânico prévio em cães da raça Dachshund, comparando CLP, CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia houve diferença significativa quando se associou à CLP mais pediclectomia e hemilaminectomia em relação à vértebra intacta em todos os movimentos avaliados. Desta forma, os autores concluíram que a CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia deve ser realizada com precaução e se essa associação fosse necessária, recomendou a complementação de estabilização vertebral. Também concluíram que a CLP isolada e a associação de CLP mais pediclectomia não promoveu diferença estatisticamente significativa em todos os movimentos testados e poderia ser realizada com poucas consequências clínicas (artigo 1).

Desta forma, levou-se ao interesse de realizar um estudo biomecânico em cães da raça Dachshund, comparando os valores de deslocamento da vértebra intacta com os valores após a realização da CLP isolada, CLP associada à pediclectomia, acrescida ou não de hemilaminectomia,

avaliando todos os procedimentos descompressivos antes e após estabilização vertebral com parafusos pediculares, para determinação do nível de deformação versus força, visando estabelecer se há diferença significativa entre as diferentes situações.

### MATERIAL E MÉTODOS

Para o experimento, após aprovação da Comissão de Ética no uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), foram utilizados sete cadáveres caninos, da raça Dachshund, sem limitações quanto ao sexo, entre 6 e 12 anos, pesando entre oito e 12 kg, oriundos do Hospital Veterinário Universitário da UFRPE, que tiveram óbito por causas diversas, não relacionadas a esta investigação e sem sinais clínicos e tomográficos de disfunção neurológica na região toracolombar.

Cada coluna foi coletada dos animais selecionados, após o óbito. Foram removidos os segmentos torácicos e lombares (T<sub>1</sub>-L<sub>7</sub>) em bloco único, com as costelas e musculatura paravertebral circundante intacta, objetivando preservar as cápsulas articulares e ligamentos vertebrais, os quais foram armazenados em um freezer a -20°C até a realização dos testes.

Os espécimes foram avaliados e selecionados por meio da realização de tomografia computadorizada (TC)<sup>9</sup> de cada segmento da coluna vertebral para descartar qualquer alteração que poderia comprometer os ensaios mecânicos. Foram medidas as densidades ósseas e realizadas as mensurações das dimensões dos corpos vertebrais de L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub> em milímetros para realização dos procedimentos cirúrgicos descompressivos.

No dia anterior aos testes, os espécimes foram transferidos e armazenados em um refrigerador entre 0 e 4°C para descongelar. Doze horas antes dos testes, foi realizada a preparação dos espécimes para o acoplamento no aparelho de ensaios mecânicos. Para a preparação, foi realizada a desarticulação das vértebras, deixando unidos os segmentos L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>. As superfícies ósseas foram limpas, removendo-se a musculatura paravertebral, mantendo-se intacta as cápsulas articulares e ligamentos espinais.

Foram aplicados fios ortopédicos para manter unidas as vértebras L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub>, permitindo desta forma apenas a movimentação dos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>. Em seguida, foram centralizadas em um tubo de PVC de 75 mm de espessura por 50 mm de comprimento por meio de fios ortopédicos e foram embebidos em resina acrílica de polimetilmetacrilato<sup>10</sup> na fase arenosa até a polimerização final.

As análises biomecânicas foram realizadas nos segmentos vertebrais L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>, no Laboratório de ensaios mecânicos do colegiado de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

Os ensaios biomecânicos foram realizados na máquina universal de ensaios (MUE) EMIC<sup>®11</sup>, que possui uma interface com o software Tesc<sup>®12</sup> e permite a coleta e análise de dados referentes à velocidade, carga e deformação do material.

Os ensaios realizados foram de compressão axial, flexão lateral direita e esquerda, extensão/flexão e de torção direita e esquerda, sendo realizados até um valor dentro do limite da fase elástica, com um ciclo de movimento em cada teste. Os valores das médias de compressão, flexão, extensão e flexão lateral foram obtidos em milímetros, enquanto que os de rotação, em graus.

Os segmentos vertebrais dos cadáveres foram submetidos à sequência de ensaios biomecânicos, inicialmente sem ostectomia, para se obter os índices de normalidade nos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>, sendo este o grupo controle. Em seguida, no mesmo espécime, foi realizada a técnica de corpectomia lateral parcial em L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> no lado esquerdo e realizado novos ensaios biomecânicos para avaliar o efeito dessa técnica na estabilidade vertebral.

Em seguida, foram aplicados parafusos pediculares monoaxiais<sup>13</sup> de 3,5 mm inseridos bicorticalmente e unidos com barra de conexão de 4 mm x 35mm e realizados novos testes biomecânicos para avaliar a influência da técnica de fixação na estabilidade vertebral.

Após esta primeira etapa da análise biomecânica, a barra de conexão foi removida, deixando os parafusos pediculares fixos às vértebras. Logo após a remoção, foi realizada a técnica de pediclectomia esquerda nos segmentos vertebrais L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>, previamente submetidos à CLP, sendo

<sup>9</sup> Tomógrafo Helicoidal GE High Speed FXi.

<sup>10</sup> Resina Acrílica Autopolimerizável Vipi Flash Pó e Líquido. VIPI Produtos Odontológicos – Pirassununga – SP.

<sup>11</sup> Máquina de ensaios EMIC DL – 5000/10000- EMIC equipamentos e sistemas de ensaios Ltda. São José dos Pinhais – PR.

<sup>12</sup> Software TESC – Instron® Basil equipamentos científicos Ltda. São José dos Pinhais – PR.

<sup>13</sup> Parafusos pediculares 3,5 mm - Cão médica, Campinas – SP.

realizadas novas análises biomecânicas. Em seguida, a barra de conexão foi novamente inserida e realizados os testes mecânicos.

Por fim, removeu-se a barra conectora e a pediclectomia foi convertida em hemilaminectomia do mesmo lado e foram realizados os mesmos testes biomecânicos, sendo os mesmos repetidos após a inserção da barra de conexão. Os limites das janelas e locais de inserção dos parafusos pediculares estão expostos na figura 1.

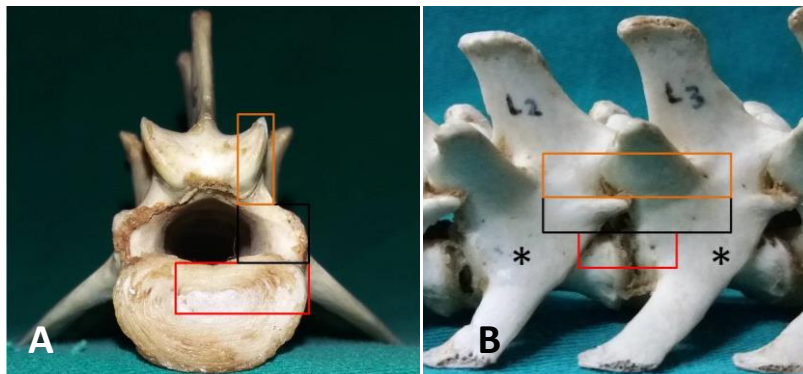


Figura 1: Imagens das vértebras L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> em vista transversal (A) e lateral esquerda (B), demonstrando os limites das janelas para os diferentes procedimentos descompressivos. Linha vermelha: corpectomia lateral parcial, Linha preta: pediclectomia, linha laranja: hemilaminectomia.

Para os ensaios de compressão, as forças de limites de carga foram de 200 Newtons (N) e de velocidade de 0,1 mm/s, com pré-carga de 30 N. Para os ensaios de flexão lateral direita e esquerda, flexão e extensão, as forças de limites de carga foram de 50 N e de velocidade de 0,1 mm/s, com pré-carga de 1 N. Para os ensaios de torção direita e esquerda, as forças de limites de carga foram de 2 Nm e de velocidade de 1º/s, com pré-carga de 1 N.

A CLP foi realizada de acordo com a técnica cirúrgica descrita por Moissonnier et al. (2004), enquanto que para realização da pediclectomia e hemilaminectomia foi utilizada a técnica descrita por Sharp & Wheeler (2006).

A estabilização vertebral foi realizada utilizando parafusos pediculares monoaxiais bicorticais<sup>14</sup> de 3,5 mm e comprimento adequado acoplados à barra de conexão de 4 x 35 mm (figura 2), inseridos com auxílio de perfuratriz elétrica<sup>15</sup> e instrumental apropriado. O local de inserção foi a transição do pedículo com o processo transverso do lado esquerdo com angulação de 60º, seguindo as diretrizes de Watine et al. (2006).

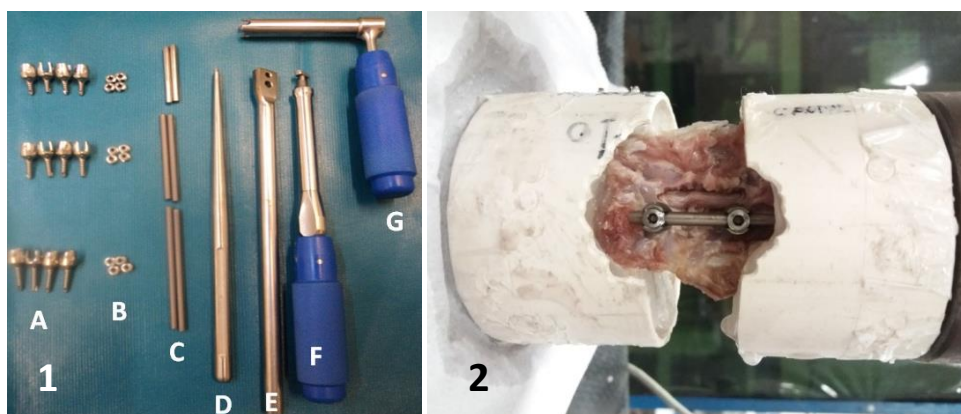


Figura 2: (1) Implantes e instrumentais para estabilização vertebral com parafusos pediculares. (A) parafusos pediculares; (B) contra parafusos; (C) barras de conexão (D) chave do contra parafuso; (E) retorcedor da barra; (F) chave do parafuso pedicular; (G) guia de aperto. (2) Espécime após a realização da CLP, pediclectomia e hemilaminectomia com estabilização vertebral.

<sup>14</sup> Parafusos pediculares 3,5 mm - Cão médica, Campinas – SP.

<sup>15</sup> Furadeira elétrica Makita modelo 6412 – Makita, Ponta Grossa PR.

Na análise biomecânica, foi verificado o valor de deformação vertebral comparando a vértebra intacta (valor normal), submetida à corpectomia lateral parcial, corpectomia associada à pediclectomia e corpectomia associada à hemilaminectomia nos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> da coluna vertebral toracolombar, antes e após a estabilização vertebral com parafusos pediculares.

Os dados coletados na referida análise foram armazenados em fichas individuais e após o término do trabalho as variáveis foram analisadas.

Verificou-se a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilks. Aqueles com distribuição normal foram analisados por meio da ANOVA para medidas repetidas e post-hoc de Bonferroni e t-Student pareado ou Wilcoxon para dados pareados na comparação entre a presença ou ausência de parafusos por técnica. Aqueles que apresentaram distribuição não-paramétrica foram analisados por meio do Teste de Wilcoxon para dados pareados, ao nível de 5 % de significância. Na avaliação das diferenças entre as técnicas, foram medidas os valores após a realização das técnicas descompressivas menos o valor de normalidade. As análises foram realizadas no programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 23.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 se apresenta as médias, desvio padrão e mediana das medidas na situação normal e por técnica após a descompressão e a estabilização com parafusos pediculares. Deste quadro, se destaca que os valores médios foram maiores na avaliação da vértebra normal e menores após a realização da CLP, aumentando gradativamente o grau de deslocamento conforme se efetuavam as técnicas descompressivas com estabilização vertebral nas variáveis compressão axial, flexão, flexão lateral direita e esquerda, enfatizando que nesses movimentos, os valores de deslocamento após os procedimentos cirúrgicos se mantiveram inferiores aos valores normais em todos os testes.

Quadro 1 – Estatísticas das medidas do deslocamento vertebral na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos (normal), seguidas das médias após a realização da corpectomia, CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia com estabilização vertebral.

Variável	Normal	Com uso de parafuso			Valor de p
		Corpectomia Média ± DP (Mediana)	Corpectomia+ Pediclectomia Média ± DP (Mediana)	Corpectomia + Pediclectomia + Hemilaminectomia Média ± DP (Mediana)	
Compressão	0,45 ± 0,05 (0,44) <sup>(A)</sup>	0,35 ± 0,08 (0,36) <sup>(B)</sup>	0,38 ± 0,06 (0,36) <sup>(AB)</sup>	0,40 ± 0,06 (0,40) <sup>(AB)</sup>	p <sup>(1)</sup> = 0,001*
Rotação direita	1,74 ± 1,10 (1,59)	1,38 ± 0,32 (1,30)	1,69 ± 0,30 (1,82)	2,33 ± 0,64 (2,10)	p <sup>(1)</sup> = 0,074
Rotação esquerda	1,46 ± 0,39 (1,35) <sup>(A)</sup>	1,34 ± 0,29 (1,36) <sup>(A)</sup>	1,53 ± 0,39 (1,64) <sup>(A)</sup>	1,93 ± 0,66 (1,97) <sup>(B)</sup>	p <sup>(1)</sup> = 0,027*
Flexão	11,13 ± 1,34 (10,40) <sup>(AC)</sup>	8,36 ± 1,54 (8,13) <sup>(B)</sup>	9,24 ± 1,74 (9,66) <sup>(AB)</sup>	10,90 ± 1,93 (10,90) <sup>(C)</sup>	p <sup>(1)</sup> = 0,007*
Extensão	10,19 ± 1,25 (10,04) <sup>(A)</sup>	11,38 ± 1,80 (11,67) <sup>(AB)</sup>	11,71 ± 2,18 (11,43) <sup>(AB)</sup>	13,89 ± 1,39 (13,28) <sup>(B)</sup>	p <sup>(1)</sup> = 0,010*
Flexão lateral direita	15,63 ± 2,73 (15,86) <sup>(A)</sup>	10,48 ± 2,42 (9,53) <sup>(B)</sup>	11,36 ± 2,37 (11,06) <sup>(C)</sup>	12,42 ± 2,12 (12,92) <sup>(A)</sup>	p <sup>(1)</sup> = 0,012*
Flexão lateral esquerda	14,85 ± 1,84 (14,88) <sup>(A)</sup>	7,61 ± 2,24 (7,27) <sup>(B)</sup>	8,36 ± 2,21 (7,63) <sup>(B)</sup>	9,35 ± 2,39 (8,57) <sup>(B)</sup>	p <sup>(1)</sup> < 0,001*

(\*): Diferença significativa ao nível de 5,0 %.

(1): Através do teste F(ANOVA) para medidas repetidas com comparações pareadas de Bonferroni.

Obs.: Se todas as letras entre parênteses são distintas, comprova-se diferença significativa entre as técnicas correspondentes.

Na rotação direita, o deslocamento foi maior na vértebra normal. Quando foi realizada a CLP e a associação desta com a pediclectomia com estabilização, houve aumento gradativo do deslocamento vertebral, o qual permaneceu abaixo do valor normal. Quando se associou à hemilaminectomia, o deslocamento vertebral aumentou para um valor acima do índice normal. Já na variável rotação esquerda, esse valor superou o índice normal já após a associação da CLP e pediclectomia.

Na extensão, o valor foi menor na vértebra normal. Após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e após acrescentar a hemilaminectomia com estabilização, os valores aumentaram gradativamente, sempre com valores de deslocamento acima dos valores normais (quadro 1 e figura 3).

Sob efeito da estabilização vertebral, com exceção de rotação direita nas outras variáveis se comprovou diferenças significativas entre as técnicas para cada uma das medidas ( $p < 0,05$ ) (quadro 1).

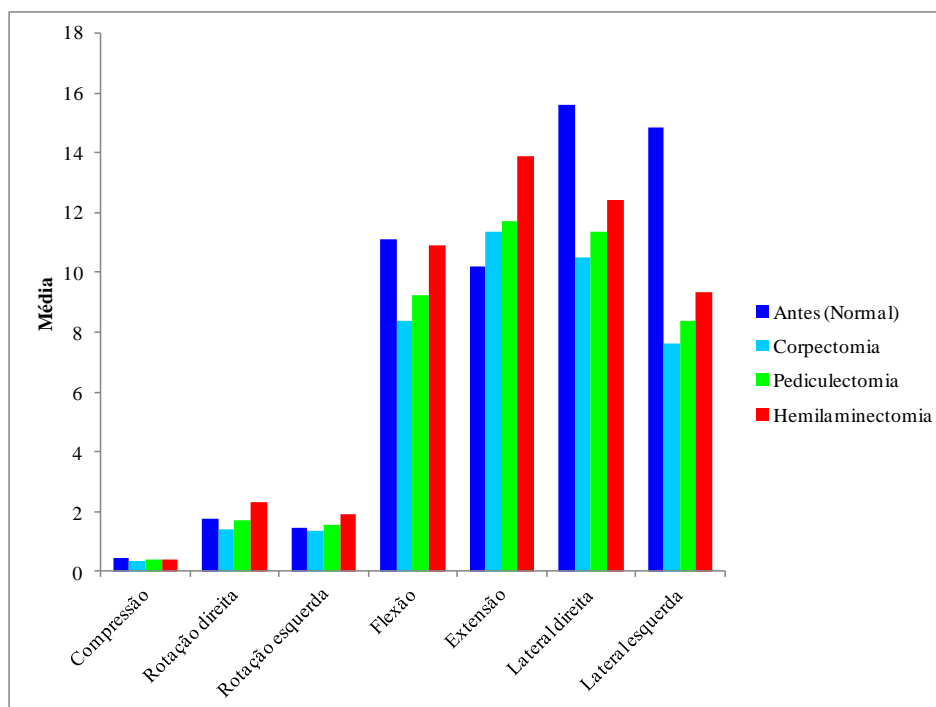


Figura 3 – Médias do deslocamento vertebral para avaliação antes da descompressão e após o uso de cada técnica associada à estabilização vertebral.

Em avaliações prévias da ação da CLP e suas associações com a pediclectomia e com a hemilaminectomia em cães Dachshund (artigo 01) e em cães não condrodistróficos (Revés et al. 2012, Vicente et al. 2013), em todas as avaliações, os valores médios do deslocamento foram menores na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos, seguidos das médias na corpectomia, corpectomia associada à pediclectomia e da corpectomia associada à pediclectomia e hemilaminectomia, concluindo que o incremento na associação de técnicas descompressivas, sem estabilização vertebral, aumentou o grau de deslocamento dos segmentos da coluna vertebral durante a realização dos movimentos de compressão axial, flexão e extensão, flexão lateral e rotação direita e esquerda.

Neste trabalho, a obtenção de valores menores que o normal quando se realizou a CLP, CLP e pediclectomia e após associar à hemilaminectomia, todas conjuntamente com a estabilização vertebral, sugerem que os parafusos pediculares foram eficientes para controlar os valores de deslocamento vertebral e mantê-los abaixo dos valores normais, nas variáveis compressão axial, flexão e flexão lateral direita e esquerda. Nos demais movimentos, os parafusos não foram eficientes para esse princípio em todas as associações.

A utilização dos parafusos pediculares se baseou na crescente utilização deste implante, com sucesso, na estabilização vertebral por vários autores no tratamento de cães com instabilidade e estenose lombossacral (Méheust et al. 2000, Meij et al. 2007, Smolders et al. 2011, Meij 2015, Tellegen et al. 2015), além de ser um implante consagrado e amplamente utilizado em humanos há décadas para estabilização vertebral (Boucher 1959, Sears 2005, Spruit et al. 2005).

A escolha da manutenção do parafuso pedicular e remoção apenas da barra de fixação durante a realização dos procedimentos descompressivos se baseou nos resultados de Rodrigues et al. (2008), que demonstraram a necessidade de evitar o reposicionamento dos parafusos pediculares devido a possibilidade de perda de força de fixação no corpo vertebral quando este é removido, o que poderia comprometer o resultado dos testes biomecânicos.

Na análise das médias das diferenças entre as técnicas, as diferenças entre os valores normais e os valores após as descompressões e estabilização foram positivas nas variáveis

compressão axial, flexão e flexão lateral direita e esquerda, indicando que nesses movimentos, as médias antes da cirurgia foram maiores do que com a associação das técnicas descompressivas e de estabilização. Já nas variáveis rotação direita e esquerda e extensão, observaram-se valores negativos. Ou seja, após a associação da CLP, pediclectomia e hemilaminectomia na variável rotação direita e na rotação esquerda e após todos os procedimentos descompressivos e de estabilização na extensão, houve mais deslocamento vertebral após a estabilização do que a vértebra normal (quadro 2).

Quadro 2 – Média das diferenças de cada técnica para a situação normal (antes da realização dos procedimentos descompressivos e de estabilização) e após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia todas conjuntamente à estabilização vertebral com parafusos pediculares.

Variável	Corpectomia - Normal	Corpectomia + Pediclectomia - Normal	Corpectomia + Pediclectomia + Hemilaminectomia - Normal
<b>Compressão</b>	0,10	0,07	0,05
<b>Rotação direita</b>	0,36	0,05	- 0,59
<b>Rotação esquerda</b>	0,12	- 0,07	- 0,47
<b>Flexão</b>	2,77	1,89	0,23
<b>Extensão</b>	- 1,19	- 1,52	- 3,70
<b>Flexão lateral direita</b>	5,15	4,27	3,21
<b>Flexão lateral esquerda</b>	7,24	6,49	5,50

Neste trabalho a observação dos valores positivos nas variáveis compressão axial, rotação direita e flexão lateral direita e esquerda, leva a concluir que os parafusos pediculares foram eficientes para manter os índices de deslocamento abaixo dos valores normais de deslocamento vertebral, anulando os valores progressivos encontrados por Réves et al. (2012), Vicente et al. (2013) e em pesquisa anterior em cães Dachshunds (Artigo 01). Já nos demais movimentos (rotação esquerda, flexão e extensão), a observação dos valores negativos demonstrou que nesses movimentos os parafusos não foram eficientes para manter os valores de deslocamento vertebral abaixo dos valores normais, sendo estes achados semelhantes aos dos autores acima citados, só que sem estabilização vertebral.

O aumento da amplitude de movimento nos testes de rotação direita e esquerda e extensão demonstrou que apenas a utilização de dois parafusos pediculares e uma barra conectora do lado da realização dos procedimentos descompressivos não foram eficientes para anular todas as forças que atuariam aumentando a amplitude de movimento nessas vértebras, principalmente na força de extensão (significativo) devido ao local distal de inserção dos parafusos.

Apenas na variável extensão, observou-se valores menores na vértebra normal e os mesmos aumentaram após a realização dos procedimentos descompressivos e de estabilização vertebral. Esta variação provavelmente ocorreu devido ao pequeno número de repetições dos movimentos durante os ensaios mecânicos.

Na comparação entre as técnicas de CLP, CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia sem e com uso de parafuso pediculares para estabilização vertebral, é possível verificar que as médias de deslocamento foram maiores quando foram realizados apenas os procedimentos descompressivos, sem estabilização vertebral, e menores após a estabilização com os parafusos pediculares. Em todas as medidas, se verificou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a presença ou ausência dos parafusos, com exceção da extensão (quadro 3).

Quadro 3 – Estatísticas das medidas do deslocamento vertebral após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia com e sem a realização da estabilização vertebral.

Variável	Técnica	Parafuso		Valor de p
		Sem	Com	
		Média ± DP (Mediana)	Média ± DP (Mediana)	
• Compressão	Corpectomia	0,51 ± 0,06 (0,48)	0,35 ± 0,08 (0,36)	p <sup>(1)</sup> = 0,004*
	Pediclectomia	0,54 ± 0,06 (0,57)	0,38 ± 0,06 (0,36)	p <sup>(1)</sup> = 0,006*
	Hemilaminectomia	0,62 ± 0,13 (0,64)	0,40 ± 0,06 (0,40)	p <sup>(1)</sup> = 0,013*
• Rotação	<b>Corpectomia</b>			
	Direita	2,19 ± 0,97 (2,03)	1,38 ± 0,32 (1,30)	p <sup>(2)</sup> = 0,018*
Valor p	Esquerda	1,86 ± 0,55 (1,65)	1,34 ± 0,29 (1,36)	p <sup>(1)</sup> = 0,036*
		p <sup>(2)</sup> = 0,237	p <sup>(1)</sup> = 0,717	
Valor p	<b>Pediclectomia</b>			
	Direita	2,47 ± 0,83 (2,22)	1,69 ± 0,30 (1,82)	p <sup>(2)</sup> = 0,018*
	Esquerda	2,19 ± 0,56 (2,12)	1,53 ± 0,39 (1,64)	p <sup>(1)</sup> < 0,001*
Valor p		p <sup>(2)</sup> = 0,446	p <sup>(1)</sup> = 0,059	
	<b>Hemilaminectomia</b>			
Valor p	Direita	5,15 ± 1,40 (4,69)	2,33 ± 0,64 (2,10)	p <sup>(1)</sup> = 0,007*
	Esquerda	2,90 ± 1,14 (2,60)	1,93 ± 0,66 (1,97)	p <sup>(1)</sup> = 0,007*
Valor p		p <sup>(2)</sup> = 0,004*	p <sup>(1)</sup> = 0,263	
• Flexão/extensão	<b>Corpectomia</b>			
	Flexão	13,12 ± 1,29 (13,30)	8,36 ± 1,54 (8,13)	p <sup>(1)</sup> = 0,001*
	Extensão	12,15 ± 1,16 (11,83)	11,38 ± 1,80 (11,67)	p <sup>(1)</sup> = 0,158
	<b>Pediclectomia</b>			
	Flexão	14,27 ± 1,82 (13,61)	9,24 ± 1,74 (9,66)	p <sup>(2)</sup> = 0,018*
	Extensão	12,78 ± 1,21 (13,40)	11,71 ± 2,18 (11,43)	p <sup>(1)</sup> = 0,071
Valor p	<b>Hemilaminectomia</b>			
	Flexão	16,70 ± 3,41 (15,10)	10,90 ± 1,93 (10,90)	p <sup>(1)</sup> = 0,010*
	Extensão	16,66 ± 2,16 (15,86)	13,89 ± 1,39 (13,28)	p <sup>(1)</sup> = 0,003*
• Flexão lateral	<b>Corpectomia</b>			
	Direita	18,07 ± 1,61 (18,26)	10,48 ± 2,42 (9,53)	p <sup>(1)</sup> < 0,001*
	Esquerda	16,79 ± 1,16 (16,58)	7,61 ± 2,24 (7,27)	p <sup>(1)</sup> < 0,001*
	Valor p			
		p <sup>(2)</sup> = 0,177	p <sup>(1)</sup> = 0,004*	
	<b>Pediclectomia</b>			
Valor p	Direita	20,58 ± 1,66 (20,02)	11,36 ± 2,37 (11,06)	p <sup>(1)</sup> < 0,001*
	Esquerda	18,81 ± 1,65 (18,71)	8,36 ± 2,21 (7,63)	p <sup>(1)</sup> < 0,001*
Valor p		p <sup>(2)</sup> = 0,090	p <sup>(1)</sup> = 0,004*	
Valor p	<b>Hemilaminectomia</b>			
	Direita	23,81 ± 3,17 (24,00)	12,42 ± 2,12 (12,92)	p <sup>(1)</sup> < 0,001*
	Esquerda	21,07 ± 3,35 (19,69)	9,35 ± 2,39 (8,57)	p <sup>(1)</sup> < 0,001*
Valor p		p <sup>(2)</sup> = 0,036*	p <sup>(1)</sup> = 0,014*	

(\*): Diferença significativa ao nível de 5,0 %

(1): Através do teste t-Student pareado

(2): Através do teste Wilcoxon para dados pareados

Estes resultados confirmaram a hipótese de que a utilização dos parafusos pediculares diminuiriam a amplitude de movimento e a zona neutra após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia, contrariando alguns trabalhos anteriormente realizados, sem estabilização vertebral. Nestes trabalhos, Revés et al. (2012), Vicente et al. (2013) e Araújo et al. (Artigo 01) observaram que conforme havia o incremento na associação de técnicas descompressivas, havia aumento progressivo dos valores de deslocamento dos segmentos da coluna vertebral e da zona neutra durante a realização dos movimentos de compressão axial, flexão e extensão, flexão lateral e rotação direita e esquerda, sendo ainda este aumento significativo na maioria dos testes.

As diferenças significativas observadas nos movimentos de compressão axial, flexão e flexão lateral direita e esquerda em relação à vértebra normal, devido às diferenças de valores baseado na diminuição significativa do deslocamento vertebral e da zona neutra quando apenas a CLP foi realizada e diante da elevação da amplitude de movimento apenas na rotação esquerda e extensão, sem diferença significativa na associação de CLP e pediclectomia, leva a conclusão de que se apenas a CLP e CLP associada à pediclectomia for realizada, não é necessária a realização de estabilização vertebral, conforme já observado por Revés et al. (2012), Vicente et al. (2012) e Araújo et al. (Artigo 01).

A manutenção dos valores de deslocamento vertebral próximo aos valores de normalidade e algumas vezes sem diferença significativa e com valores inferiores em alguns casos, demonstrou a eficiência do parafuso pedicular em manter controlado o grau de deslocamento vertebral na associação da CLP, pediclectomia e hemilaminectomia. Estes resultados foram importantes, pois em estudos anteriores a associação de CLP, pediclectomia e hemilaminectomia sem estabilização vertebral promoveu aumento da zona neutra e aumento significativo nos valores de deslocamento vertebral em relação à vértebra intacta, sugerindo instabilidade vertebral (Revés et al. 2012, Vicente et al. 2012, Araújo et al. [Artigo 01]).

Alguns autores afirmaram que se a instabilidade está presente, a estabilização vai limitar uma gama de movimentos e que se houver invasão do canal vertebral secundária a proliferação de tecido fibroso em torno do tecido neural, mesmo na ausência de instabilidade significativa, a estabilização pode reduzir a intensidade da resposta fibrosa, aliviando a pressão sobre a medula espinal, raízes nervosas e nervos periféricos em vértebras instáveis (Weh e Kraus 2007, Hankin et al. 2012).

Desta forma, a utilização dos parafusos pediculares, diante do aumento significativo da amplitude de movimento e da zona neutra após a associação da CLP, pediclectomia e hemilaminectomia visará diminuir a longo prazo as possíveis alterações descritas por Weh e Kraus (2007) e Hankin et al. (2012), corroborando com Tellegen et al. (2015) quando mencionaram que o objetivo da estabilização da coluna vertebral é restaurar e manter a integridade do espaço do disco intervertebral e aumentar a estabilidade do segmento vertebral instável, diminuindo as alterações degenerativas clinicamente relevantes.

A observação da diminuição da zona neutra após a estabilização com parafusos pediculares indicou aumento do grau de estabilidade vertebral. Em seus estudos Panjabi (1992) e Revés et al. (2012), verificaram que a zona neutra foi uma medida clinicamente importante na determinação da estabilidade espinal, conforme pode ser extrapolado para este estudo, quando se observou que conforme se realizava a CLP e se associava a estabilização vertebral, ocorria a diminuição da zona neutra, sugerindo aumento da estabilidade vertebral.

Complicações referentes à realização de CLP e associações, sem estabilização vertebral, já foram relatadas por Ferrand et al. (2015) que observaram instabilidade vertebral em dois cães (1,8%) após CLP isolada e CLP associada à hemilaminectomia, detectada por piora clínica e confirmada após exame radiográfico simples e TC, que visualizou subluxação vertebral pós-operatória. Em um cão foi observada piora clínica 15 dias após a cirurgia, sendo necessária a estabilização cirúrgica. Os resultados anteriormente obtidos por Revés et al. (2012), Vicente et al. (2013) e Araújo et al. (Artigo 01) e o presente trabalho justificam a possibilidade de ocorrência da complicação obtida por Ferrand et al. (2015). Desta forma, a presente investigação assinala que em cães da raça Dachshund a estabilização vertebral quando a CLP for associada à hemilaminectomia pode evitar a ocorrência destas complicações.

É importante enfatizar que os resultados do presente estudo devem ser interpretados com cuidado, uma vez que é um estudo biomecânico, que não levou em conta outras estruturas estabilizadoras em torno da coluna vertebral, como a musculatura epaxial (Revés et al. 2012, Vicente et al. 2012, Araújo et al. [Artigo 01]), assim como, não se avaliou também todos os complexos movimentos vertebrais que podem ocorrer durante a locomoção, conforme também ocorreu nos estudos dos autores acima citados.

As limitações deste estudo foram semelhantes às descritas por Revés et al. (2012) e Araújo et al. (Artigo 01), uma vez que não foi realizada a análise tomográfica após a realização dos testes biomecânicos para avaliar lesões na coluna vertebral e possíveis fraturas nos locais de inserção dos parafusos pediculares que não foram visíveis macroscopicamente. No entanto, os autores deste trabalho acreditaram que na ocorrência desse tipo de lesão, haveria indícios nas curvas de força versus deslocamento.

## **Conclusões**

Os resultados deste estudo biomecânico sugerem que a estabilização da coluna vertebral não é necessária em cães Dachshund submetidos à CLP e CLP associada à pediclectomia, em virtude de não haver diferença significativa em todos os movimentos realizados e ocorrer diferença resultantes em diminuição significativa da amplitude de movimento após CLP isolada. No entanto, naqueles em que é necessário a associação de CLP com a pediclectomia e hemilaminectomia, devido à instabilidade vertebral significativa verificada nos testes (que pode induzir um agravamento neurológico clínico a longo prazo) a estabilização vertebral é indicada, já que os parafusos pediculares foram eficientes na manutenção dos valores de deslocamento vertebral



próximo dos valores de deslocamento normal das vértebras intactas na maioria dos testes de movimentos efetuados.

#### REFERÊNCIAS

- Araújo B.M., Figueiredo M.L. Silva A.C., Fernandes T.H.T.; Bonelli M.A. & Tudury E.A. 2013. Lesão iatrogênica meningomedular em um cão submetido à espondilectomia ventral para tratamento de extrusão crônica de disco intervertebral cervical. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 65(3):649-653.
- Bismuth C., Ferrand F., Millet M., Buttin P., Fau D., Cachon T. Viguier E., Escriou C. & Carozzo C. 2014. Original surgical treatment of thoracolumbar subarachnoid cysts in six chondrodystrophic dogs. *Acta Vet. Scand.* 56(32):1-8.
- Bismuth C., Millet M., Ferrand F., Cachon T., Viguier E. & Carozzo C. 2013. Treatment of thoracolumbar leptomenigeal adhesions and subarachnoid cysts associated with chronic disc herniation in 5 dogs. In: 22nd Annual Scientific Meeting – European College of Veterinary Surgeons, 2013, Rome, Italy. *Proceedings of the 22nd Annual Scientific Meeting - ACVS*, p. 251.
- Böttcher P., Flegel T., Böttcher I.C., Grevel V. & Oechtering G. 2008. Case report: Partial lateral corpectomy for ventral extradural thoracic spinal cord compression in a cat. *J Feline Med. Surg.* 10:291-295.
- Boucher H.H. 1959. A method of spinal fusion. *J Bone Joint Surg.* v. 41, p. 248-259.
- Braund K.J. 1996. Moléstia do disco intervertebral. p. 1104-1116. In: Bojrab M.J. *Mecanismos da Moléstia na Cirurgia de Pequenos Animais*. São Paulo: Manole.
- Dewey C.W. 2014. Cirurgia da coluna toracolombar, p.1508-1528. In: Fossum T.W. (Eds), *Cirurgia de pequenos animais*. 4ª. ed. Elsevier, Rio de Janeiro.
- Ferrand F.X., Moissonnier P., Filleur A., Cachon T., Fau D., Viguier E. & Carozzo C. 2015. Thoracolumbar partial lateral corpectomy for the treatment of chronic intervertebral disc disease in 107 dogs. *Irish Vet. J.* 68(27):1-7.
- Flegel T., Boettcher I.C., Ludewig E., Kiefer I. & Böttcher P. 2011. Partial lateral corpectomy of the thoracolumbar spine in 51 dogs: assessment of slot morphometry and spinal cord decompression. *Vet. Surg.* 40:14-21.
- Forterre F., Konar M., Spreng D., Jaggy A. & Lang J. 2008. Influence of intervertebral disc fenestration at the herniation site in association with hemilaminectomy on recurrence in chondrodystrophic dogs with thoracolumbar disc disease: a prospective MRI study. *Vet. Surg.* 37(4):399-405.
- Hankin E., Jerram R., Walker, A., King M. & Warman C. 2012. Transarticular facet screw stabilization and dorsal laminectomy in 26 dogs with degenerative lumbosacral stenosis with instability. *Vet. Surg.* 41:611-619.
- LeCouteur R.A. & Grandy J.L. 2004. Doenças da medula espinhal. p. 664-694. In: ETTINGER, S. J. FELDMAN, E. C. *Tratado de medicina interna veterinária: Moléstias do cão e do gato*. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Marinho P.V.T. 2013. Corpectomia lateral parcial associada à pediclectomia no tratamento de discopatia toracolombar crônica em cães. Jaboticabal, São Paulo. Monografia apresentada ao Programa de Aprimoramento Profissional, Área de Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.
- Marinho P.V.T., Zani C.C., JARK P.C., Minto B.W. & Costa M.T. 2014. Partial lateral corpectomy associated with pediclectomy to treat extradural chondroma in a dog: technique description. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 66(5):1323-1328.

- Méheust P., Mallet C. & Marouze C. 2000. A new surgical technique for lumbosacral stabilization: arthrodesis using the pedicle screw fixation. *Anatomical aspects. Prat. Méd. Chir. Anim.* 35:193-199.
- Meij B.P., Suwankong N., Van Der Veen A.J. & Hazewinkel H.A. 2007. Biomechanical flexion-extension forces in normal canine lumbosacral cadaver specimens before and after dorsal laminectomy-discectomy and pedicle screw-rod fixation. *Vet. Surg.* 36(8):742-51.
- Meij B. 2015. Lumbosacral stenosis: static or dynamic problem? Proceedings of the 14th Chulalongkorn University Veterinary Conference CUVC 2015: Responsible for Lives April 20-22, Bangkok, Thailand.
- Moissonnier P., Meheust P. & Carozzo C. 2004. Thoracolumbar Lateral Corpectomy for Treatment of Chronic Disk Herniation: Technique Description and Use in 15 Dogs. *Vet. Surg.* 33: 620-628.
- Panjabi M.M. 1992. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J. Spinal disorders.* 5(4):390-396.
- Revés N.V. Burki A., Ferguson S., Geissbuhler U., Stahl C., Bürki A. & Forterre F. 2012. Influence of partial lateral corpectomy with and without hemilaminectomy on canine thoracolumbar stability: a biomechanical study. *Vet. Surg.* 41(2):228-34.
- Rocha A.G., Morato G.O., Chung D.G. & Padilha Filho J.G. 2012. Corpectomia lateral associada à pediclectomia para tratamento de discopatia toracolombar crônica em cães. Estudo de 27 casos. *J Bras. Ciênc. Anim.* 5(10):35.
- Rodrigues L.M.R., Fujiki E.N., Yonezaki A.M., Puertas E.B., Wajchenberg M. & Milani C. 2008. Correlação entre o posicionamento dos parafusos pediculares no corpo vertebral e sua força de arrancamento. *Acta Ortop. Bras.* 16(4):197-200.
- Sears W. 2005. Posterior lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis: restoration of sagittal balance using insertand rotate interbody spacers. *Spine.* 5:170-179.
- Sharp N.J.H. & Wheeler S.J. 2006. *Transtornos vertebrales de pequenos animales.* 2° ed. Madrid: Elsevier. 375 p.
- Smolders L.A., Voorhout G., Hazewinkel H.A. & Meij B.P. 2011. Pedicle Screw-Rod Fixation in Canine Lumbosacral Disease. Abstracts European Veterinary Conference. Voorjaarsdagen.
- Spruit M., Van Jonbergen J.P. & De Kleuve M. 2005. A concise followup of a previous report: posterior reduction and anterior lumbar interbody fusion in symptomatic low-grade adult isthmic spondylolisthesis. *Eur Spine J.* 14:828-832.
- Tellegen A.R., Willems N., Tryfonidou M.A. & Meij B.P. 2012. Pedicle screw-rod fixation: a feasible treatment for dogs with severe degenerative lumbosacral stenosis. *BMC Vet. Res.* 41(6):720-732.
- Vicente F., Bernard F., Fitzpatrick D. & Moissonnier P. 2013. In vitro radiographic characteristics and biomechanical properties of the canine lumbar vertebral motion unit after lateral corpectomy, mini-hemilaminectomy and hemilaminectomy. *Vet. Comp. Orthopaed.* 26(1):19-26.
- Weh J. & KRAUS K. 2007. Use of a four pin and methylmethacrylate fixation in L7 and the Iliac body to stabilize lumbosacral fracture-luxations: a clinical and anatomic study. *Vet. Surg.* 36:775-782.

## **Desenvolvimento e avaliação de um dispositivo de ensaios mecânicos de torção para a coluna vertebral de cães**

Development and evaluation of a device for mechanical torsion testing in the canine vertebral column

Pedro Henrique Novaes Cardoso<sup>1</sup>, Bruno Martins Araújo<sup>2</sup>, Durval Baraúna Junior<sup>3</sup>, Eduardo Alberto Tudury<sup>2</sup>, Fabiano Pinheiro de Amorim<sup>1</sup>, Jessica Danielly de Lima Nunes<sup>1</sup>, Miguel Ângelo de Oliveira Shaw<sup>1</sup> e Nelson Cárdenas Oliver<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegiado de Engenharia Mecânica – UNIVASF. <sup>2</sup>Departamento de Medicina Veterinária – UFRPE. <sup>3</sup>Colegiado de Medicina Veterinária – UNIVASF

### **RESUMO**

Objetivou-se desenvolver e avaliar um dispositivo para ensaios biomecânicos de torção em coluna vertebral de cães, por meio de acoplamento a uma Máquina Universal de ensaios (MUE). A MUE deve tracionar uma corrente de aço, que passa por uma engrenagem, a qual é responsável por transmitir o torque para o dispositivo e este para o corpo de prova. A MUE possui sensores que medem a força aplicada e o deslocamento da corrente tracionada. Após o ensaio, a máquina fornece estas informações e o usuário pode usá-las para plotar uma curva de Tensão-Deformação e calcular o Módulo de Elasticidade Transversal, Tensão de Cisalhamento, Limite de Escoamento à Torção e Módulo de Ruptura à Torção, que são propriedades importantes para a realização de ensaios biomecânicos de diferentes projetos mecânicos que visam caracterizar o comportamento mecânico de qualquer tipo de material. Para avaliar a eficiência do aparelho, comparou-se em cadáveres de cães os níveis de deslocamento versus força nas em três diferentes técnicas de descompressão medular, nos movimentos de rotação direita e esquerda, para verificar se há diferença significativa entre as técnicas avaliadas. O dispositivo foi projetado com custo baixo em comparação ao preço de dispositivos disponíveis no mercado e foi eficiente na determinação da variação de força versus deslocamento nos diferentes ensaios. Permitiu também a substituição dos corpos de prova, possibilitando a realização de ensaios de torção com vários espécimes vertebrais, sendo este dispositivo de grande importância para realização de experimentos biomecânicos na coluna vertebral em cães.

Palavras chave: Biomecânica, vértebra, canino.

### **ABSTRACT**

The aim of this work was to develop and evaluate a device for biomechanical torsion tests by coupling to a Universal Testing Machine (UTM). The UTM must draw a steel chain, which passes through a gear, which is responsible for transmitting the torque to

the device and then to the test body. The UTM has sensors that measure the applied force and the displacement of the drawn current. After the test, the machine provides this information and the user can use them to plot a Strain-Strain curve and calculate the Transverse Elasticity, Shear Stress, Torsional Flow Limit and Torsional Rupture Modules, which are important properties for the accomplishment of biomechanical tests and of different mechanical designs that aim to characterize the mechanical behavior of any type of material. To evaluate the efficiency of the device, the levels of displacement versus force in three technics of vertebral descompression were compared in dogs cadavers in the right and left rotation movements, to verify if there is significant difference between these techniques. The device was designed with low cost in comparison to the price of devices available in the market and was efficient in determining the variation of force versus displacement in the different tests. It also allowed the replacement of the specimens, making it possible to perform torsion tests with several vertebral specimens, which is of great importance for performing biomechanical experiments in vertebral column.

**Key words:** Biomechanical, vertebrae, canine.

## INTRODUÇÃO

Para comprovar a eficácia de um determinado componente ou procedimento experimental, muitas vezes é necessário realizar testes práticos, os quais devem comprovar que seu funcionamento está dentre as limitações estabelecidas pelas normas. Para isto, deve-se seguir o princípio de funcionamento do componente, a fim de simular como este se comportará após a peça estar montada aonde deve estar situada, e se possível, mensurar a capacidade deste componente em resistir a determinado esforço. Além disso, é possível que para um determinado material, suas propriedades mecânicas sejam completamente desconhecidas, dificultando um embasamento teórico antes mesmo do projeto de um determinado componente. Para isso, se faz necessária a realização de ensaios mecânicos, afim de confirmar ou determinar qualquer propriedade mecânica (Cardoso, 2016).

Torção, ou Torque, é um momento que tende a torcer um elemento em torno do seu eixo longitudinal (Hibbeler, 2010). No Ensaio de Torção, é necessário que o corpo de prova seja engastado em uma base fixa, enquanto a outra extremidade deve ser submetida à torção. Pela lei de ação e reação, a extremidade engastada sofre uma torção no sentido contrário, fazendo também com que surja uma deformação do corpo durante

a aplicação do torque. Porém, é de extrema importância que este efeito possa ser comprovado por meio de experimentos, com materiais distintos, e comparar as reações de cada material com os dados obtidos teoricamente. Dessa forma, pode-se escolher o material ou componente mais adequado para executar o projeto (Souza, 1982; Garcia et al., 2000).

No campo da Indústria Mecânica, diversos componentes são submetidos a torção, como por exemplo as brocas de furadeiras, eixo Cardan, polias, dentre outros, e estes precisam de determinação de propriedades mecânicas, para que seu funcionamento possa ser adequado (Cardoso, 2016).

No campo da medicina, os ensaios de torção são utilizados principalmente, para avaliação de resistência óssea às forças torcionais. Nestes experimentos, a força aplicada tende a girar a estrutura anatômica óssea em torno do seu eixo longitudinal, estando uma de suas extremidades fixas. Deve-se a um momento (torque) em um plano perpendicular ao eixo longitudinal do osso, no qual o "momento de torção" ocorre na direção interna ou externa (Schwarz, 1996; Hulse & Hyman, 2007; Dalmolin et al., 2013).

Figueiredo (2013) indicou como limitações em seu estudo a ausência das forças de rotação quando avaliou diversas técnicas de estabilização vertebral em cadáveres caninos. Diamante et al. (2016) em seu estudo biomecânico sobre a avaliação do conceito dos três compartimentos em fraturas toracolombares de cães, avaliou somente as forças de flexão, extensão e flexão lateral direita e esquerda devido às limitações da máquina universal de ensaios (MUE).

No mercado, existem diversos dispositivos, com capacidade de realização de ensaios de torção, porém, o custo destes é muito elevado, o que acaba dificultando a sua aquisição. Para isto, objetivou-se no presente trabalho descrever o desenvolvimento e avaliação de um dispositivo para ensaios de torção de baixo custo, que possa ser acoplado a MUE, utilizada para realização de outros tipos de ensaios. Isso pode ser benéfico a qualquer instituição que precisa realizar ensaios mecânicos, pois o dispositivo de ensaio de torção projetado e fabricado possui baixo custo e requer apenas o uso de uma Máquina Universal de Ensaios, fazendo com que esta máquina realize um tipo de ensaio adicional sem aumento considerável de custos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O dispositivo para ensaios de torção foi fabricado e montado nos laboratórios de Usinagem e Ensaios de Materiais, da Universidade Federal do Vale do São Francisco

(UNIVASF), utilizando os equipamentos disponíveis nestes (torno, fresa, furadeira, lixadeira e máquina universal de ensaios). O dispositivo foi projetado para ser acoplado à MUE DL 10000 EMIC<sup>16</sup> (figura 01), projetada originalmente para executar movimentos de compressão e distração ao longo do eixo longitudinal.



Figura 01: Máquina Universal de Ensaio EMIC DL 1000

Para projetar o dispositivo, utilizou-se o Software SolidWorks 2014<sup>17</sup>, com o intuito de planejar a fabricação e montagem de cada componente. Para isso, foi necessário analisar as dimensões e forma de montagem do dispositivo na máquina universal, verificando como o conjunto de partes do dispositivo poderia ser projetado para atender os princípios de fabricação e funcionamento propostos. Foram medidas todas as distâncias entre furos de fixação e coluna de deslocamento da MUE, de maneira que o dispositivo pudesse encaixar perfeitamente nesta. Além disso, a Base Móvel foi projetada para que o seu encaixe sob a base fixa pudesse ser adequado, independente do comprimento do corpo de prova. Desta forma, com o uso do Software, foi possível chegar à montagem final (Figura 02).

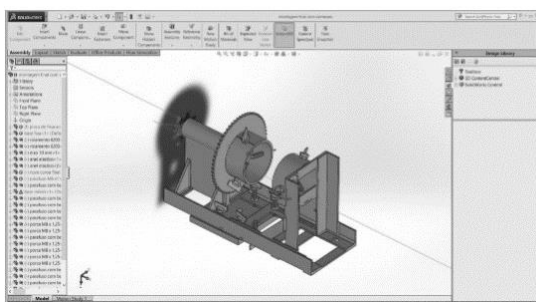


Figura 02: Esquema de montagem final do dispositivo de ensaio de torção utilizando Software SolidWorks<sup>17</sup> 2014.

<sup>1</sup> Máquina de ensaios EMIC DL – 5000/10000- EMIC equipamentos e sistemas de ensaios Ltda. São José dos Pinhais / PR.

<sup>2</sup>SolidWorks 2014<sup>®</sup>. Waltham, Massachusetts, EUA.

O dispositivo é composto por uma corrente de rolos simples ANSI 41<sup>18</sup>, e pelas partes, mostradas no quadro 01 as quais devem ser montadas conforme mostra a Figura 03.

N°	Quantidade	Descrição
1	1	Base Fixa
2	1	Base Móvel
3	1	Eixo de Suporte
4	2	Anel Elástico
5	1	Parafuso M6 x 1,0 x 15 mm
6	2	Rolamento de Esferas (Ref: 6220)
7	1	Placa de Fixação
8	14	Parafuso sextavado com borboleta e porca M8 x 1,5 x 40 mm
9	1	Roda Dentada (engrenagem) de 32 dentes
10	1	Presilha para fixação de corrente de rolos

Quadro 01: Componentes que formam o aparelho de ensaio de torção.

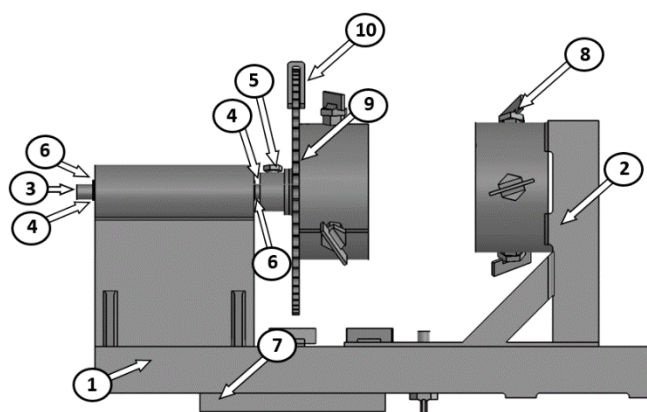


Figura 03: Esquemática de montagem do aparelho de ensaio de torção com os componentes demonstrados no quadro 01.

## Fabricação do dispositivo

### Base fixa

A Base Fixa foi fabricada em aço 1020 com estrutura em “L” (figura 04). Para a confecção, foi necessário 2 m de cantoneira e 0,5 m de Barra Chata, além de um tubo, com 103 mm de comprimento, 3 mm de espessura e 38 mm de diâmetro externo; uma chapa, com espessura de 12,7 mm, comprimento de 103 mm e largura de 106 mm e uma barra chata, com comprimento de 30 mm, largura de 40 mm e espessura de 5 mm, que foram utilizados para confeccionar o mancal a ser aplicado sob a base fixa.

<sup>1</sup> Correntes de rolos simples ANSI 41. Cerello correntes e engrenagens., São Paulo - SP



Figura 04: Base Fixa (seta) fabricada em aço 1020 com estrutura em “L”.

A Base Fixa recebeu oito furos com diâmetro de 8 mm, com distância entre centros de 30 mm, que permitiram o encaixe de parafusos, que devem fixar a base móvel sob a base fixa. Estes furos foram feitos com o uso de uma furadeira. Após isto, as cantoneiras e barras chatas foram soldadas com o auxílio de esquadros magnéticos, que impediram a movimentação das estruturas metálicas durante a soldagem e ao mesmo tempo garantiram o devido alinhamento das peças.

Separadamente da estrutura, foi confeccionado um mancal, que serviu de base para aplicação do conjunto Eixo-Engrenagem, responsável pela transmissão do torque ao corpo de prova. O mancal foi confeccionado e soldado sob a base fixa, juntamente com duas mãos francesas, com espessura de 5 mm (Figura 05).



Figura 05: Mancal soldado sob base fixa.

### **Base móvel**

Para a confecção da estrutura da base móvel, foi necessário 1 m de cantoneira e 0,5 m de Barra Chata, além de um tubo de aço 1020 com 4,5 cm de comprimento e diâmetro externo de 84 mm e espessura de 4 mm, que foram cortados utilizando uma lixadeira com o mesmo disco de corte para Aço Carbono, de 4,5 polegadas de diâmetro e espessura de 1,2 mm.

Na Base Móvel, foram usinadas duas ranhuras com largura de 8 mm e comprimento de 110 mm, que visou a fixação desta parte de modo que a base móvel



pudesse ser ajustada sob a base fixa, permitindo que corpos de prova de comprimentos distintos possam ser encaixados no dispositivo de ensaio de torção (figura 06).

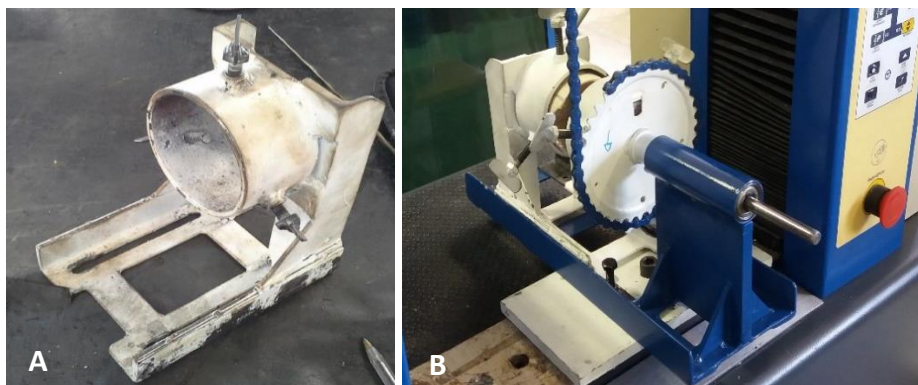


Figura 06: (A) Base Móvel do dispositivo de ensaio de torção. (B) Base fixa e base móvel montadas sob máquina universal para ensaio de torção

### Placa de fixação

A placa de fixação foi desenvolvida para que o dispositivo de ensaio de torção fosse fixado adequadamente à MUE (figura 07). Para a fabricação, inicialmente foi necessário o corte da chapa de aço de 10 mm utilizando um maçarico.

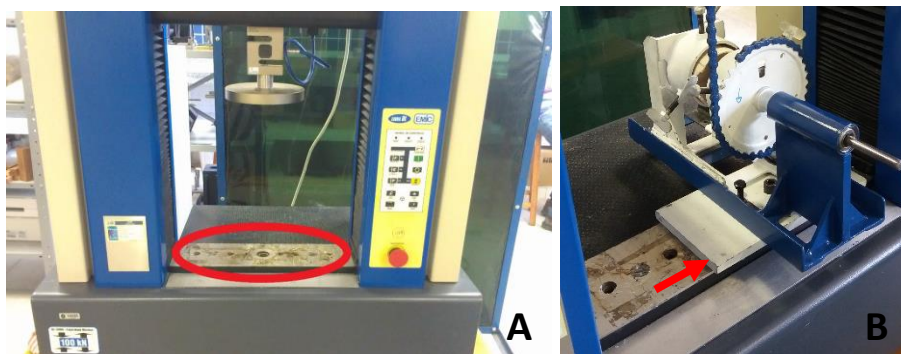


Figura 07: (A) Furos de fixação sob base da Máquina Universal de ensaios (círculo). (B) Dispositivo de ensaio de torção montado sob máquina universal, fixa pela placa de fixação (seta)

A placa de fixação possui dois furos de 13 mm, aonde serão aplicados dois parafusos, que devem fixar a placa na base da máquina universal, além de seis furos com diâmetro igual a 6,8 mm, conforme sugerido por Osg (2014), para que sejam elaboradas roscas M8, para que dessa forma, o dispositivo de ensaio de torção ou a base móvel sejam fixados sob a placa (figura 08). Estes furos foram feitos na fresa, para garantir maior precisão dimensional, e dessa forma, garantir o melhor alinhamento da montagem do dispositivo. Após isto, as roscas foram feitas manualmente, utilizando machos de roscar M8 x 1,25 mm.

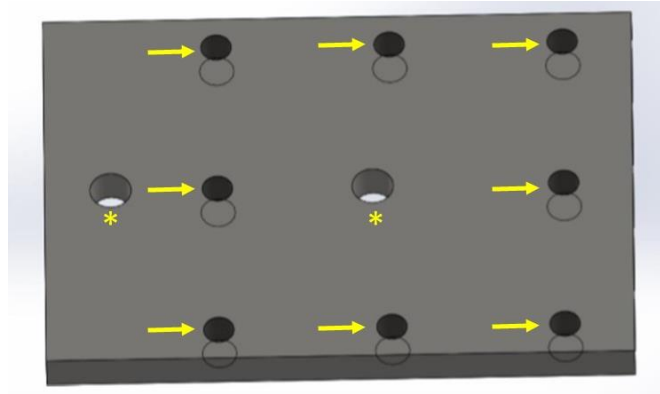


Figura 08: Placa de Fixação. Furos de 13mm de diâmetro para acoplamento da placa de fixação à MUE (\*). Furos de 6,8 mm de diâmetro para fixação do dispositivo de torção à placa de fixação (setas).

### Conjunto roda dentada-eixo

Para confecção do conjunto roda dentada – eixo, um tubo com três parafusos de fixação do corpo de prova foi soldado a esta, com o intuito de fixar uma das extremidades do corpo de prova. Antes disso, utilizou-se a furadeira de bancada para fazer três furos alinhados ao corpo do tubo, no centro do seu comprimento, com defasagem de 120°. Após isto, foram abertas três roscas M8 x 1,5 mm nestes furos e foram soldadas três porcas na região externa do tubo, com o intuito de fornecer mais rigidez aos parafusos aplicados (Figura 09).

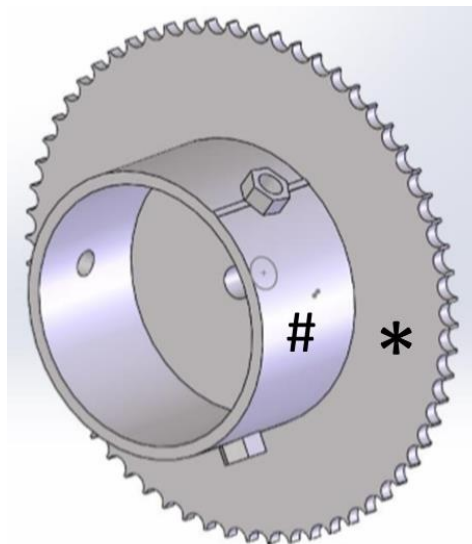


Figura 09: Roda dentada (Engrenagem) (\*) com Tubo de Fixação (#).

Para facilitar possíveis reparos no rolamento ou eixo do dispositivo, foi fabricada uma luva de aço 1020, para evitar que o eixo seja soldado à engrenagem e

adequar o diâmetro de encaixe da coroa ao diâmetro do eixo escolhido. A luva possui uma rosca M6 x 1 mm, que deve receber um parafuso de M6 x 1 x 15 mm (Figura 10).

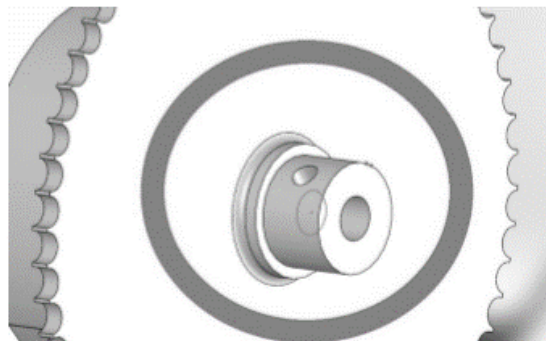


Figura 10: Luva acoplada em roda dentada.

O eixo maciço escolhido para o conjunto é feito de Aço 1040 (figura 11). Este possui diâmetro de 10 mm e comprimento de 140 mm. Para acoplar o conjunto Roda Dentada-Eixo, foi necessário a abertura de duas ranhuras, de maneira que dois anéis elásticos sejam acoplados ao conjunto e impeça a movimentação do conjunto na direção axial. Além disso, foi necessária a confecção de um chanfro, para que a roda dentada seja fixada no eixo pelo parafuso de 6 mm, que deve ser aplicado na luva, impedindo a movimentação axial e rotacional da roda dentada em relação ao eixo.

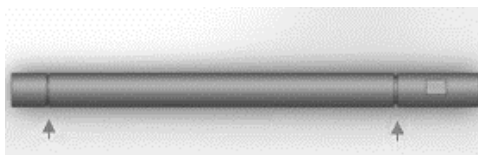


Figura 11: Eixo utilizado em conjunto com Roda Dentada. As setas indicam as ranhuras de encaixe dos anéis elásticos.

Devido ao baixo diâmetro, a rotação do eixo, durante o ensaio foi considerada nula. Ao ser apoiado sob dois rolamentos, o eixo assumiu um comportamento praticamente estático e se comportou como uma viga simplesmente apoiada. A roda dentada, ao receber a força de tração da Máquina Universal, transmitiu esforço cortante e momento fletor a uma das extremidades do eixo (figura 12).

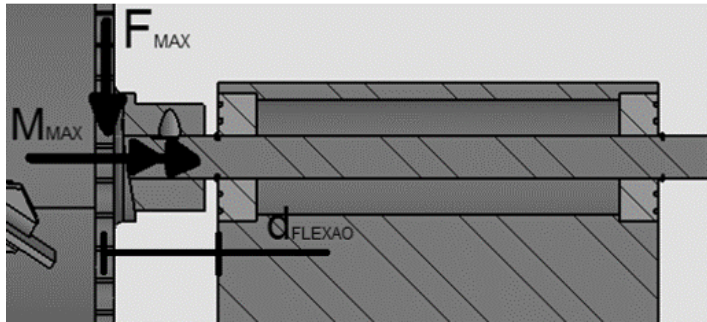


Figura 12: Força e Momento atuantes em extremidade do eixo.

### Rolamento

O rolamento NSK 6200<sup>19</sup> foi escolhido para ser utilizado no dispositivo de ensaio de torção. Este rolamento é blindado e possui diâmetro externo de 30 mm, diâmetro interno de 10 mm e espessura de 9 mm. Trata-se de um rolamento de esferas, com plena capacidade de suportar a carga radial esperada para este, uma vez que os dois rolamentos atuarão como apoios de uma viga.

A corrente de rolos simples ANSI 41<sup>20</sup> utilizada no dispositivo possuiu duas extremidades, onde uma delas foi acoplada à MUE, para tracioná-la e a outra foi acoplada à roda dentada (figura 13).

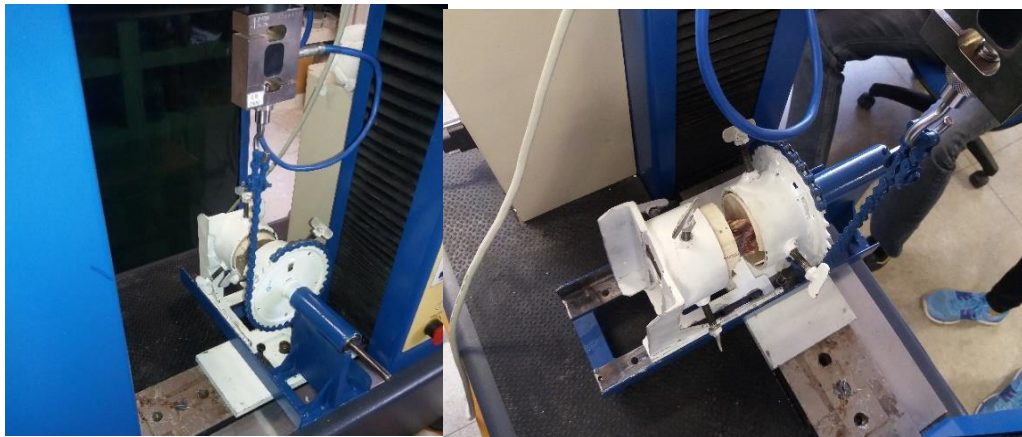


Figura 13: Demonstração da corrente. Uma extremidade fixa à roda dentada e a outra tracionada pela MUE.

Quando ocorreu à tração da corrente, esta tracionou à roda dentada, que transmitiu o torque do braço de alavanca ao corpo de prova. Com o intuito de evitar o esforço cortante na extremidade do eixo, a corrente permaneceu até o fim do ensaio envolvida em mais de 50 % do perímetro da engrenagem (figura 14).

<sup>19</sup> NSK 6200. NSK Brasil. Suzano - SP

<sup>20</sup> Correntes de rolos simples ANSI 41. Cerello correntes e engrenagens., São Paulo - SP

A extremidade da corrente a ser acoplada na roda dentada foi posicionada entre os pontos A e B, proporcionando o surgimento de uma reação no sentido oposto ( $F_B$ ) de igual intensidade à Força de Tração e sentido oposto a esta.

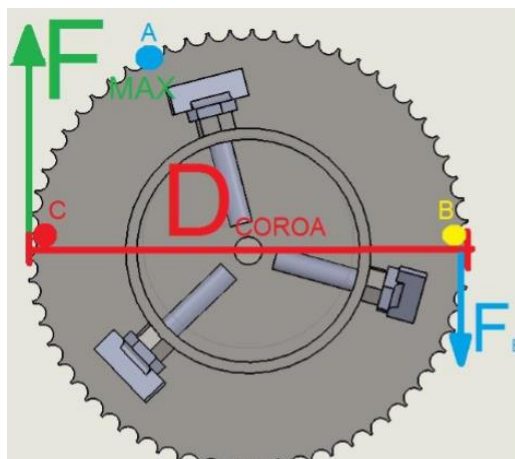


Figura 14: Forças atuantes sob roda dentada durante tração da MUE.

Para avaliação do aparelho de ensaio de torção, foram realizados ensaios biomecânicos *ex vivo* comparando o valor de deformação vertebral entre as vértebras intactas e submetidas à corpectomia lateral parcial isolada, CLP associada à pediclectomia, e CLP associada à pediclectomia e hemilaminectomia nos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> da coluna vertebral toracolombar de cães. No experimento, foram utilizados 10 cadáveres caninos, da raça Dachshund, sem limitações quanto ao sexo, entre 4 e 12 anos, pesando entre oito e 12 kg, oriundos do Hospital Veterinário Universitário da UFRPE, que tiveram óbito por causas diversas, não relacionadas a esta investigação e sem sinais clínicos e tomográficos de disfunção neurológica na região toracolombar.

Cada coluna foi coletada dos animais selecionados após o óbito. Foram removidos os segmentos torácicos e lombares (T<sub>1</sub>-L<sub>7</sub>) em bloco único, com as costelas e musculatura paravertebral circundante intacta, objetivando preservar as cápsulas articulares e ligamentos vertebrais, os quais foram armazenados em um freezer a -20°C até a realização dos testes.

Os espécimes foram avaliados e selecionados por meio da realização de tomografia computadorizada (TC)<sup>21</sup> de cada segmento da coluna vertebral para descartar qualquer alteração que poderia comprometer os ensaios mecânicos.

<sup>21</sup> Tomógrafo Helicoidal GE High Speed FXi.

No dia anterior aos testes, os espécimes foram transferidos e armazenados em um refrigerador entre 0 e 4°C para descongelar. Doze horas antes dos testes, foi realizada a preparação dos mesmos para o acoplamento no aparelho de ensaios mecânicos. Para a preparação, foi realizada a desarticulação das vértebras, deixando unidos os segmentos L<sub>1</sub>-L<sub>4</sub>. As superfícies ósseas foram limpas, removendo-se a musculatura paravertebral porém mantendo-se intacta as cápsulas articulares e ligamentos espinais.

Foram aplicados fios ortopédicos para manter unidas as vértebras L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub>, permitindo desta forma apenas a movimentação dos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>. Em seguida, foram centralizadas em um tubo de PVC de 75 mm de espessura por 50 mm de comprimento por meio de fios ortopédicos e foram embebidos em resina acrílica de polimetilmetacrilato<sup>22</sup> na fase arenosa até a polimerização final.

Os ensaios biomecânicos foram realizados na MUE EMIC<sup>®23</sup>, que possui uma interface com o software Tesc<sup>®24</sup> e permite a coleta e análise de dados referentes à velocidade, carga e deformação do material. Os ensaios de torção direita e esquerda foram realizados até um valor dentro do limite da fase elástica.

Os segmentos vertebrais dos cadáveres foram submetidos ao teste de torção, inicialmente sem ostectomia, para se obter os índices de normalidade nos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>, sendo este o grupo controle. Em seguida, nos mesmos espécimes, foi realizada a técnica de corpectomia lateral parcial em L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> no lado esquerdo e realizado novos ensaios biomecânicos para avaliar o efeito dessa técnica na estabilidade vertebral.

Após a primeira etapa de avaliações, foi realizada a técnica de pediclectomia esquerda nos segmentos vertebrais L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>, previamente submetidos à CLP, sendo efetuadas novas análises biomecânicas de torção. Por fim, a pediclectomia foi convertida em hemilaminectomia do mesmo lado e foram mais uma vez realizados os testes biomecânicos.

Para os ensaios de torção direita e esquerda, as forças de limites de carga foram de 2 Nm e de velocidade de 1°/s, com pré-carga de 1 N.

Para se obter os valores de deslocamento vertebral em ângulo baseado na determinação do deslocamento do aparelho em milímetro, foi utilizado o software Microsoft Excel<sup>®25</sup>. A princípio, foi determinado o torque. Para tal, multiplicou-se o

---

<sup>22</sup> Resina Acrílica Autopolimerizável Vipi Flash Pó e Líquido. VIPI Produtos Odontológicos – Pirassununga – SP.

<sup>23</sup> Máquina de ensaios EMIC DL – 5000/10000- EMIC equipamentos e sistemas de ensaios Ltda. São José dos Pinhais – PR.

<sup>24</sup> Software TESC – Instron® Basil equipamentos científicos Ltda. São José dos Pinhais – PR.

<sup>25</sup> Microsoft Excel® 2016. Microsoft Corporation. Washington, EUA.

valor da força aplicada pelo aparelho em Newtons pelo raio da roda dentada (7cm). Após obtenção do torque, foi obtido o valor do ângulo de torção em radianos por meio da fórmula =ATAN(B2/70). Em seguida, o valor do ângulo em graus foi obtido com a fórmula =F2\*360/(2\*3,1415) (figura 15).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Tempo(s)	Deformação(mm)	Força(N)		torque(N.m)	Ang. Torção (rad)	Ang. Torção (Graus)				
2	16,85	1,3963	28,512		19,94714286	0,019944498	1,143315167				
3					0	0	0				formulas
4	23,683	1,9658	28,512		28,08285714	0,028075478	1,609422314		Torque (E)	"=C2*0,07"	
5	35,283	2,9329	28,512		41,89857143	0,04187408	2,400424951		Ang Torção radianos (F)	"=ATAN(B2/70)"	
6	37,233	3,0957	28,512		44,22428571	0,044195488	2,533499335		Ang Torcao Graus (G)	"=F2*360/(2*3,1415)"	
7	28,267	2,3486	28,512		33,55142857	0,033538847	1,922609091				
8	47,033	3,911	28,512		55,87142857	0,055813401	3,199494315				

Figura 15. Sequência de obtenção do valor de deslocamento em graus baseado no deslocamento em milímetros registrada pela MUE.

A CLP foi realizada de acordo com a técnica cirúrgica descrita por Moissonnier et al. (2004). Para realização da pediclectomia e hemilaminectomia, foi utilizada a técnica descrita por Sharp & Wheeler (2006).

Na análise biomecânica, foi verificado o valor de deformação vertebral comparando a vértebra intacta (valor de normalidade), submetida à corpectomia lateral parcial, corpectomia associada à pediclectomia e corpectomia associada à pediclectomia e hemilaminectomia nos segmentos L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> da coluna vertebral.

Os dados coletados na referida análise foram armazenados em fichas individuais e registrados automaticamente em sistema operacional. Após o término do trabalho as variáveis foram analisadas. Verificou-se a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilks. Em seguida, foram analisados por meio do Teste de Friedman para dados pareados, ao nível de 5 % de significância. As análises foram realizadas no programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 23.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A possibilidade de acoplamento do dispositivo de ensaios de torção permitiu a avaliação dos movimentos de rotação direita e esquerda dos espécimes da coluna vertebral, adicionando informações referentes a esse movimento vertebral, contornando as limitações de Figueiredo (2013) e Diamante et al. (2016) que em seus trabalhos sobre biomecânica da coluna vertebral em cães não realizaram esse tipo de ensaio devido às limitações do aparelho empregado.

Um dos pontos críticos do dispositivo de ensaio de torção que merece muito cuidado é o eixo maciço utilizado para conectar e apoiar a roda dentada na base móvel.

O dimensionamento do eixo deve verificar a força máxima a ser aplicada pela máquina universal e escolher o material mais adequado para o eixo. Ao ser acoplado no dispositivo, o eixo (que possuiu diâmetro de 10 mm) sofreu rotação mínima, pois durante o ensaio, a roda dentada jamais conseguiria alcançar uma revolução completa em um tempo menor que um minuto.

Para a confecção da base fixa do dispositivo de ensaio de torção, optou-se por utilizar cantoneiras de aço 1020, por este ser um material com custo relativamente baixo e possuir boa soldabilidade e usinabilidade. Optou-se pelo uso de uma estrutura em “L” com o intuito de oferecer maior rigidez a estrutura quando submetida a torção. A aba lateral do perfil em “L”, dessa forma, auxiliou o encaixe alinhado da base móvel sob a base fixa, além de possuir bom momento de inércia e baixo peso por metro de estrutura. Esta se mostrou eficiente na fixação do dispositivo ao aparelho de ensaio universal uma vez que nos testes não foram observados sinais da curva de força versus deslocamento que pudesse indicar falha ou frouxidão do dispositivo de torção.

Para a confecção da base móvel do dispositivo, optou-se por utilizar cantoneiras e barras chatas de aço 1020, mesmo material utilizado para a confecção da base fixa. A base Móvel teve a função de engastar uma das extremidades do corpo de prova e ajustar a fixação deste de acordo com o comprimento do corpo de prova. Esse mecanismo se mostrou eficiente uma vez que permitiu a fácil troca dos corpos de prova e se ajustou a variação de tamanho entre os espécimes.

O Dispositivo de Ensaio de Torção foi projetado e fabricado para ser acoplado em uma MUE. A placa de fixação favoreceu essa fixação na posição adequada para o ensaio. Além disso, quando acoplado à base móvel, permitiu que o corpo de prova fosse fixado fora do centro da máquina universal, proporcionando que sejam feitos ensaios de flexão, com tração aplicada em uma das extremidades do corpo de prova, enquanto a outra extremidade fica engastada na base móvel.

A Roda Dentada (engrenagem) teve como função principal transmitir o torque proveniente da tração da máquina universal ao corpo de prova. A adaptação da luva de aço 1020 evitou que o eixo fosse soldado à engrenagem e adequou o diâmetro de encaixe da coroa ao diâmetro do eixo escolhido e também visou facilitar possíveis reparos futuros no conjunto, além de impedir o deslocamento axial da engrenagem ao encaixar-se sob um chanfro no eixo.

O rolamento foi escolhido por ser capaz de suportar uma carga radial estática de até 93 kN, com confiabilidade superior a 10.000 horas, carcaça isolada (Nsk, 2015),



baixo custo de aquisição e alta disponibilidade em lojas especializadas em vendas de rolamentos, fazendo com que a entrada de poeira e umidade em suas esferas seja evitada, aumentando a sua vida útil. Desta forma, o usuário não necessita realizar lubrificação periódica no rolamento, porém, o mesmo deve ser substituído ao perder sua lubrificação interna, pois a carcaça isolada impede a lubrificação pelo usuário.

O eixo possuiu diâmetro de 10 mm para sofrer rotação mínima visando ser considerada nula. Ao ser apoiado sob dois rolamentos, o eixo assumiu um comportamento praticamente estático e se comportou como uma viga simplesmente apoiada. A roda dentada, ao receber a força de tração da Máquina Universal, transmitiu esforço cortante e momento fletor a uma das extremidades do eixo.

Em relação ao experimento para avaliar a eficiência do aparelho de torção, em todas as avaliações, os valores médios do deslocamento foram menores na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos, seguidos das médias na corpectomia, corpectomia associada à pediclectomia e da corpectomia associada à pediclectomia e hemilaminectomia, como demonstrado na tabela 1. Para a margem de erro fixada, se comprova diferenças significantes entre as técnicas para cada uma das medidas ( $p < 0,05$ ).

Tabela 1 – Estatísticas das medidas do deslocamento vertebral na avaliação antes da realização dos procedimentos descompressivos (normal), seguidas das médias após a realização da corpectomia, CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia nos movimentos de rotação direita e esquerda.

Variável	Técnica				Valor de p
	Antes (Normal)	Corpectomia	Corpectomia + Pediclectomia	Corpectomia + Pediclectomia+ Hemilaminectomia	
	Média ± DP (Mediana)	Média ± DP (Mediana)	Média ± DP (Mediana)	Média ± DP (Mediana)	
<b>Rotação direita</b>	2,07 ± 1,13 (1,60) <sup>(A)</sup>	2,41 ± 0,93 (2,09) <sup>(B)</sup>	2,73 ± 0,97 (2,33) <sup>(C)</sup>	6,07 ± 2,00 (5,89) <sup>(D)</sup>	<b>p<sup>(1)</sup> &lt; 0,001*</b>
<b>Rotação esquerda</b>	1,93 ± 0,96 (1,73) <sup>(A)</sup>	2,28 ± 0,88 (2,21) <sup>(AB)</sup>	2,63 ± 1,02 (2,54) <sup>(B)</sup>	3,37 ± 1,27 (3,28) <sup>(C)</sup>	<b>p<sup>(1)</sup> &lt; 0,001*</b>

(\*): Diferença significativa ao nível de 5,0 %.

(1): Através do teste Friedman com comparações pareadas do referido teste.

Obs.: Se todas as letras entre parênteses são distintas, comprova-se diferença significativa entre as técnicas correspondentes.

Nas variáveis rotação direita, houve diferença significativa ao se comparar entre si os ângulos antes da realização dos procedimentos descompressivos, após a CLP, CLP mais pediclectomia e ao acrescentar a hemilaminectomia. Na rotação esquerda não foi significativa a diferença entre o normal e a CLP e entre a CLP antes e após a associação da pediclectomia.

Nas variáveis de rotação lateral direita e esquerda se observam, por meio da avaliação da curva de momento versus angulação, valores maiores nas médias e maiores

amplitudes nas curvas conforme aumentou o número de técnicas descompressivas associadas (figura 16 A e B). Nestes gráficos, também se pode observar que a zona neutra se comportou de maneira semelhante na comparação entre a vértebra normal, após CLP e após a associação com a pediclectomia e aumentou após a associação da hemilaminectomia.

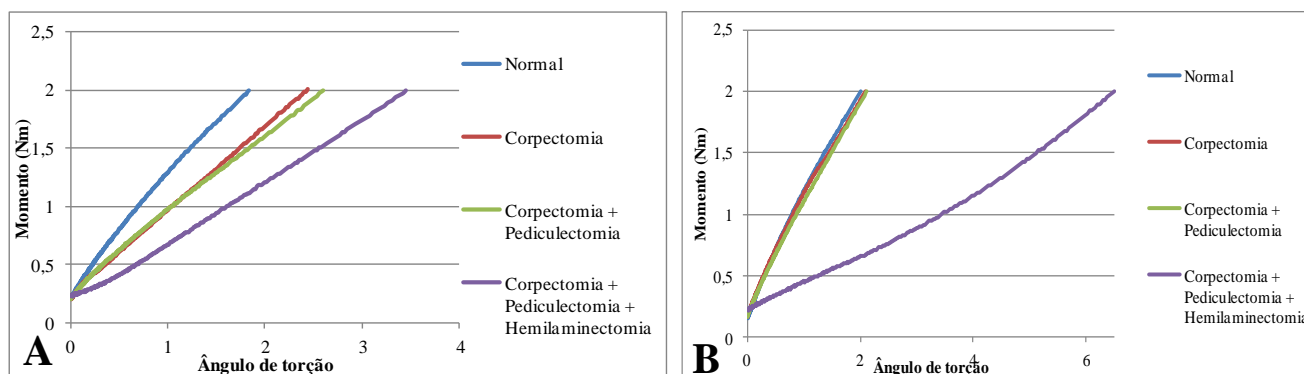


Figura 16 A e B - Resposta de momento versus deslocamento do terceiro animal testado na rotação esquerda (A) e na rotação direita (B) na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia.

Os dados obtidos no presente experimento (tabela 1) confirmaram a hipótese de que o incremento na associação de técnicas descompressivas aumenta o grau de deslocamento dos segmentos da coluna vertebral e a zona neutra nas curvas de deslocamento durante a realização dos movimentos de rotação direita e esquerda, corroborando os resultados descritos anteriormente por Revés et al. (2012) e Vicente et al. (2013) que analisaram a influência da CLP e suas associações com pediclectomia e hemilaminectomia, em cães não condrodistróficos e obtiveram aumento progressivo do deslocamento vertebral e da zona neutra depois de todos os procedimentos descompressivos realizados, em comparação com as amostras intactas.

Revés et al. (2012), não observaram diferença significativa na rotação direita e esquerda ao se realizar a CLP, conforme ocorreu com a rotação esquerda neste trabalho. Quando se associou a hemilaminectomia, os valores de deslocamento e da zona neutra aumentaram significativamente em relação à vértebra intacta e a submetida à CLP, conforme ocorreu nos dois lados deste trabalho no ensaio de torção.

Na avaliação da zona neutra dos movimentos de rotação direita e esquerda, o comportamento das curvas foi em geral semelhante entre a vértebra intacta, após a

realização da CLP e na associação com a pediclectomia e aumentou após a associação com a hemilaminectomia, provavelmente devido a influência da remoção dos processos articulares no movimento de rotação vertebral, onde esta ressecção levou a menor resistência na movimentação devido à falta de inibição do movimento durante a rotação vertebral. Esse dado corrobora com as informações de Dyce et al. (2010) e Klopp (2014), quando mencionaram que as facetas articulares influenciariam mais na rotação do que na flexão lateral, extensão e flexão. Segundo os mesmos autores, os processos articulares possuem a importante função de manutenção da estabilidade vertebral durante a rotação e flexão desta e que tendem a resistir melhor às forças torcionais.

### **CONCLUSÕES**

O dispositivo de ensaio de torção a baixo custo, que foi acoplado a Máquina Universal de Ensaio foi eficiente na realização de ensaios de torção em corpos de prova de vértebras caninas e apresentou boa relação custo benefício. O equipamento desenvolvido pode ser benéfico a qualquer instituição que precisa realizar ensaios mecânicos de torção, pois o dispositivo de ensaio de torção projetado requer apenas o uso de uma MUE, fazendo com que esta máquina realize um tipo de ensaio adicional.

O experimento analisando o dispositivo permitiu concluir que a CLP isolada e a associação de CLP com pediclectomia não promoveu diferença significativa em todos os movimentos avaliados nos cães da raça Dachshund. No entanto, a CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia nesse tipo de pacientes promoveu aumento significativo na amplitude de movimento e na zona neutra em todos os movimentos testados.

### **REFERÊNCIAS**

Cardoso PHN. 2016. Projeto e fabricação de um dispositivo de ensaio de torção. Juazeiro: Universidade Federal do Vale do São Francisco. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação.

Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. Tratado de anatomia veterinária. Rio de Janeiro; Guanabara Koogan; 2010. 834 p.

Dalmolin F, Pinto Filho, STL, Cortes AM, Brun MV, Cauduro, CR, Schossler JEW. Biomecânica óssea e ensaios biomecânicos - fundamentos teóricos, 2013. Ciência rural 2013; 43(9):1675-1682.

Figueiredo AV. Estudo Biomecânico em Coluna Tóraco-Lombar de Cães com Técnicas de Fixação Utilizando Pino e Polimetilmetacrilato, Estabilização Segmentar Modificada, Placa Bloqueada e Clamp Rod Internal Fixation. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013. Dissertação de Mestrado.

Garcia A, Spim JA, Santos CA. Ensaio dos Materiais. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

Hibbeler RC. Resistência dos Materiais. São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2010.

Hulse D, Hyman B. Biologia e biomecânica das fraturas. In: Slatter D. Manual de cirurgia de pequenos animais. São Paulo: Manole, 2007, p. 1785-1792.

Klopp LS. Doença do disco intervertebral. In: Bojrab MJ. Mecanismos das doenças em cirurgia de pequenos animais. São Paulo: Roca, 2014, p. 343-363.

Moissonnier P, Meheust P, Carozzo C. Thoracolumbar Lateral Corpectomy for Treatment of Chronic Disk Herniation: Technique Description and Use in 15 Dogs, 2004. Vet. Surg 2004; 33: 620–628.

NSK. Catálogo Geral NSK, 2015. Disponível em: <[http://www.nsk.com.br/upload/file/flipbook/Catalogo\\_Geral\\_NSK/Catalogo\\_Geral\\_NSK/Cat%C3%A1logo%20Geral%20NSK.html#p=556](http://www.nsk.com.br/upload/file/flipbook/Catalogo_Geral_NSK/Catalogo_Geral_NSK/Cat%C3%A1logo%20Geral%20NSK.html#p=556)>. [2016 Jan 12].

OSG. Diâmetros de furos para roscar- Macho de Corte, 2014. Disponível em: <[http://www.osg.com.br/v4/fotos/download/N22\\_baixa.pdf](http://www.osg.com.br/v4/fotos/download/N22_baixa.pdf)>. [2016 jan 18]

Revés NV, Burki A, Ferguson S, Geissbuhler U, Stahl C, Bürki A, Forterre F. Influence of partial lateral corpectomy with and without hemilaminectomy on canine thoracolumbar stability: a biomechanical study, 2012. Vet. Surg 2012; 41(2):228-34.

Diamante GAC, Marinho PVT, Zani, CC, Arias MVB. Avaliação ex vivo do conceito dos três compartimentos em fraturas toracolombares em cães 2016. In: 2º Simpósio Internacional de Neurologia Clínica da ABNV, 2016, São Paulo, SP. Anais do 2º Simpósio Internacional de Neurologia Clínica da ABNV:17.

Schwarz PD. Biomecânica das fraturas do esqueleto apendicular: causas e avaliação. In: Bojrab MJ. Mecanismos da moléstia na cirurgia dos pequenos animais. São Paulo: Manole, 1996, p.1161-1181.

Sharp NJH, Wheeler SJ. Transtornos vertebrales de pequenos animales. Madrid: Elsevier, 2006. 375 p.

Souza SA. Ensaio mecânicos de materiais metálicos. Fundamentos teóricos e práticos. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

Vicente F, Bernard F, Fitzpatrick D, Moissonier P. In vitro radiographic characteristics and biomechanical properties of the canine lumbar vertebral motion unit after lateral corpectomy, mini-hemilaminectomy and hemilaminectomy, 2013. Vet. Comp. Orthopaed. 2013; 26(1):19-26.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apoiado nos resultados deste trabalho, concluiu-se que a associação de CLP, pediclectomia e hemilaminectomia promoveu aumento significativo do deslocamento e incrementou a zona neutra em todos os movimentos avaliados. Quando se realizou a CLP e CLP associada à pediclectomia, esta diferença não ocorreu em todos os movimentos. Ao analisar a influência da estabilização vertebral, observou-se que na maioria dos movimentos, as médias foram maiores na avaliação da vértebra normal e menores após a realização da CLP, aumentando o grau de deslocamento conforme se associava as técnicas descompressivas e se estabilizou as vértebras. Esses resultados sugeriram que a estabilização da coluna vertebral pode não ser necessária em cães Dachshund submetidos à CLP e CLP associada à pediclectomia. No entanto, a CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia nessa raça deve ser realizada com cautela, devido ao aumento significativo na amplitude do movimento. Quando for necessária esta associação, a estabilização vertebral é indicada e foi eficiente na manutenção do deslocamento vertebral próximo dos valores de deslocamento normal da vértebra intacta na raça Dachshund.

Baseado nos resultados da presente investigação, recomenda-se a realização de um estudo a longo prazo, apoiado em avaliações neurológicas e de imagem em pacientes clínicos, para avaliar a influência do aumento significativo da amplitude de movimento vertebral que ocorre após a realização da CLP e sua associação com a pediclectomia e hemilaminectomia, com e sem estabilização vertebral.

O dispositivo de ensaio de torção que foi desenvolvido para ser acoplado à MUE foi eficiente na realização de ensaios de torção em corpos de prova de vértebras caninas, apresentou boa relação custo benefício e permitiu a realização destes testes no presente experimento.

## 5. APÊNDICES

**APÊNDICE A:** Gráficos de força versus deslocamento vertebral antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pedicuclectomia e CLP associada à pedicuclectomia e hemilaminectomia, com e/ou sem estabilização vertebral.

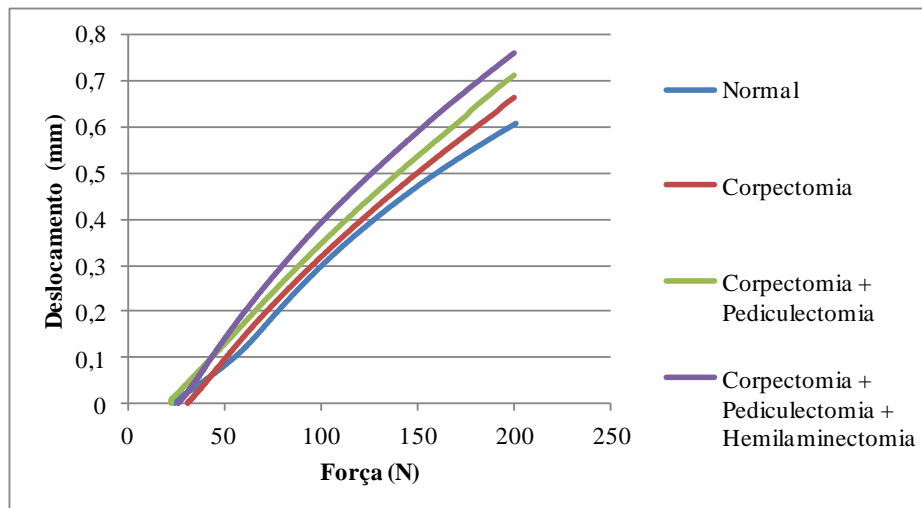


Gráfico 1- Resposta de força x deslocamento na compressão axial no animal 3 na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pedicuclectomia e à hemilaminectomia, sem estabilização vertebral. Por meio desta avaliação da curva de força versus deslocamento, é possível observar que quando foi aplicada a força de compressão, observam-se valores maiores nas médias e na curva de deslocamento conforme aumentou o número de técnicas descompressivas associadas.

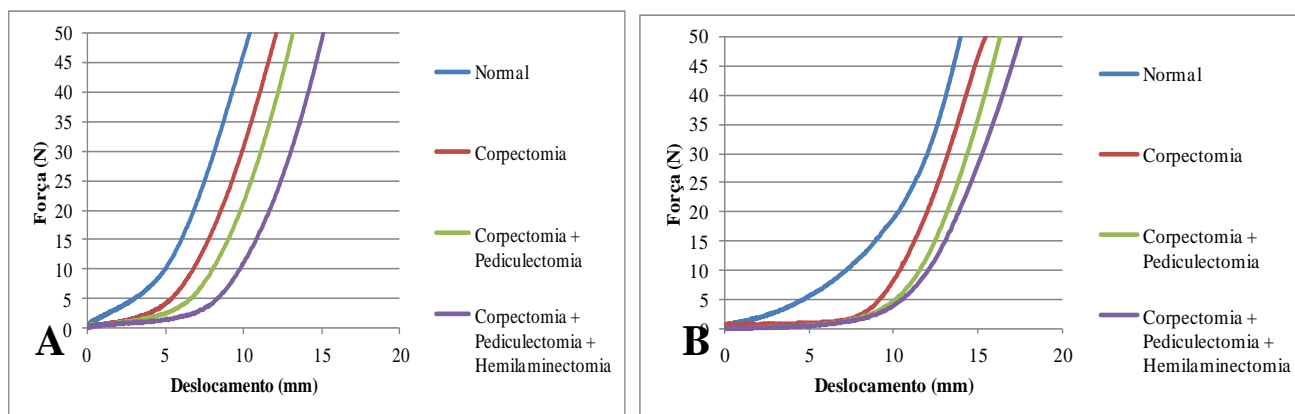


Gráfico 2 A e B - Resposta de força versus deslocamento na flexão vertebral do animal 2 (A) e extensão do animal 7 (B) na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pedicuclectomia e à hemilaminectomia, sem estabilização vertebral. Por meio da avaliação da curva de força versus deslocamento, observam-se valores maiores nas médias e maiores amplitudes das curvas conforme aumentou o número de técnicas descompressivas associadas, bem como o aumento da zona neutra após a realização da CLP e da sua associação dos procedimentos descompressivos.

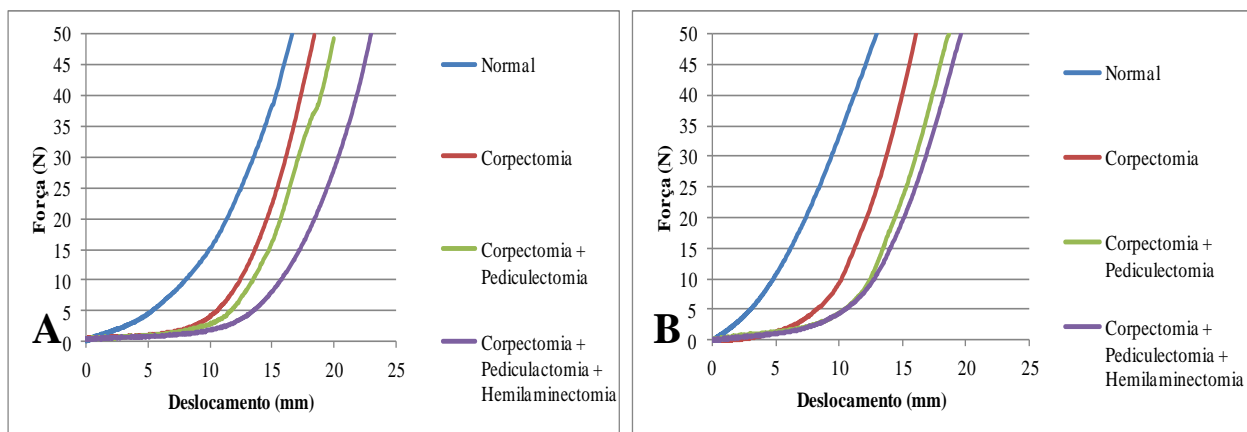


Gráfico 3 A e B - Resposta de força versus deslocamento na flexão lateral direita do animal 1 (A) e da flexão lateral esquerda do animal 4 (B) na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pedicuclectomia e à hemilaminectomia, sem estabilização vertebral. Nas variáveis de flexão lateral direita e esquerda observam-se, por meio da avaliação da curva de força versus deslocamento, valores maiores nas médias e acréscimo da zona neutra após a realização da CLP e conforme aumentou o número de técnicas descompressivas associadas.

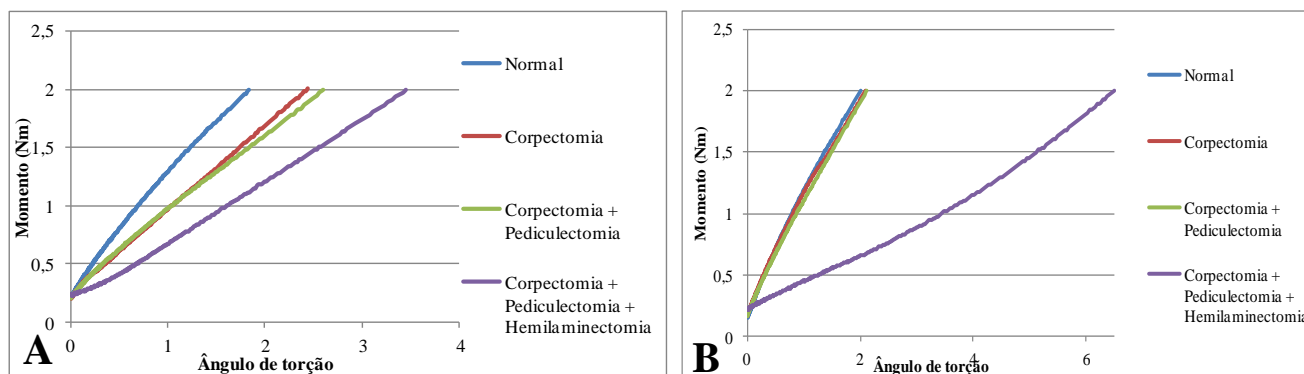


Gráfico 4 A e B - Resposta de momento versus deslocamento na rotação esquerda do animal 3 (A) e na rotação direita do mesmo animal (B) na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pedicuclectomia e à hemilaminectomia, sem estabilização vertebral. Nestas variáveis observam-se, por meio da avaliação da curva de momento versus angulação, valores maiores nas médias e maiores amplitudes nas curvas conforme aumentou o número de técnicas descompressivas associadas. Nestes gráficos, pode-se observar que a zona neutra se comportou de maneira semelhante na comparação entre a vértebra normal, após CLP e após a associação com a pedicuclectomia e aumentou após a associação da hemilaminectomia.



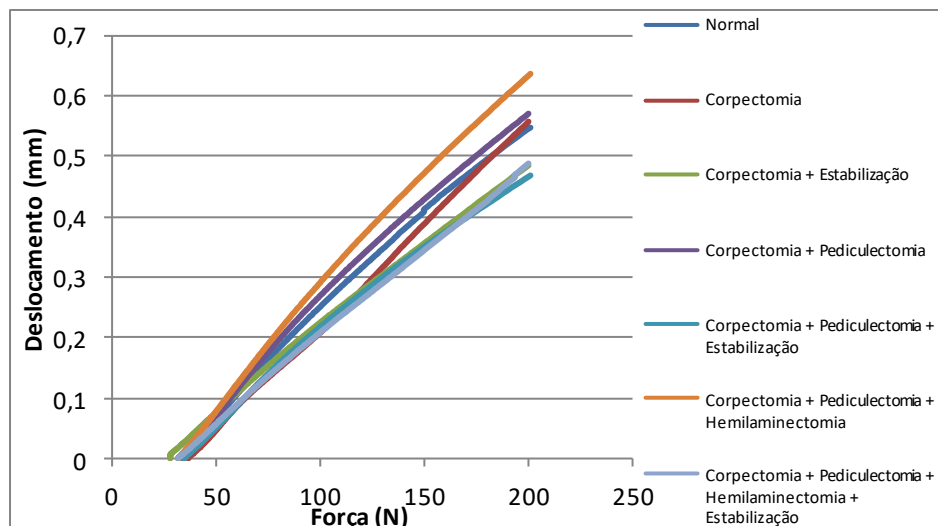


Gráfico 5- Resposta de força versus deslocamento na compressão axial no animal 3 na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia, antes e após a estabilização vertebral. É possível observar valores maiores para o deslocamento da vértebra normal e após a realização dos procedimentos descompressivos, ocorrendo aumento da curva conforme aumentou o número de técnicas descompressivas associadas. Após a estabilização vertebral, observam-se valores menores nas médias e nas amplitudes curva de deslocamento.

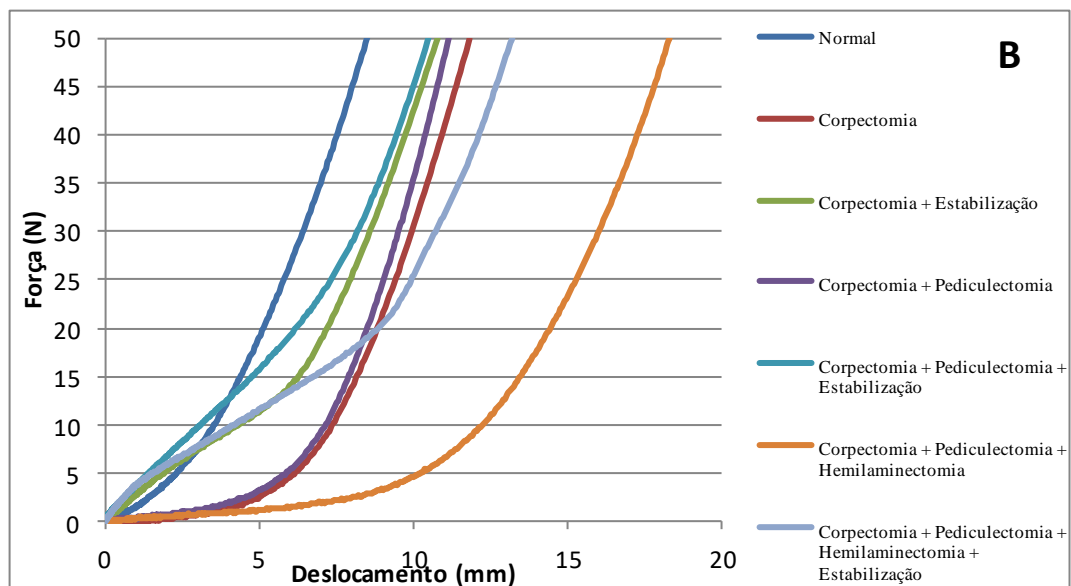
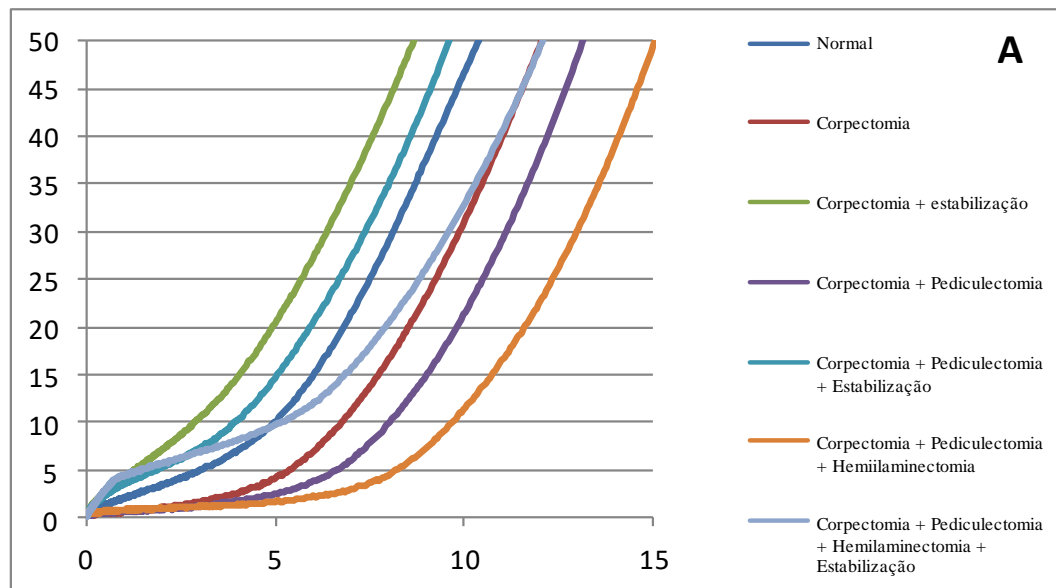


Gráfico 6- Resposta de força versus deslocamento na flexão do animal 2 (A) e na extensão do animal 3 (B) na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia, antes e após a estabilização vertebral. Observam-se valores maiores nas médias e nas curvas conforme aumentou o número de técnicas descompressivas associadas, bem como o aumento da zona neutra após a realização da CLP e da sua associação dos procedimentos descompressivos. Após a estabilização vertebral, observa-se diminuição da amplitude das curvas de deslocamento e diminuição da zona neutra ocasionada pelo aumento da estabilidade vertebral pelos parafusos pediculares.

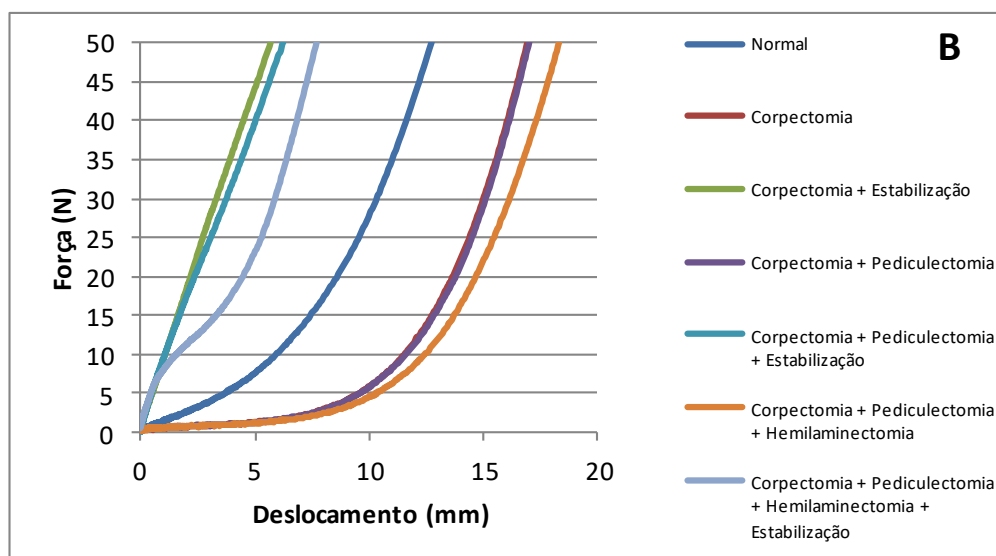
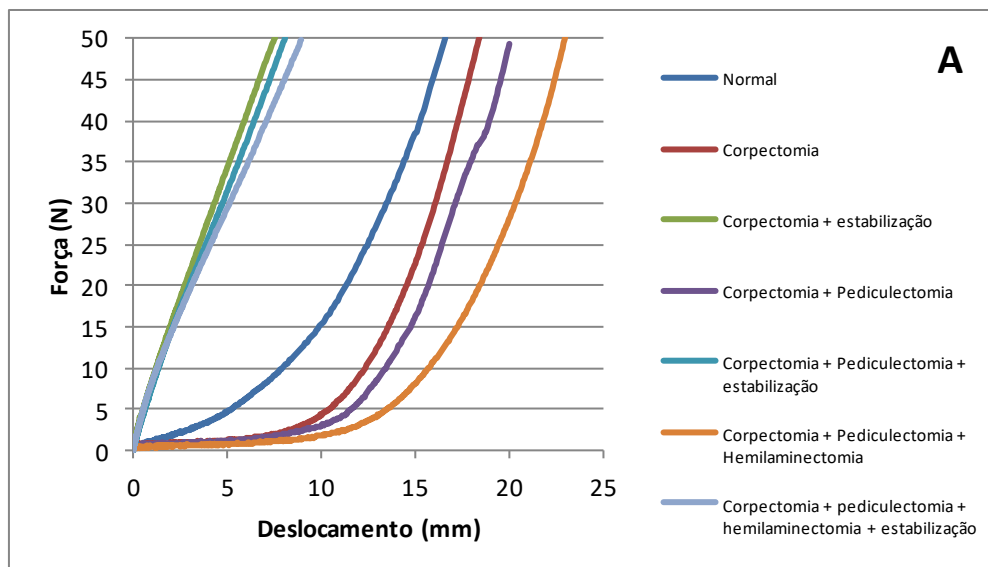


Gráfico 7- Resposta de força versus deslocamento na flexão lateral direita (A) e esquerda (B) do animal 1 na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia, antes e após a estabilização vertebral. Por meio da avaliação da curva de força versus deslocamento, observam-se valores maiores nas médias e nas curvas conforme aumentou o número de técnicas descompressivas associadas, bem como o aumento da zona neutra após a realização da CLP e da sua associação dos procedimentos descompressivos. Após a estabilização vertebral, observa-se diminuição da amplitude das curvas de deslocamento e diminuição da zona neutra ocasionada pelo aumento da estabilidade vertebral pelos parafusos pediculares.

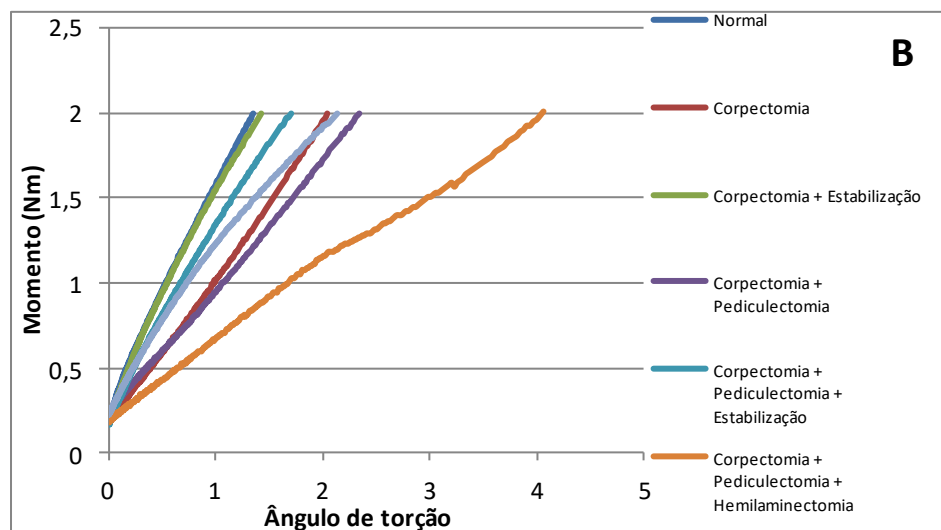
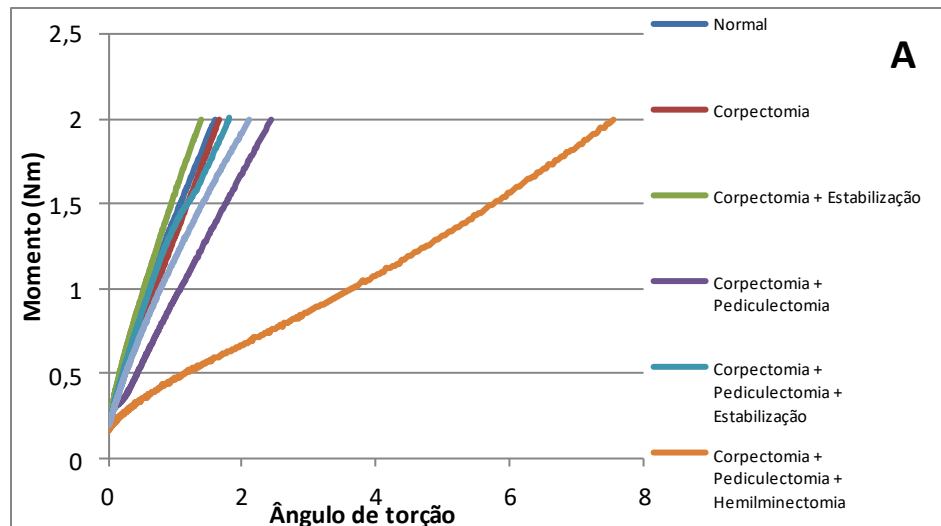


Gráfico 8- Resposta de força versus deslocamento na rotação direita (A) e esquerda (B) do animal 2 na avaliação antes da realização das técnicas descompressivas (normal) e após a realização da CLP, CLP associada à pediclectomia e à hemilaminectomia, antes e após a estabilização vertebral. Por meio da avaliação da curva de momento versus angulação, valores maiores nas médias e nas curvas conforme aumenta o número de técnicas descompressivas associadas, ocorrendo aumento da zona neutra quando se associou a hemilaminectomia. Nestes gráficos, também se pode observar que após a estabilização vertebral na hemilaminectomia, houve diminuição da zona neutra sugerindo aumento da estabilidade vertebral pelo parafuso pedicular.

**APÊNDICE B:** Termo de livre consentimento para inclusão de animais na pesquisa.

PROJETO DE DOUTORADO: BRUNO MARTINS

**ESTUDO BIOMECÂNICO DA CORPECTOMIA LATERAL PARCIAL ISOLADA E SUAS ASSOCIAÇÕES COM PEDICULECTOMIA E HEMILAMINECTOMIA, COM E SEM ESTABILIZAÇÃO VERTEBRAL, EM CÃES DA RAÇA DACHSHUND.**

### **Termo de livre consentimento**

Eu, \_\_\_\_\_, portador do RG: \_\_\_\_\_, CPF: \_\_\_\_\_, concordo com a inclusão do meu animal: \_\_\_\_\_ no projeto de pesquisa intitulado: “Estudo biomecânico da corpectomia lateral parcial isolada e suas associações com pediculectomia e hemilaminectomia, com e sem estabilização vertebral, em cães da raça Dachshund.”, permitindo a realização de todos os procedimentos que se fizerem necessários em meu animal.

Recife, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Proprietário

**APÊNDICE C:** Ficha de registros de dados na análise biomecânica

PROJETO DE DOUTORADO BRUNO MARTINS

**ESTUDO BIOMECÂNICO DA CORPECTOMIA LATERAL PARCIAL ISOLADA E SUAS ASSOCIAÇÕES COM PEDICULECTOMIA E HEMILAMINECTOMIA, COM E SEM ESTABILIZAÇÃO VERTEBRAL, EM CÃES DA RAÇA DACHSHUND.**

Ficha de registro dos dados dos ensaios Biomecânicos

Animal \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Data do experimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Densidade óssea:

L2: \_\_\_\_\_ L3: \_\_\_\_\_

Dimensões:

L2: comprimento: \_\_\_\_\_ Largura: \_\_\_\_\_ altura: \_\_\_\_\_

L3: comprimento: \_\_\_\_\_ Largura: \_\_\_\_\_ altura: \_\_\_\_\_

Dimensões da

corpectomia: comprimento: \_\_\_\_\_ Largura: \_\_\_\_\_ altura: \_\_\_\_\_

**VALORES DE FORÇA X DESLOCAMENTO**

	Compressão	Rotação direita	Rotação esquerda	Flexão dorsal	Flexão ventral	Lateral direita	Lateral esquerda
<b>Normal</b>							
<b>corpectomia</b>							
<b>Corpectomia com parafuso</b>							
<b>Corpectomia com pediculectomia</b>							
<b>Corpectomia Com pediculectomia com parafuso</b>							
<b>Corpectomia com pediculectomia com hemilaminectomia</b>							
<b>Corpectomia Com Pediculectomia Com Hemilaminectomia Com Parafuso</b>							

## 6. ANEXOS

### ANEXO A – Instruções aos autores:

## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

### REVISTA PESQUISA VETERINÁRIA BRASILEIRA

#### INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Os artigos devem ser submetidos através do Sistema Scholar One, link <<https://mc04.manuscriptcentral.com/pvb-scielo>>, com os arquivos de texto na versão mais recente do Word e formatados de acordo com o modelo de apresentação disponíveis no ato de submissão e no site da revista ([www.pvb.com.br](http://www.pvb.com.br)). Devem constituir-se de resultados de pesquisa ainda não publicados e não considerados para publicação em outro periódico.

Apesar de não serem aceitas comunicações (Short communications) sob a forma de "Notas Científicas", não há limite mínimo do número de páginas do artigo enviado.

Embora sejam de responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos artigos, o Conselho Editorial, com a assistência da Assessoria Científica, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações aconselháveis ou necessárias. Os artigos submetidos são aceitos através da aprovação pelos pares (peer review).

**NOTE:** Em complementação aos recursos para edição da revista é cobrada taxa de publicação (paper charge) no valor de R\$ 2.000,00 por artigo editorado, na ocasião do envio da prova final, ao autor para correspondência.

1. Os artigos devem ser organizados em Título, ABSTRACT, RESUMO, INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS, DISCUSSÃO, CONCLUSÕES, Agradecimentos e REFERÊNCIAS:

a) o Título deve ser conciso e indicar o conteúdo do artigo; pormenores de identificação científica devem ser colocados em MATERIAL E MÉTODOS.

b) O(s) Autor(es) deve(m) sistematicamente abreviar seus nomes quando compridos, mas mantendo o primeiro nome e o último sobrenome por extenso, como por exemplo:

Paulo Fernando de Vargas Peixoto escreve Paulo V. Peixoto (inverso, Peixoto P.V.); Franklin Riet-Correa Amaral escreve Franklin Riet-Correa (inverso, Riet-Correa F.). Os artigos devem ter no máximo 8 (oito) autores;

c) o ABSTRACT deve ser uma versão do RESUMO em português, podendo ser mais explicativo, seguido de "INDEX TERMS" que incluem palavras do título;

d) o RESUMO deve conter o que foi feito e estudado, indicando a metodologia e dando os mais importantes resultados e conclusões, seguido dos "TERMOS DE INDEXAÇÃO" que incluem palavras do título;

e) a INTRODUÇÃO deve ser breve, com citação bibliográfica específica sem que a mesma assuma importância principal, e finalizar com a indicação do objetivo do artigo;

f) em MATERIAL E MÉTODOS devem ser reunidos os dados que permitam a repetição da experimentação por outros pesquisadores. Em experimentos com animais, deve constar a aprovação do projeto pela Comissão de Ética local;

g) em RESULTADOS deve ser feita a apresentação concisa dos dados obtidos. Quadros (em vez de Tabelas) devem ser preparados sem dados supérfluos, apresentando, sempre que indicado, médias de várias repetições. É conveniente expressar dados complexos, por gráficos (=Figuras), ao invés de apresentá-los em Quadros extensos;

h) na DISCUSSÃO devem ser discutidos os resultados diante da literatura. Não convém mencionar artigos em desenvolvimento ou planos futuros, de modo a evitar uma obrigação do autor e da revista de publicá-los;

i) as CONCLUSÕES devem basear-se somente nos resultados apresentados;

j) Agradecimentos devem ser sucintos e não devem aparecer no texto ou em notas de rodapé;

k) a Lista de REFERÊNCIAS, que só incluirá a bibliografia citada no artigo e a que tenha servido como fonte para consulta indireta, deverá ser ordenada alfabética e cronologicamente, pelo sobrenome do primeiro autor, seguido dos demais autores (todos), em caixa alta e baixa, do ano, do título da publicação citada, e, abreviado (por extenso em casos de dúvida), o nome do periódico

ou obra, usando sempre como exemplo os últimos fascículos da revista ([www.pvb.com.br](http://www.pvb.com.br)).

2. Na elaboração do texto devem ser atendidas as seguintes normas:

a) A digitação deve ser na fonte Cambria, corpo 10, entrelinha simples; a página deve ser no formato A4, com 2cm de margens (superior, inferior, esquerda e direita), o texto deve ser corrido e não deve ser formatado em duas colunas, com as legendas das Figuras no final (logo após as REFERÊNCIAS). As Figuras e os Quadros devem ter seus arquivos fornecidos separados do texto. Os nomes científicos devem ser escritos por extenso no início de cada capítulo.

b) a redação dos artigos deve ser concisa, com a linguagem, tanto quanto possível, no passado e impessoal; no texto, os sinais de chamada para notas de rodapé serão números arábicos colocados em sobrescrito após a palavra ou frase que motivou a nota. Essa numeração será contínua por todo o artigo; as notas deverão ser lançadas ao pé da página em que estiver o respectivo número de chamada, sem o uso do "Inserir nota de fim", do Word. Todos os Quadros e todas as Figuras têm que ser citados no texto. Estas citações serão feitas pelos respectivos números e, sempre que possível, em ordem crescente. ABSTRACT e RESUMO serão escritos corriadamente em um só parágrafo e não devem conter citações bibliográficas.

c) no rodapé da primeira página deverá constar endereço profissional completo de todos os autores (na língua do país dos autores), o e-mail do autor para correspondência e dos demais autores. Em sua redação deve-se usar vírgulas em vez de traços horizontais;

d) siglas e abreviações dos nomes de instituições, ao aparecerem pela primeira vez no artigo, serão colocadas entre parênteses, após o nome da instituição por extenso;

e) citações bibliográficas serão feitas pelo sistema "autor e ano"; artigos de até dois autores serão citados pelos nomes dos dois, e com mais de dois, pelo nome do primeiro, seguido de "et al.", mais o ano; se dois artigos não se distinguem por esses elementos, a diferenciação será feita através do acréscimo de letras minúsculas ao ano. Artigos não consultados na íntegra pelo(s) autor(es), devem ser diferenciados, colocando-se no final da respectiva referência, "(Resumo)" ou "(Apud Fulano e o ano)"; a referência do artigo que serviu de fonte, será incluída na lista uma só vez. A menção de comunicação pessoal e de dados não publicados é feita no texto somente com citação de Nome e Ano, colocando-se na lista das Referências dados adicionais, como a Instituição de origem do(s) autor(es). Nas citações de artigos colocados cronologicamente entre parênteses, não se usará vírgula entre o nome do autor e o ano, nem ponto-e-vírgula após cada ano, como por exemplo: (Priester & Haves 1974, Lemos et al. 2004, Krametter-Froetcher et. al. 2007);

f) a Lista das REFERÊNCIAS deverá ser apresentada em caixa alta e baixa, com os nomes científicos em itálico (grifo), e sempre em conformidade com o padrão adotado nos últimos fascículos da revista, inclusive quanto à ordenação de seus vários elementos.

3. Os gráficos (=Figuras) devem ser produzidos em 2D, com colunas em branco, cinza e preto, sem fundo e sem linhas. A chave das convenções adotadas será incluída preferentemente, na área do gráfico (=Figura); evitar-se-á o uso de título ao alto do gráfico (=Figura).

4. As legendas explicativas das Figuras devem conter informações suficientes para que estas sejam compreensíveis, (até certo ponto autoexplicativas, independente do texto).

5. Os Quadros devem ser explicativos por si mesmos. Entre o título (em negrito) e as colunas deve vir o cabeçalho entre dois traços longos, um acima e outro abaixo. Não há traços verticais, nem fundos cinzas. Os sinais de chamada serão alfabéticos, começando, se possível, com "a" em cada Quadro; as notas serão lançadas logo abaixo do Quadro respectivo, do qual serão separadas por um traço curto à esquerda.

## ANEXO B – Instruções aos autores:

### INSTRUÇÕES AOS AUTORES REVISTA BRASILEIRA DE BIOMECÂNICA

Artigos oriundos de investigações originais, Artigos de revisão e ensaios, Artigos tematicamente orientados e à convite do conselho editorial e Notas técnico-metodológicas.

1. Os artigos podem ser redigidos em português ou inglês. Recomenda-se que os artigos redigidos em inglês contenham um resumo em português e quando redigidos em português obrigatoriamente deve conter resumo e abstract, bem como, Palavras-Chave e Key-Words.
2. Para os artigos originais os resumos devem ser apresentados no formato estruturado, com até 250 palavras, destacando o principal objetivo e os métodos básicos adotados, informando sinteticamente local, população e amostragem da pesquisa; apresentando os resultados mais relevantes, quantificando-os e destacando sua importância estatística; apontando as conclusões mais importantes, apoiadas nas evidências relatadas, recomendando estudos adicionais quando for o caso. As palavras-chaves devem ser de 3 a 6.
3. As seções, sempre que se aplicar, devem abranger os seguintes aspectos: Resumo, Palavras-Chave, Abstract, Key-Words, Introdução (Justificativa e Objetivos), Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusão, Referências.
4. Cada arquivo original, preferencialmente em Microsoft para Windows, deve ser precedido de uma folha de rosto, contendo título, identificação dos autores e vinculação institucional, endereço do autor para correspondência, emails de TODOS os autores, título resumido para impressão no cabeçalho de cada página (Running Title) e texto opcional de agradecimentos. O título do artigo deve reaparecer na página seguinte, juntamente com o resumo sem identificação de autores. O artigo deve ter sua extensão programada de modo a não exceder 20 páginas no formato final, utilizar letras times new roman ou arial de tamanho 12, o texto deve ser paginado em espaçamento duplo em papel A4 com margens de 2 cm.
5. Todas folhas devem conter o "Running Title".
6. Na redação do artigo, após a folha de rosto despersonalizada, a Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusão e Referências bem como outras que se aplicar devem constituir outra seção com coluna dupla.
7. São aceitas figuras, tabelas, arquivos de áudio e vídeo desde que estes estejam inseridos no local exato onde os autores pretendem que apareçam no texto final acompanhadas de suas respectivas legendas numeradas em algarismos arábicos e na ordem de aparição no texto.
8. Os elementos gráficos (figuras, tabelas, arquivos de áudio e vídeo) devem possuir resolução mínima de 600 dpi em formato gif, jpeg, wav, mp3, mpeg ou avi, e podem ser coloridos ou preto e branco.
9. A Revista Brasileira de Biomecânica requer que todos os procedimentos apropriados para obtenção do consentimento dos sujeitos para participação no estudo tenham sido adotados. Não há necessidade de especificar os procedimentos, mas deve ser indicado no texto que o consentimento foi obtido. Estudos que envolvem experimentos com animais devem conter uma declaração na seção Método, que os experimentos foram realizados em conformidade com a regulamentação sobre o assunto adotada no país.
10. O sistema de medidas básico a ser utilizado na Revista deverá ser o "Système International d'Unités". Uma lista completa das unidades SI pode ser acessada online em <http://physics.nist.gov/>. Como regra geral, só deverão ser utilizadas abreviaturas e símbolos padronizados. Se abreviações não padronizadas forem utilizadas, recomenda-se a definição das mesmas no momento da primeira aparição no texto.
11. As referências devem ser ordenadas alfabeticamente, numeradas e normalizadas de acordo com o estilo Vancouver. Os títulos de periódicos devem ser referidos de forma abreviada, de acordo com o Index Medicus, e grifados. Publicações com 2 autores até o limite de 6 citam-se todos; acima de 6 autores, cita-se o primeiro seguido da expressão latina et al.  
Exemplos:  
Garcia MAC, Souza MN. Análise do Sinal Mioelétrico a partir de um parâmetro temporal (Brasil), 2002. Rev. Bras Biomecânica 2002; 5: 5-12.  
Forattini OP. Ecologia, epidemiologia e sociedade. São Paulo; EDUSP; 1992.  
Laurenti R. A medida das doenças. In: Forattini, OP. Epidemiologia geral. São Paulo: Artes Médicas; 1996. p. 64-85.  
Vaz MA, Freitas CR, Brentano MA. Comparative Study of Mechanomyographic and Force Signals During Isometric Contractions. Rev Bras Biomecânica [periódico on line] 2006; 12(7). Disponível em URL:<http://citrus.uspnet.usp.br/biomecan/ojs/index.php/rbb> [2007 jun 23].  
Para outros exemplos recomendamos consultar o documento "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Writing and Editing for Medical Publication" (<http://www.icmje.org>). Conforme link no cabeçalho desta página.
12. Citações de referências no texto deverão ser feitas por extenso. Se forem dois autores, citam-se ambos ligados pela conjunção "e"; se forem mais de três, cita-se o primeiro autor seguida da expressão "et al".
13. Os arquivos originais deverão ser encaminhados preferencialmente através do sistema SEER. Caso o autor encontre problemas poderá enviar para o endereço eletrônico do contato com a RBB - [rbbjb@gmail.com](mailto:rbbjb@gmail.com).



**ANEXO C: Autorização do Comitê de Ética para Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco com o nº 133/2015.**



**Universidade Federal Rural de Pernambuco**

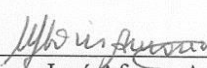
*Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n,  
Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE*

**Comissão de ética no uso de animais - CEUA**

**Licença para o uso de animais em experimentação e/ou ensino**

O Comitê de ética no uso de animais CEUA da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no uso de suas atribuições, autoriza a execução do projeto discriminado abaixo. O presente projeto também se encontra de acordo com as normas vigentes no Brasil, especialmente a Lei 11794/2008.

Número da licença	133/2015
Número do processo	23082.025987/2014
Data de emissão da licença	30 de Novembro de 2015
Título do Projeto	Comparação entre diferentes variações de corpectomia lateral parcial, em relação em à hemilaminectomia no tratamento descompressivo da doença do disco intervertebral .
Finalidade (Ensino, Pesquisa, Extensão)	Pesquisa.
Responsável pela execução do projeto	Eduardo Alberto Tudury
Colaboradores	Bruno Martins Araújo; Thaiza Helena Tavares Fernandes; Leonardo Moreira de Oliveira; Marcela Maria de Almeida Amorim .
Tipo de animal e quantidade total autorizada	Cão : total 50 animais ( machos e fêmeas).

  
Profª. Dra. Marleyne José Afonso Accioly Lins Amorim  
(Coordenadora da CEUA-UFRPE)



Profª. Dra. Marleyne Amorim  
Coordenadora CEUA