

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESPONDILECTOMIA PARCIAL VENTRAL CERVICAL
COM OSTEOTOMIA PIEZOELÉTRICA E CONVENCIONAL
EM COELHOS (*Oryctolagus cuniculus*)**

**Marcelo Roscamp
Médico Veterinário**

2017

**D
I
S
S.**

/

**R
O
S
C
A
M
P,**

M.

**2
0
1
7**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESPONDILECTOMIA PARCIAL VENTRAL CERVICAL
COM OSTEOTOMIA PIEZOELÉTRICA E CONVENCIONAL
EM COELHOS (*Oryctolagus cuniculus*)**

Marcelo Roscamp

Orientador: Prof. Dr. Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Cirurgia Veterinária.

2017

R791e Roscamp, Marcelo
Espondilectomia parcial ventral cervical com osteotomia
piezoelétrica e convencional em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) /
Marcelo Roscamp. -- Jaboticabal, 2017
ix, 46 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientador: Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias
Banca examinadora: Silvio Henrique de Freitas, Fabrício Singaretti
de Oliveira
Bibliografia

1. Aparelho piezoelétrico. 2. Fenda ventral. 3. Piezocirurgia. 4.
Neurocirurgia. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias
e Veterinárias.

CDU 619:617:636.92

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Diretoria
Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

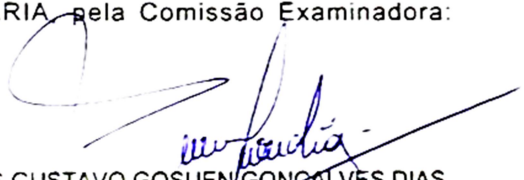
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESPONDILECTOMIA PARCIAL VENTRAL CERVICAL COM
OSTEOTOMIA PIEZOELETRICA E CONVENCIONAL EM COELHOS
(*Oryctolagus cuniculus*)

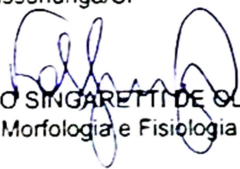
AUTOR: MARCELO ROSCAMP

ORIENTADOR: LUIS GUSTAVO GOSUEN GONÇALVES DIAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIRURGIA
VETERINÁRIA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LUIS GUSTAVO GOSUEN GONÇALVES DIAS
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. SILVIO HENRIQUE DE FREITAS
FZEA / USP / Pirassununga/SP


Prof. Dr. FABRICIO SINGARETTI DE OLIVEIRA
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 09 de outubro de 2017

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Marcelo Roscamp nasceu em Curitiba-PR, em dois de junho de 1984. Coursou graduação em Medicina Veterinária na Universidade Federal do Paraná, de abril de 2003 a novembro de 2007. Possui pós-graduação *Lato sensu* em clínica médica e cirúrgica de pequenos animais, de maio de 2008 a julho de 2010. Realizou estágio em cirurgia veterinária na “Università Degli Studi de Pisa” - Itália, de setembro de 2012 a maio de 2013. Desde então atua exclusivamente como cirurgião em diversas clínicas, com ênfase em ortopedia, traumatologia e neurocirurgia de pequenos animais. Atualmente é mestrando no Programa de Pós-graduação em Cirurgia Veterinária da FCAV – UNESP, Jaboticabal-SP.

EPÍGRAFE

“Na vida não há nada
que temer, apenas a ser
compreendido”

Marie Curie

Química e Física

AGRADECIMENTOS

A Deus porque sem Ele nada é possível.

Aos meus pais Margarete e Emílio, que apesar de todas as dificuldades sempre incentivaram e apoiaram os meus estudos e o meu trabalho. Com certeza eles são meus maiores exemplos de comprometimento, dedicação e amor ao próximo.

A minha esposa Makeli, por todo amor, amizade, paciência em todos esses anos de convívio. Especialmente pelo incentivo e apoio nessa empreitada do mestrado.

Ao meu amigo Frederico Carlini Zambon, que abriu mão de tempo com a sua família para anestesiá-los os coelhos desse experimento, dedicando-se absolutamente.

Aos colegas que também me auxiliaram no experimento, Lucas Benoti Antonelli, Marianne Rodrigues Silvério, Jean Machado Rodrigues e Thiago Navarro Vilalta.

Ao Programa de Pós-graduação em cirurgia veterinária da FCAV – UNESP - Jaboticabal.

A todos os colegas e professores do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Veterinária, que de alguma forma participaram desse processo.

Ao Dr. André Luiz Mendes Vilela de Andrade, da Driller, que prontamente se interessou por esse projeto, supervisionando o meu primeiro treinamento com a piezocirurgia e disponibilizando sem quaisquer ônus o aparelho utilizado nesse experimento.

Ao técnico de laboratório Cirilo Francisco dos Santos pelo importante auxílio no processamento do material para o exame histopatológico.

Ao Prof. Dr. Alexandre Hataka pelo auxílio na leitura das lâminas e na aquisição das imagens dos exames histopatológicos, bem como na discussão dos resultados.

Ao meu orientador Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias, que conseguiu conduzir o meu caminho com tranquilidade, sabedoria, respeito e amizade.

SUMÁRIO

Página

CERTIFICADO COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Princípios da piezocirurgia	4
2.2 Piezocirurgia oromaxilofacial.....	5
2.3 Aplicações em neurocirurgia	6
2.4 Pesquisas com piezocirurgia em modelos experimentais	7
2.5 Piezocirurgia na medicina veterinária.....	8
3. OBJETIVOS	10
3.1 Objetivo geral	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1 Delineamento experimental.....	11
4.2 Anestesia e monitoração	12
4.3 Procedimento cirúrgico.....	13
4.4 Avaliação histopatológica	17
4.5 Análise estatística	19
5. RESULTADOS	20
5.1 Procedimento cirúrgico.....	20
5.2. Análise dos tempos cirúrgicos.....	22
5.3 Visibilidade do campo cirúrgico	25
5.4 Complicações trans e pós-operatórias	25
5.5 Monitoração anestésica.....	27
5.6 Análise histopatológica.....	29

5.6.1 Grupo A – T1 com 14 dias de pós-operatório.....	29
5.6.2 Grupo B – T2 com 14 dias de pós-operatório.....	29
5.6.3 Grupo C – T1 com 28 dias de pós-operatório	30
5.6.4 Grupo D – T2 com 28 dias de pós-operatório	32
5.6.5 Grupo E – T1 com 56 dias de pós-operatório.....	32
5.6.6 Grupo F – T2 com 56 dias de pós-operatório.....	32
6. DISCUSSÃO	35
7. CONCLUSÃO.....	41
8. REFERÊNCIAS.....	42

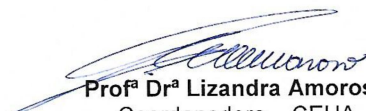
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado **"Comparação entre Osteotomia Piezoelétrica e Convencional na realização de Fenda Ventral Cervical de Coelhos (*Oryctolagus cuniculus*)"**, protocolo nº 5.403/16, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 04 de maio de 2016.

Vigência do Projeto	30/05/2016 a 30/08/2017
Espécie / Linhagem	Coelhos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) / Nova Zelândia
Nº de animais	30
Peso / Idade	Adultos
Sexo	Macho e fêmeas
Origem	Biotério

Jaboticabal, 04 de maio de 2016.


Profª Drª Lizandra Amoroso
Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - 14884-900 - Jaboticabal - SP - Brasil
tel 16 3209 2600 fax 3202 4275 www.fcav.unesp.br

ESPONDILECTOMIA PARCIAL VENTRAL CERVICAL COM OSTEOTOMIA PIEZOELÉTRICA E CONVENCIONAL EM COELHOS (*Oryctolagus cuniculus*)

RESUMO – A cirurgia piezoelétrica ou piezocirurgia é utilizada há várias décadas, porém em medicina veterinária são escassos os artigos publicados utilizando esta modalidade em cirurgias descompressivas da coluna vertebral de cães e gatos. Assim, aventou-se com esse trabalho investigar a aplicabilidade da mesma na realização da espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC), comparando-a com a técnica convencional que utiliza brocas esféricas de alta rotação para o desgaste ósseo, utilizando o coelho (*Oryctolagus cuniculus*) como modelo experimental de cães e gatos. Para tanto foi utilizado o aparelho médico Mastersonic®, que possui duas peças de mão, uma piezoelétrica com ponteira ultrassônica tipo cinzel delicado (T1) e na outra, motor de alta rotação com brocas esférica de 2 mm (técnica convencional) (T2). A EPVC foi realizada entre a terceira e quarta vértebras cervicais e cada técnica foi realizada em 15 animais, devidamente anestesiados, os quais foram avaliados quanto à duração de cada etapa da cirurgia, variações de temperatura durante a execução da EPVC, visibilidade do campo cirúrgico, complicações trans e pós-operatórias e monitoração anestésica. Aos 14, 28 e 56 dias de pós-operatório (PO), cinco animais de cada tratamento foram submetidos à eutanásia e realizado estudo histopatológico do local da cirurgia, avaliando à resposta inflamatória, à cicatrização óssea e as lesões medulares. Os resultados mostraram que T1 demandou mais tempo para a execução da curetagem e maior perda de temperatura no foco cirúrgico durante a cirurgia. O tempo de acesso cirúrgico reduziu progressivamente em torno de 50% até o oitavo procedimento de cada tratamento (T1 e T2), e após isso se manteve com a mesma duração nos dois tratamentos. O tempo de uso do aparelho foi mais homogêneo em T1 e diminuiu progressivamente em T2, mas ao avaliar o tempo total da técnica de EPVC, não houve diferença entre os tratamentos. O T1 proporcionou melhor visibilidade do campo cirúrgico, com apenas um caso de sangramento ósseo, contra seis casos em T2. Observaram-se quatro casos de hemorragia de seio venoso vertebral durante a curetagem no T1 e dois casos no T2. Também ocorreram três casos de déficits proprioceptivos transitórios, com duração de até 72 horas no T1. A temperatura corporal e a taxa de uso do isoflurano decaíram com o tempo nos dois tratamentos, assim como a frequência cardíaca em T1. No estudo histopatológico observou-se resposta inflamatória mais ativa em T1 aos 14 dias de PO, porém aos 28 e 56 dias de PO foi semelhante entre os tratamentos, assim como a cicatrização óssea. Ainda houve mais lesões medulares com a piezocirurgia (T1), principalmente aos 14 e 28 dias de PO, com presença de malácia, esferócitos e células “Gitter”. Enquanto que na técnica convencional (T2), notou-se discreta degeneração Walleriana, apenas aos 14 dias de PO. Conclui-se que a piezocirurgia é aplicável na realização da EPVC com excelente visibilidade do campo operatório, facilidade de manuseio e rápida curva de aprendizagem, no entanto, demandou maior tempo para execução da espondilectomia e provocou mais complicações cirúrgicas e de lesões medulares, quando comparada à técnica convencional.

Palavras-chave: aparelho piezoelétrico, fenda ventral, piezocirurgia, neurocirurgia.

CERVICAL VENTRAL PARTIAL SPONDILECTOMY WITH PIEZOELECTRIC AND CONVENTIONAL OSTEOTOMY IN RABBITS (*Oryctolagus cuniculus*)

ABSTRACT - Piezoelectric surgery or piezosurgery has been used for several decades, but in veterinary medicine, articles published using this modality in decompressive surgery of the spine of dogs and cats are scarce. The aim of this study was to investigate the applicability of this technique to the performance of cervical ventral partial spondylectomy (CVPS), comparing it with the conventional technique using high-rotation spherical drills for bone wear using rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) as an experimental model of dogs and cats.. For this was used Mastersonic® medical device that has two hand pieces, one piezoelectric type with ultrasonic delicate chisel tip (T1) and the other, high speed engine with spherical drills 2 mm (conventional technique) (T2). The CVPS was held between the third and fourth cervical vertebrae and each technique was performed on 15 animals, under anesthesia, which were evaluated for the duration of each stage of surgery, temperature variations during the execution of CVPS, the surgical field visibility, trans and postoperative complications and anesthetic monitoring. At 14, 28 and 56 postoperative days (PO), five animals per treatment were euthanized, and histological studies were carried to the surgical site by assessing the inflammatory response, and bone healing spinal injuries. The results showed that T1 required more time for curettage execution and highest loss of temperature at the surgical focus during surgery. Surgical access time progressively reduced by 50% until the eighth procedure of each treatment (T1 and T2), and after that it remained the same duration in both treatments. The time of use of the device was more homogeneous in T1 and progressively decreased in T2, but when evaluating the total time of the CVPS technique, there was no difference between treatments. The T1 provided better visibility of the surgical field, with only one case of bone bleeding, against six cases in T2. Four cases of vertebral venous sinus hemorrhage were seen during curettage in T1 and two cases in T2. There were also three cases of transient proprioceptive deficits, lasting up to 72 hours in T1. Body temperature and the rate of use of isoflurane declined over time in both treatments, as did heart rate in T1. Histopathological study there was more active inflammatory response in T1 at 14 days postoperatively, but after 28 and 56 days postoperatively was similar among treatments, as well as to bone healing. There were still more spinal cord injuries with the piezosurgery (T1), especially at 14 and 28 days of PO, with presence of malacia, spherocytes and Gitter cells. While the conventional technique (T2), it was noted discrete Wallerian degeneration, only at 14 days postoperatively. It is concluded that the piezosurgery is applicable in the performance of the CVPS with excellent visibility of the operative field, ease of handling and rapid learning curve, however, demanded more time for the execution of the spondylectomy and caused more surgical complications and spinal cord injuries, when compared to the conventional technique.

Keywords: piezoelectric device, ventral slot, piezosurgery, neurosurgery.

LISTA DE ABREVIATURAS

an. - Animal

Bmp – Batimentos cardíacos por minuto

CEUA – Comissão de ética no uso de animais

C1-7 – Primeira à sétima vértebra cervical

C3 – Terceira vértebra cervical

C4 – Quarta vértebra cervical

d.PO – Dias de pós-operatório

DIV – Disco intervertebral

EPVC – Espondilectomia parcial ventral cervical

Gr. - Grupo

HE – Coloração histológica hematoxilina e eosina

Hsp70 - Heat shock protein 70

L1-5 – Primeira à quinta vértebra lombar

Mpm – movimentos respiratórios por minuto

Obj. - Objetiva

PO – pós-operatório

r= - coeficiente de correlação de Pearson

T1 - tratamento 1 – piezocirurgia

T2 - tratamento 2 – broca esférica acoplada a motor de alta rotação

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1 - Média e desvio padrão das variáveis aferidas imediatamente antes e durante o procedimento cirúrgico de espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) (entre C3-C4) em coelhos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) com piezocirurgia (T1) e convencional com broca esférica de alta rotação (T2).....	20
Tabela 2 - Frequência dos escores de visibilidade do campo cirúrgico (baseado em Farrell et al., 2015) e das complicações observadas durante e após durante o uso de aparelho piezoelétrico (T1) e de broca acoplada a motor de alta rotação (T2) na realização de espondilectomia parcial ventral cervical - EPVC (C3-C4) em coelhos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>).....	26
Tabela 3 - Média e desvio padrão dos dados de monitoração anestésica, antes, durante e após a realização de espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) em coelhos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>), com piezocirurgia (T1) e com broca esférica acoplada a motor de alta rotação (T2).....	28
Tabela 4 - Alterações histopatológicas observadas na medula espinhal de coelhos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) após espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC), de acordo com cada tratamento (T1 – piezocirurgia e T2 – convencional) e Grupo experimental (A e B – eutanásia após 14 dias de pós-operatório; C e D – eutanásia após 28 dias de pós-operatório; E e F – eutanásia após 56 dias de pós-operatório) e classificado quanto ao tipo e grau de lesão microscópica em: (-) ausente, (+) leve, (++) moderada e (+++) severa.....	34

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribuição dos animais (coelhos – <i>Oryctolagus cuniculus</i>) de acordo com os tratamentos, sendo T1 – piezocirurgia e T2 broca esférica de alta rotação, e os grupos de acordo com o tempo de pós-operatório até a eutanásia, na realização da espondilectomia parcial ventral cervical - EPVC (C3-C4).....	12
Figura 2. Acesso ventral a coluna cervical de coelho (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) para a realização da técnica de espondilectomia parcial ventral cervical, e identificação da segunda (C2), terceira (C3) e quarta (C4) vértebras cervicais e dos discos intervertebrais (DIV) na ponta das agulhas. Fonte: Arquivo pessoal.....	16
Figura 3. A- aparelho piezoelétrico e motor cirúrgico Mastersonic® (VK Driller Equipamentos Ltda, Carapicuíba-SP, Brasil), B- Ponteira ultrassônica do tipo cinzel delicado e C- broca esférica de aço carbide. Fonte: http://driller.com.br/driller-med	16
Figura 4. Transoperatório de espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) em coelhos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) (entre C3-C4) com técnicas piezoelétrica (T1) e convencional com broca esférica de alta rotação (T2). A- Realização da EPVC <i>en bloc</i> , entre os corpos vertebrais de C3 e C4, com o uso de aparelho piezoelétrico (T1), a seta azul aponta a porção caudal de C3 e a seta amarela a porção cranial de C4. B- Curetagem após a osteotomia piezoelétrica, a seta preta indica o disco intervertebral preservado C- EPVC concluída no T1 (delimitada pelas linhas tracejadas amarelas). C- EPVC concluída com broca esférica acoplada a motor de alta rotação (T2) (elipse tracejada amarela). Fonte: Arquivo pessoal.....	21
Figura 5. Gráficos das variáveis avaliadas: A- Tempo de acesso cirúrgico e B- Tempo de desgaste ósseo, em minutos, na realização da espondilectomia parcial ventral cervical - EPVC (C3-C4) em coelhos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) com piezocirurgia (T1) e com broca esférica de alta rotação (T2) e de suas respectivas linhas de tendência (polinomial de 2º grau).....	23
Figura 6. Gráficos das variáveis avaliadas: A- Tempo de curetagem e B- Tempo total dos procedimentos de EPVC, em minutos, durante a espondilectomia parcial ventral cervical - EPVC (C3-C4) em coelhos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) com piezocirurgia (T1) e com broca esférica de alta rotação (T2), e de suas respectivas linhas de tendência (polinomial de 2º grau).....	24

Figura 7. Imagens fotográficas das complicações transoperatórias durante a espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) (entre C3-C4), em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*), com técnica piezoelétrica (T1) e convencional com broca esférica de alta rotação (T2). **A-** Escore 2 (seta) – discreto sangramento ósseo (T2). **B-** Escore 3 (seta) – Intenso sangramento ósseo(T2). **C-** Hemorragia de seio venoso vertebral após curetagem (T1). Fonte: Arquivo pessoal.....26

Figura 8. Fotomicrografias do estudo histopatológico de coelhos (*Oryctolagus cuniculus*), submetidos espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) (entre C3-C4) com piezocirurgia (T1) e com broca esférica (T2). **A-** Corte do local da cirurgia (an. 19, T1, Gr. A, 14d.PO) - notar as fibras musculares degeneradas (setas) e envolvidas pelas células inflamatórias mononucleares, Tricrômico de Masson, obj. 40x. **B-** Corte da medula espinhal (an. 7, T1, Gr. A, 14d.PO) - notar a vacuolização axonal, esferócitos (setas curtas) e células de “Gitter” (setas longas), HE, 20x. **C-** Corte da medula espinhal (an. 13, T1, Gr. A, 14d.PO) - notar a vacuolização axonal, esferócitos e células de “Gitter”, HE, 10x. **D-** Corte da medula espinhal (an. 9, T1, Gr. C, 28d.PO) - notar a área de lesão (setas), HE, 1x. **E-** Maior aumento da figura anterior, 5x. **F-** Maior aumento da figura anterior - notar a vacuolização axonal, esferócitos e células de “Gitter”, 20x.....31

Figura 9. Fotomicrografias do estudo histopatológico de coelhos (*Oryctolagus cuniculus*), submetidos ao procedimento cirúrgico de espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) (entre C3-C4) com piezocirurgia (T1) e convencional com broca esférica de alta rotação (T2). **A-** Corte da medula vertebral (animal 28, T2, Grupo D, 28 dias PO) - sem alterações morfológicas dignas de nota, HE, obj.1x. **B-** Corte da medula vertebral (animal 23, T1, Grupo F, 56 dias PO) - notar as áreas de malácia (setas). HE, 5x. **Detalhe-** Maior aumento da figura, 10x. **C-** Corte da medula vertebral (animal 29, T1, Grupo E, 56 dias PO) - notar a área de malácia na parte superior da imagem (setas). HE, 5x. **D-** Maior aumento da figura anterior - notar a vacuolização e os esferócitos (setas), 20x. **E-** Corte da medula vertebral (animal 24, T2, Grupo F, 56 dias PO) – sem alterações dignas de nota, HE, 1x. **F-** Maior aumento da figura anterior, 10x.....35

1. INTRODUÇÃO

Na busca por métodos mais seguros para a realização das descompressões da coluna vertebral em pequenos animais, encontrou-se através de pesquisas a cirurgia piezoelétrica ou piezocirurgia, utilizada na cirurgia ortognática e dental em humanos. Baseado nas suas indicações e propriedades pareceu-nos método promissor para uso na neurocirurgia veterinária.

A cirurgia óssea piezoelétrica constitui novo e promissor campo de estudo em cirurgia veterinária, apresentando grandes vantagens sobre os instrumentos de mão, incluindo a fresa cirúrgica ou serra oscilatória, especialmente em locais com acesso limitado ou próximo às estruturas neurovasculares (HENNET, 2015). A piezocirurgia é especialmente recomendada quando há dificuldades anatômicas por causa da má visibilidade intra operatória ou da presença de estruturas delicadas (SCHALLER et al., 2005).

A primeira descrição da piezocirurgia aplicada em cães foi realizada por Vercellotti et. al., (2001a), que realizaram em três casos clínicos a exérese da cabeça e colo femoral, osteotomia da ulna e laminectomia entre L7-S1. Porém há apenas três estudos aplicados à veterinária, os de Farrell et al. (2013) – realizado em peças de cadáver de cão, Hennet (2015) – uma revisão sobre a possível aplicabilidade da técnica na medicina veterinária e o de Duerr et al. (2015) – o único com experimentação em animais vivos. Vários estudos utilizam animais de forma experimental, porém sempre tentando prospectar resultados para a medicina e odontologia.

A compressão da medula espinhal secundária ao deslocamento do disco intervertebral é um dos distúrbios neurológicos mais comuns na prática veterinária. Pode ocorrer em todas as raças caninas, sendo mais comum em raças condrodistróficas, e os principais sinais clínicos são fraqueza muscular nos membros, dor, paresia ou paralisia (CHERRONE et al., 2004, SANTINI et al., 2010). Também podem ocorrer compressões associadas às neoplasias, fraturas e luxações vertebrais. Essas compressões podem ser tratadas por meios clínicos e cirúrgicos. As indicações gerais para intervenção cirúrgica são sinais não responsivos ao tratamento conservador, sinais recidivantes ou progressivos, paresia ou paralisia

(BRAUND, 1996, LECOUTEUR e GRANDY, 2004). O tratamento cirúrgico envolve técnicas descompressivas exploratórias, que visam à remoção de material compressivo presente no interior do canal vertebral ou no forame intervertebral (TOOMBS e WATER, 2007; DEWEY, 2015).

Dentre as técnicas descompressivas as mais utilizadas são a descompressão cervical ventral ("slot"), onde é criada fenda ventral no corpo das vértebras adjacentes ao espaço intervertebral afetado, centrada sobre a linha média axial, não excedendo 50% da largura e 33% do comprimento dos corpos vertebrais; a hemilaminectomia onde são removidos os processos articulares e partes ipsilaterais dos pedículos e das lâminas dorsais das vértebras envolvidas; e a laminectomia, que envolve a remoção dos processos espinhosos, a lâmina dorsal e de quantidades variáveis dos processos articulares e pedículos (DENNY, 1993; FARRELL et al., 2013). Para o desgaste ósseo comumente se utilizam, em todas essas técnicas, brocas esféricas de alta rotação, ruginas e curetas ósseas. Os cuidados e precauções na realização destas técnicas consistem em perfuração cuidadosa, observando as mudanças de coloração e textura do tecido, devendo a remoção da cortical interna delgada ser realizada com curetas; identificação e proteção dos vasos, evitando hemorragias, e dos nervos periféricos que emergem dos forames intervertebrais; e manipulação cuidadosa com instrumentos rombos perto da medula espinhal (DENNY, 1993, TOOMBS e WATERS, 2007; ARAÚJO et al., 2013, DEWEY, 2015).

Nos métodos cirúrgicos tradicionais, instrumentos de corte e rotativos são desvantajosos por causa da produção de calor e pela possibilidade de ferirem gravemente os tecidos moles das estruturas subjacentes. A cirurgia piezoelétrica por apresentar redução na produção de calor e por não requerer movimento de alta rotação, em estreita proximidade da medula espinhal, proporciona alternativa segura para tais procedimentos (HARDER et al., 2009).

O corte piezoelétrico seletivo do tecido mineralizado não requer a aplicação de pressão, reduzindo o risco de danos colaterais, especialmente às estruturas neurovasculares, além disso, permite a realização de osteotomias curvilíneas precisas, reduz a hemorragia pelo efeito de cavitação e aumenta a visibilidade devido ao sistema de irrigação estéril (HENNET, 2015).

A utilização de aparelho piezoelétrico em neurocirurgia descompressiva vem sendo estudada recentemente como alternativa promissora em humanos (SCHALLER et al., 2005; KIM et al., 2012; BYDON et al., 2013; HU et al., 2013; GRAUVOGEL et al., 2014; PAKZABAN, 2014). Contudo, estudos com cirurgia piezoelétrica aplicada à coluna vertebral em medicina veterinária ainda são escassos, com apenas dois trabalhos experimentais (FARRELL et al., 2013; DUERR et al., 2015).

Em razão do amplo potencial de uso da piezocirurgia e da escassa literatura veterinária com essa técnica, especialmente quanto à neurocirurgia, faz-se necessária a realização de mais estudos experimentais. Assim, espera-se com esse trabalho investigar a aplicabilidade da mesma na realização da EPVC, utilizando o coelho como modelo experimental para cães e gatos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Princípios da piezocirurgia

O princípio da piezocirurgia consiste na utilização de instrumentos ultrassônicos utilizados para o corte ósseo, os quais criam micro vibrações causadas pelo efeito "piezoelétrico" (PAVLÍKOVÁ et al., 2011). Tal efeito foi descrito primeiramente pelos físicos franceses Jean Curie e Marie Curie, em 1880, os quais observaram que certas cerâmicas e cristais oscilavam, em frequências ultrassônicas, quando se passava corrente elétrica através deles (PAVLÍKOVÁ et al., 2011). Apesar de o fenômeno físico ter sido descoberto há dois séculos, a sua aplicação para o corte ósseo foi implementada apenas há duas décadas (LABANCA et al., 2008), quando em 1988, o cirurgião oral italiano Tomaso Vercellotti, em resposta à necessidade de maior precisão e segurança em cirurgia óssea, desenvolveu o primeiro aparelho piezoelétrico (PAVLÍKOVÁ et al., 2011).

As micro vibrações são produzidas pela deformação de cristais piezoelétricos ou cerâmicas expostas a um campo elétrico (chamado "efeito piezoelétrico indireto") (VERCELLOTTI et al., 2001b). Essa deformação dos materiais piezoelétricos resulta em oscilações de frequências ultrassônicas, que em seguida são amplificadas e transferidas para a ponta do instrumento. As vibrações são micrométricas (60-210 μm) e de frequências variáveis (25 a 30 kHz), e quando aplicadas no tecido mineralizado produzem efeito de corte mecânico. Nervos e vasos sanguíneos são poupados porque estas estruturas podem oscilar na mesma frequência que o dispositivo piezoelétrico. O tecido neurovascular e outros tecidos moles somente são cortados com frequências maiores que 50 kHz, permitindo o controle do aparelho de modo que os tecidos moles sejam preservados (VERCELLOTTI et al., 2001b).

Essa nova tecnologia tem sido usada recentemente e com frequência em cirurgias dentais e orais em humanos e seus benefícios já foram demonstrados por vários pesquisadores (DELIBASI e GURLER, 2013; GÜLNAHAR et al., 2013; IACOANGELI et al., 2013; PAPPALARDO e GUARNIERI, 2014). As maiores vantagens da piezocirurgia aplicada às cirurgias orais incluem a proteção dos tecidos moles, ótima visibilidade do campo cirúrgico, diminuição da perda sanguínea, pouca vibração e ruído, aumento do conforto do paciente e proteção das

estruturas dentárias, vasculares e neurais. Além da aplicação da técnica em cirurgia oral e maxilofacial, há número crescente de indicações em vários campos da cirurgia, como otorrinolaringologia, neurocirurgia, oftalmologia, traumatologia e ortopedia (PAVLÍKOVÁ et al., 2011).

Os aparelhos piezoelétricos geralmente consistem de peça de mão e pedal, que estão ligados a unidade de alimentação principal, além de apresentarem bomba peristáltica que utiliza fluidos de irrigação criando jato regulável com vazão de 0 a 60 mL/min. Esse fluído remove detritos da área de corte e assegura o corte preciso além de manter a área operacional livre de sangue, permitindo maior visibilidade, particularmente em acessos restritos e anatomicamente complexos (VERCELLOTTI et al., 2001b). O tipo da ponteira utilizada, o modelo do aparelho piezocirúrgico e a temperatura da solução de irrigação interferem significativamente na produção de calor (SCHÜLTZ et al., 2012), nas características microscópicas das bordas das osteotomias (BAUER e ROMANOS, 2014) e no manuseio do aparelho (GHASSEMI et al., 2013).

2.2 Piezocirurgia oromaxilofacial

A piezocirurgia foi desenvolvida inicialmente para cirurgias oromaxilofaciais que envolviam corte e desgaste ósseo. Estudos demonstraram as vantagens da piezocirurgia quando comparados aos métodos convencionais, como o trabalho de Delibasi e Gurler (2013) que realizaram elevação de *sinus* na região da maxila posterior e observaram significativa redução da dor nas primeiras 24 horas e do inchaço nas primeiras 36 horas de pós-operatório. Esses mesmos resultados foram observados na enucleação de cistos mandibulares (PAPPALARDO e GUARNIERI, 2014). Silva Neto et al. (2014) observaram maior estabilidade dos implantes colocados usando o método piezoelétrico. Além disso, Gülnahar et al. (2013) observaram que os níveis da proteína Hsp70 (heat shock protein 70), biomarcadora do estresse oxidativo da remoção cirúrgica de dentes, é proporcional à intensidade do estímulo, sendo a metade com o uso da piezocirurgia.

Outra vantagem da piezocirurgia está relacionada com a mínima perda óssea na osteotomia e na criação de retalho ósseo, em uma paciente com linfoma de glândula lacrimal, submetida à orbitotomia esquerda com aparelho piezoelétrico, obtendo rápida consolidação do retalho ósseo, com melhor resultado estético e evitando danos aos tecidos moles (IACOANGELI et al., 2013). Além disso, houve redução dos distúrbios somatosensoriais, por irritação do nervo alveolar inferior, comuns após cirurgias ortognáticas em humanos, e aceleração da recuperação somatosensorial (BROCKMEYER et al., 2015).

2.3 Aplicações em neurocirurgia

Schaller et al. (2005) realizaram o primeiro estudo de cirurgia óssea piezoelétrica em neurocirurgia utilizando a técnica piezoelétrica na base do crânio e na coluna vertebral em crianças de seis a 84 semanas de idade, em que foram realizadas duas craniotomias, duas laminoplastias e uma orbitotomia. Apesar das diferenças de espessura, mineralização e constituição anatômica dos ossos de crianças quando comparados com os de adultos, todos os procedimentos não apresentaram intercorrências. A piezocirurgia também foi usada com sucesso em oito casos de neuroma acústico, propiciando corte ósseo preciso e seguro, preservando a estrutura e a função dos nervos cranianos, especialmente o nervo facial, além disso, as micro vibrações não causaram interferência na função auditiva (GRAUVOGEL et al., 2011).

Vários estudos retrospectivos que utilizaram o corte ósseo ultrassônico provaram a eficácia e a segurança da piezocirurgia nas osteotomias vertebrais em humanos. Bydon et al. (2013) submeteram 88 pacientes à cirurgias descompressivas cervicais e torácicas. Nesse caso ocorreram lesões não intencionais na dura-máter em cinco casos, contudo não se observaram complicações pós-operatórias referentes a esses danos. Ao realizar discectomia e fusão cervical anterior, em nove pacientes com mielopatia e radiculopatia, Grauvogel et al. (2014) utilizaram ponteiras tipo baioneta e conseguiram acesso à localizações onde os instrumentos rotatórios convencionais não alcançariam, removendo osteófitos retrovertebrais e foraminais.

Hu et al. (2013) realizaram facetectomias, laminotomias, laminectomias, ressecções *en bloc*, osteotomias de Smith Petersen e pediclectomias, em 128 pacientes humanos. Nesses procedimentos ocorreram apenas duas lesões durais relacionadas ao aparelho piezoelétrico, uma térmica, ocorrida no primeiro caso, e outra traumática em uma aderência resultante de cirurgia prévia. Ainda assim concluíram que foi possível executar todos os procedimentos desejados de forma segura.

Ainda em relação às osteotomias vertebrais em seres humanos, é importante ressaltar que na discectomia cervical anterior padrão, a ressecção completa do processo uncinado não é comumente realizada pelo risco de lesão a artéria vertebral. Isto pode resultar na incompleta descompressão da raiz nervosa quando há estenose óssea foraminal grave (KIM et al., 2012). Numa série de pacientes com radiculopatia cervical ou mielorradiculopatia, o processo uncinado foi extirpado ao longo de sua base por piezocirurgia e removido em bloco para expor a raiz cervical e a artéria vertebral, resultando na completa descompressão do forame neural sem a ocorrência de nenhuma lesão à artéria vertebral ou a raiz nervosa (PAKZABAN, 2014).

2.4 Pesquisas com piezocirurgia em modelos experimentais

Estudos foram realizados em modelos animais comparando a piezocirurgia e a fresagem ou corte ósseo tradicional, quanto à dinâmica de reparo ósseo pós-operatório ou a osteointegração de implantes dentários de titânio. Alguns estudos demonstraram a superioridade da piezocirurgia, como o de Macedo et al. (2015) que avaliaram histológica e histomorfometricamente osteotomias realizadas no osso parietal de ratos, e observaram que o uso da piezocirurgia promoveu corte preciso, porém mais lento, com menor perda óssea e menor sangramento, poucas células inflamatórias, formação óssea rápida e ferida cirúrgica limpa em todas as avaliações.

Além disso, Ma et al. (2013) observaram tendência de cicatrização e remodelação óssea mais rápidas ao realizarem corticotomia do osso nasal de coelhos. Ainda Stübinger et al. (2010) realizaram a inserção de implantes na pelve de ovelhas, avaliaram biomecanicamente o torque para remoção destes e

realizaram exame histológico semiquantitativo do contato osso-implante, concluindo que a piezocirurgia apresentou osteointegração e estabilidade dos implantes mais rapidamente que com o método convencional.

Alguns estudos não registraram diferença estatística entre as duas técnicas. Esteves et al. (2013) realizaram osteotomia cirúrgica piezoelétrica e convencional na tíbia de ratos e avaliaram os procedimentos por meio de análises histomorfométricas, imunoistoquímicas e moleculares, as quais revelaram resultados semelhantes quanto a reparação óssea. Ainda, Bengazi et al. (2014) após três meses da colocação de implantes em mandíbulas de cães, observaram osteointegração semelhante em ambas as técnicas. O único estudo que demonstrou que a técnica convencional, com brocas, foi superior é o de Farid et al. (2014) que realizaram corticotomia mandibular em cães, para facilitar a movimentação dentária em procedimentos ortodônticos e concluíram que essa permitiu o movimento 1,6 vezes mais rapidamente do que com a piezocirurgia após 6 meses de pós-operatório.

Um aspecto positivo da piezocirurgia é a minimização do sangramento durante o procedimento. Várias teorias para tentar explicar tal diminuição durante o corte piezoelétrico já foram apontadas, sendo a formação de microtrombos vasculares uma delas (WALMSLEY et al., 1987). Entretanto Von See et al. (2012) avaliaram a interferência de três níveis de oscilação da piezocirurgia no fluxo de sangue dos vasos intraósseos, expostos após osteotomia da calvária de ratos, usando microscopia de fluorescência intravital, concluíram que em nenhum caso houve oclusão dos vasos ou formação de trombos. Assim, observa-se que ainda existem muitas lacunas no conhecimento da piezocirurgia a serem preenchidas por novos estudos.

2.5 Piezocirurgia na medicina veterinária

Existem poucos estudos dedicados à medicina veterinária, como o de Hennet (2015), que fez revisão da literatura sobre o potencial que a piezocirurgia pode apresentar nos procedimentos oromaxilofaciais em medicina veterinária e compilou as seguintes indicações: cirurgia óssea periodontal; osteotomia e osteoplastia;

extrações em geral de dentes impactados e do ápice de raízes; colheita de enxertos ósseos; mandibulectomia segmentar; maxilectomia; orbiectomia; ressecção de processo coronoide; cirurgia na articulação temporomandibular; rinotomia dorsal e ventral e osteotomia e curetagem da bula timpânica.

Além dessa revisão há o experimento de Farrell et al. (2013), onde os autores compararam a eficácia de aparelho piezoelétrico e de brocas de alta rotação, na realização de fenda ventral em coluna cervical *ex vivo*, provenientes de três cães de raças grandes. Tais autores concluíram que a remoção óssea *en bloc* com a piezocirurgia foi mais rápida, em média dois terços do tempo de realização da técnica convencional e manteve o campo de visão mais limpo.

O único relato de estudo pré-clínico já realizado em medicina veterinária foi realizado por Duerr et al. (2015). Os autores realizaram a técnica de laminectomia dorsal usando instrumento cirúrgico piezoelétrico, entre as vértebras lombares L2-L3 e L4-L5 em seis ovelhas e nas vértebras L1, L3 e L5 em trinta ovelhas, todas saudáveis, totalizando 102 locais de laminectomia. O tempo médio de cirurgia foi de 105 minutos (75 a 165 minutos) nas laminectomias em L2-L3 e L4-L5, e 93 minutos (55-100 minutos) nas laminectomias em L1, L3 e L5. Eles concluíram que a piezocirurgia promoveu segurança e acurácia nas laminectomias realizadas em 35 animais, sem nenhuma lesão dural e com rápida curva de aprendizado. Apenas um animal apresentou paraparesia não ambulatória. Optou-se pela eutanásia, e na necropsia observou-se discreto hematoma epidural.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Comparar a técnica de espondilectomia parcial ventral cervical realizada com aparelho piezoelétrico e com brocas esféricas de alta rotação (técnica convencional), em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*).

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar os tempos para execução da espondilectomia, as possíveis alterações de temperatura na superfície óssea, e a visibilidade do campo cirúrgico durante a osteotomia.
- Avaliar como as duas técnicas de espondilectomia interfeririam nos parâmetros fisiológicos monitorados durante a anestesia.
- Avaliar as lesões na medula espinhal cervical e a resposta inflamatória e cicatricial no foco de espondilectomia por meio de exame neurológico e histopatológico.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi apresentada à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA – FCAV – UNESP - Jaboticabal) para análise e foi aprovada sob Protocolo número 5.403/16.

4.1 Delineamento experimental

Foram utilizados 30 coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) da raça Nova Zelândia Branco, provenientes do biotério central da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP, Campus de Botucatu, sendo 14 machos e 16 fêmeas, adultos com a mesma idade e peso médio de 3,3 kg. Foram alojados em gaiolas individuais (90x60x40 cm), em ambiente com temperatura e umidade controladas, com água e ração à vontade e limpeza duas vezes ao dia. Os indivíduos foram desverminados com ivermectina¹ (1 mg/kg, dose única, via subcutânea) e passaram por período de 15 dias de adaptação ao ambiente.

O procedimento cirúrgico foi realizado em sala climatizada, com temperatura constante de 25°C, sempre pelo mesmo cirurgião. Foram realizados dois tratamentos, que consistiram nas duas formas de realizar a técnica de espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC), uma com aparelho piezoelétrico (T1) e outra com a broca esférica acoplada a motor de alta rotação (T2), chamada de técnica convencional. Em ambas foi utilizado o aparelho médico Mastersonic^{®2}, para o qual o cirurgião teve um treinamento prévio de como utilizá-lo. As técnicas foram realizadas alternadamente entre os animais.

Cada tratamento (T1 e T2) foi separado em três grupos, distribuídos alternadamente, de acordo com o tempo de pós-operatório até a realização da eutanásia, sendo esses: grupos A e B com 14 dias de pós-operatório, grupos C e D com 28 dias de pós-operatório e grupos E e F com 56 dias de pós-operatório, conforme Figura 1.

¹ Ivomec[®] Injetável 1%, Merial, Paulínia-SP, Brasil.

² Mastersonic[®], VK Driller Equipamentos Ltda, Carapicuíba-SP, Brasil.

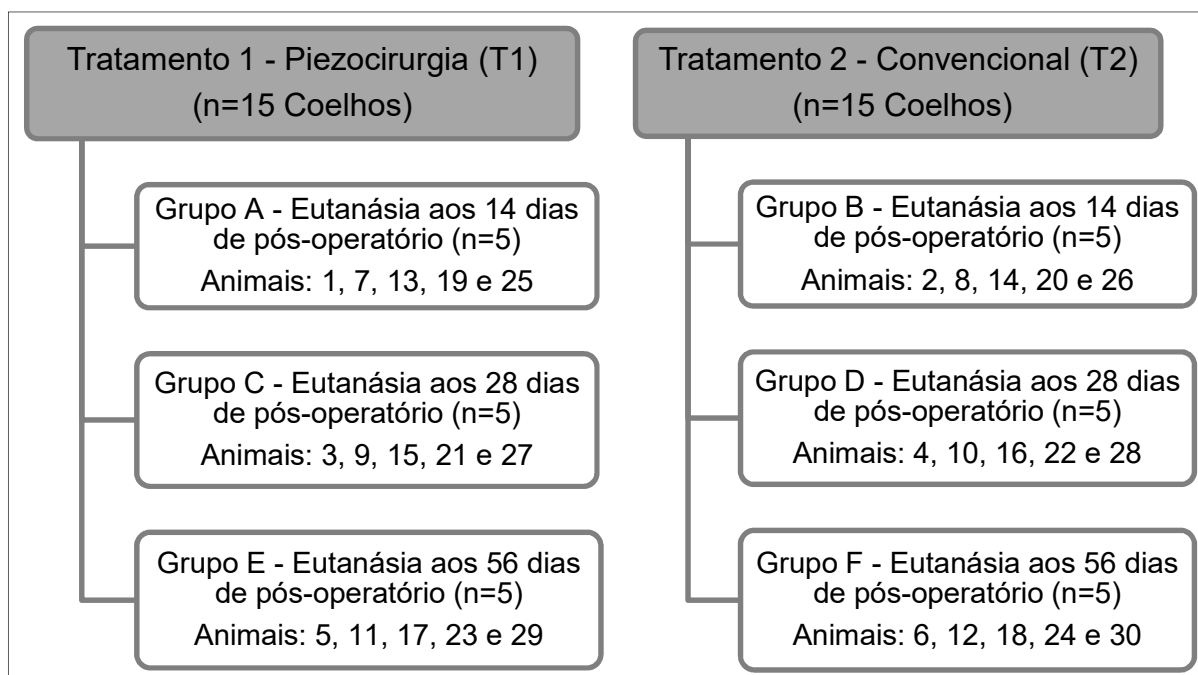


Figura 1. Distribuição dos animais (coelhos – *Oryctolagus cuniculus*) de acordo com os tratamentos, sendo T1 – piezocirurgia e T2 broca esférica de alta rotação, e os grupos de acordo com o tempo de pós-operatório até a eutanásia, na realização da espondilectomia parcial ventral cervical - EPVC (C3-C4).

4.2 Anestesia e monitoração

Os animais foram anestesiados utilizando como medicação pré-anestésica acepromazina³ na dose de 0,25 mg/kg, midazolan⁴ na dose de 2 mg/kg e petidina⁵ na dose de 3 mg/kg, todas na mesma seringa e aplicadas por via intramuscular na coxa direita. Também foi administrado como anti-inflamatório cetoprofeno⁶ 10%, na dose de 1 mg/kg a cada 24 horas e como terapia antimicrobiana enrofloxacino⁷ 5% 10 mg/kg a cada 24 horas, ambos por via subcutânea, durante cinco dias.

³ Acepran® 0,2%, Vetnil, Louveira-SP, Brasil.

⁴ Dormire® 15 mg, Cristália, Itapira-SP, Brasil.

⁵ Cloridrato de petidina 50mg/mL, União Química, Taboão da Serra-SP, Brasil.

⁶ Ketojet 100 mg, Agener União, Embu-Guaçu-SP, Brasil.

⁷ Baytril® 5%, Bayer, São Paulo-SP, Brasil.

Para a anestesia geral foi utilizado vaporizador calibrado para isoflurano⁸. Na indução anestésica utilizou-se isoflurano⁹ a taxa de 5% com o auxílio de máscara facial. Após a indução todos os animais foram intubados, por via orotraqueal, com sonda endotraqueal nº 2,5F sem balão¹⁰, e mantidos em plano anestésico com isoflurano na taxa de 1 a 3%.

Foi depilada a área da face lateral da perna esquerda, e realizada antisepsia com solução alcoólica de clorexidina 0,5%¹¹ e acesso venoso com cateter nº 24¹² na veia safena lateral e administrou fluidoterapia com solução de ringer com lactato¹³, na taxa de 10 mL/kg/h. Em alguns casos, mediante necessidade, foi aplicado tramadol¹⁴ na dose de 5 mg/kg e *bolus* de fluidoterapia (ringer com lactato) na dose de 60 mL/kg/h.

A monitoração anestésica foi realizada com monitor multiparamétrico¹⁵, com capnógrafo e manguito, obtendo os seguintes parâmetros: frequências cardíaca (bpm) e respiratória (mpm); pressão arterial (mmHg) sistólica, diastólica e média; saturação de oxigênio (%); concentração de dióxido de carbono ao final da expiração (mmHg); temperatura corporal (°C) e eletrocardiografia. Esses dados foram registrados automaticamente a cada cinco minutos e também no início da EPVC.

4.3 Procedimento cirúrgico

Após a estabilização do plano anestésico os animais foram posicionados em decúbito dorsal, com auxílio de calha cirúrgica, os membros torácicos foram tracionados caudalmente, assim como os pélvicos, e todos foram fixados na calha auxiliando no posicionamento adequado dos coelhos.

⁸ VP 300, HB Hospitalar (Baumer), Mogi-Guaçu-SP, Brasil

⁹ Isoflurano, Instituto Biochimico, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

¹⁰ Tubo Endotraqueal Solidor, Lamedid, Barueri-SP, Brasil.

¹¹ Riohex® 0,5%, Rioquímica, São José do Rio Preto-SP, Brasil.

¹² Safelet®, Nipro, Sorocaba-SP, Brasil.

¹³ Solução de Ringer com Lactato 500 mL, JP Ind. Farmacêutica, Ribeirão Preto-SP, Brasil.

¹⁴ Tramadon® 50 mg/mL, Cristália, Itapira-SP, Brasil.

¹⁵ DL 1000, Delta Life, São José dos Campos-SP, Brasil.

A depilação foi realizada desde a região da metade caudal da mandíbula até o manúbrio, incluindo as faces laterais do pescoço. A antisepsia foi realizada com solução degermante de clorexidina a 2%¹⁶ e em seguida com solução alcoólica de clorexidina a 0,5%, alternadamente por três vezes. A área foi coberta com pano de campo estéril descartável de SMS¹⁷ com fenestra de 3 cm por 1 cm, posicionada na face ventral do pescoço.

Para o acesso cirúrgico realizou-se incisão de pele com lâmina de bisturi nº 24¹⁸ na linha média ventral do pescoço, desde o ângulo da mandíbula até o manúbrio, o tecido subcutâneo foi incisado com tesoura de Metzenbaum, assim como a rafe entre os músculos esternocleidomastoide e esternoioide, a traqueia e o esôfago foram afastados para o lado esquerdo e mantidos em posição com afastador auto estático de Gelpi, permitindo a identificação da veia tireoidiana caudal, a qual foi afastada com dissecação delicada.

O espaço intervertebral entre a terceira (C3) e quarta (C4) vértebras cervicais, foi identificado por palpação digital. O músculo longo do pescoço foi liberado nas suas inserções tendíneas nos processos ventrais de C3 e por meio de dissecação romba, foi elevado da face ventral de C3 e C4. A hemorragia resultante foi controlada com esponja hemostática de colágeno hidrolisado liofilizada - Hemospon^{®19}. O acesso às vértebras foi mantido com afastador auto estático de Gelpi, fixado à musculatura (Figura 2).

Após abordagem ventral à coluna cervical, foi realizada a EPVC abrangendo um terço do comprimento e metade da largura do corpo vertebral das porções caudal de C3 e cranial de C4. A EPVC foi realizada de duas formas, o tratamento 1 (T1) Piezocirurgia - ressecção *en bloc* com aparelho piezoelétrico Mastersonic[®] (Figura 3A) utilizando-se ponteira tipo cinzel delicado²⁰(Figura 3B), no programa cirúrgico pré-estabelecido com 70W de potência (vibração horizontal da ponteira), 80 de modulação (vibração vertical da ponteira) e o tratamento 2 (T2) Convencional -

¹⁶ Riohex[®] 2%, Rioquímica, São José do Rio Preto-SP, Brasil.

¹⁷ Vest Cirúrgico Especial, ProtDESC, Santa Barbara d'Oeste-SP, Brasil.

¹⁸ Lâmina para bisturi descartável nº 24, Sterlance Medical, Suzhou, China.

¹⁹ Hemospon[®], Technew Com. e Ind. Ltda, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

²⁰ Ponteira piezoelétrica tipo cinzel delicado, VK Driller Equipamentos Ltda, Carapicuíba-SP, Brasil.

desgaste ósseo com broca esférica²¹ de aço carbide para peça de mão de alta rotação de 2 mm de diâmetro (método convencional) (Figura 3C) conectada a peça de mão reta 1:1, acoplada ao motor cirúrgico do mesmo aparelho Mastersonic® com rotação de 25.000 rpm e torque de 7.7 N.cm. Nos dois tratamentos foi realizada irrigação constante de água destilada estéril²² (indicação técnica do equipamento), na taxa de 30 mL/min em temperatura ambiente. A drenagem do campo cirúrgico foi realizada com aspirador cirúrgico²³.

Após a EPCV utilizou-se uma cureta de Lucas nº85²⁴ para remoção da cortical interna, do remanescente do disco intervertebral (DIV) até a elevação do ligamento longitudinal dorsal em toda a área da janela óssea. Qualquer possível hemorragia de seio venoso vertebral foi controlada com o Hemospon® e após a sua remoção realizou-se a síntese da musculatura com três pontos simples interrompidos, do tecido subcutâneo com padrão ziguezague e da pele em padrão simples separado, ambos com fio de poliamida 3-0²⁵.

As variáveis avaliadas durante os procedimentos cirúrgicos dos dois tratamentos (T1 e T2) foram: tempo de execução do acesso cirúrgico (incisão da pele até a exposição da face ventral das vértebras C3 e C4); tempo do desgaste ósseo (T1 e T2) e tempo de curetagem (do DIV e da cortical interna), e tempo total dos procedimentos de EPVC (T1 e T2), para tais mensurações utilizou-se cronômetro²⁶. Avaliou-se também a temperatura da sala cirúrgica (°C); a temperatura da solução de irrigação (°C); a temperatura no local da EPVC, logo após o acesso cirúrgico, na metade da execução da técnica e após o término do procedimento, todas executadas a aproximadamente 15 cm de distância do foco cirúrgico. Todas as temperaturas foram aferidas com termômetro digital infravermelho²⁷.

²¹ Broca esférica de aço carbide PM alta rotação, Beavers Dental (Division of Sybron Canada LP, Canadá).

²² Água para injetáveis Linhamax® 1L, Eurofarma, São Paulo-SP, Brasil.

²³ Bomba Vácuo Aspiradora, Nevoni, Barueri-SP, Brasil.

²⁴ Cureta de Lucas nº85, Golgran Instrumentos Cirúrgicos e Odontológicos, São Caetano do Sul-SP, Brasil.

²⁵ Nylon 3-0, Bioline, Anápolis-GO, Brasil.

²⁶ Aplicativo Cronômetro/Contagem regressiva para Windows phone versão 1.0.1.1, Distribuidor Luigi Ferioli.

²⁷ Termômetro Digital Infravermelho GM320, Yarboly, Shenzhen, China.

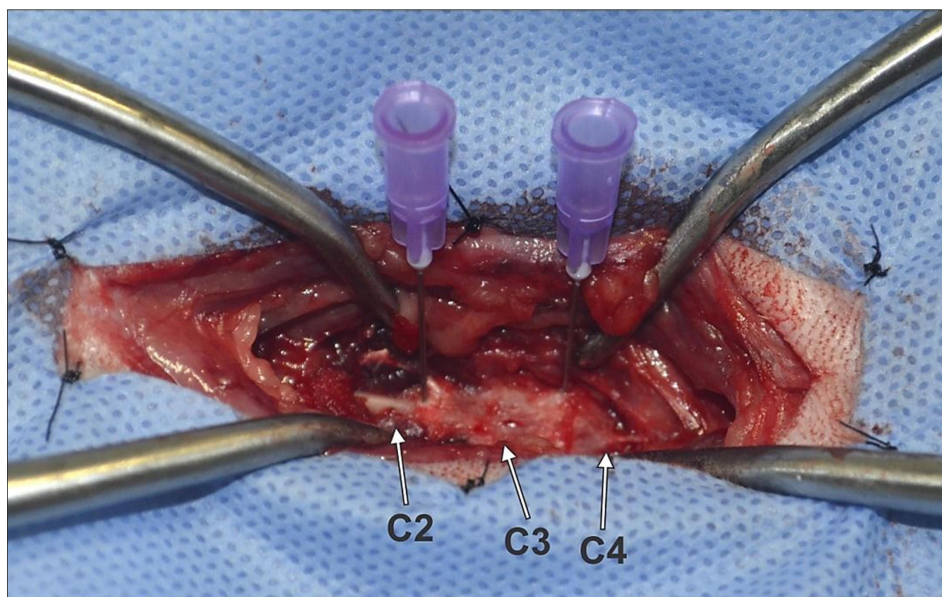


Figura 2. Acesso ventral a coluna cervical de coelho (*Oryctolagus cuniculus*) para a realização da técnica de espondilectomia parcial ventral cervical, e identificação da segunda (C2), terceira (C3) e quarta (C4) vértebras cervicais e dos discos intervertebrais (DIV) na ponta das agulhas. Fonte: Arquivo pessoal.

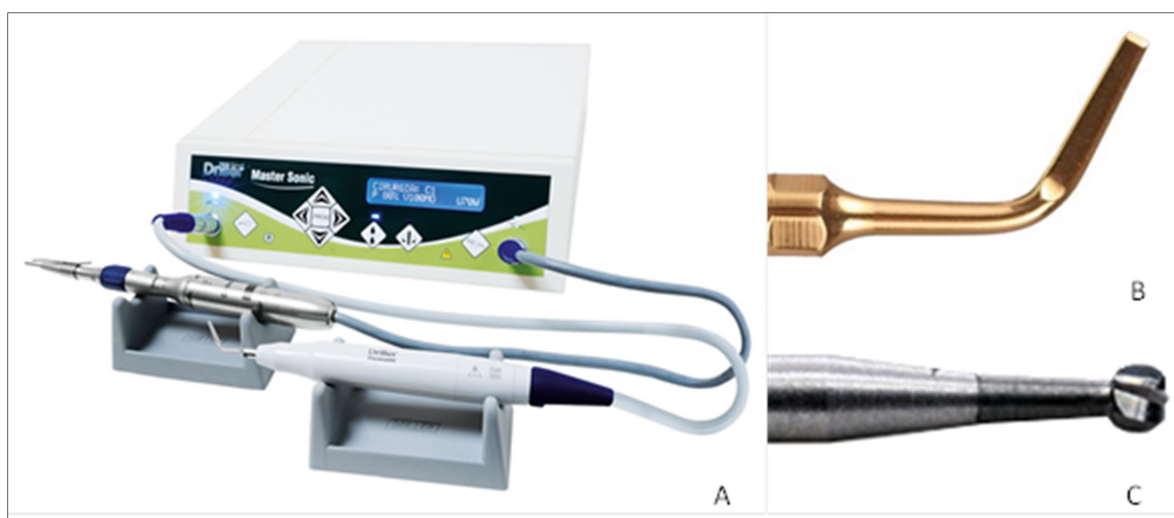


Figura 3. **A-** aparelho piezoelétrico e motor cirúrgico Mastersonic® (VK Driller Equipamentos Ltda, Carapicuíba-SP, Brasil), **B-** Ponteira ultrassônica do tipo cinzel delicado e **C-** broca esférica de aço carbide. Fonte: <http://driller.com.br/driller-med>

Além dessas variáveis, a visibilidade do campo cirúrgico, foi determinada utilizando-se escala tipo Likert de 4 pontos (FARRELL et al., 2015), onde 1 representava a completa visibilidade, 2 presença de discreto sangramento ósseo e formação de espuma, 3 presença de moderado sangramento ósseo, controlado com esponja hemostática e 4 intenso sangramento ósseo, impossibilitando a conclusão do procedimento. Também foram anotadas as ocorrências de hemorragia de seio venoso vertebral no momento da curetagem.

Realizou-se o exame neurológico às 12, 24, 48 e 72 horas do período pós-operatório, com avaliação da deambulação e do posicionamento tátil (propriocepção consciente e posicionamento tátil).

4.4 Avaliação histopatológica

Decorrido o período de pós-operatório previsto de cada Grupo, os animais foram submetidos à eutanásia, utilizando o mesmo protocolo de medicação pré-anestésica da cirurgia, seguido de acesso venoso e aplicação de 10 mg/kg de propofol²⁸, causando parada respiratória e perda dos reflexos palpebrais e oculares, em seguida foi aplicado 3 mL de solução de KCl 19,1%²⁹ até a parada cardíaca.

Após a eutanásia toda a coluna cervical foi dissecada, removendo a musculatura superficial da mesma. A fixação de cada peça (coluna cervical) foi feita em frasco plástico com 500 mL de solução de formaldeído³⁰ 10% com tampão fosfato³¹, durante quatro dias. A seguir, as amostras foram lavadas por 12 horas em água corrente e então armazenadas em álcool etílico 70%³², até serem enviadas para processamento no Laboratório de Pesquisa do Serviço de Patologia Veterinária, do Departamento de Clínica Veterinária da FMVZ – UNESP, Botucatu – SP.

²⁸ Provive 1%, União Química, Taboão da Serra-SP, Brasil.

²⁹ Cloreto de Potássio 19,1% ampola 10ml, Equiplax Indústria Farmacêutica, Aparecida de Goiânia-GO, Brasil.

³⁰ Formaldeído 37% P.A.-A.C.S. , Labsynth Produtos para Laboratórios Ltda, Diadema-SP, Brasil.

³¹ Fosfato de sódio monobásico anidro F.C.C. e fosfato de sódio dibásico anidro P.A.-A.C.S., Labsynth Produtos para Laboratórios Ltda, Diadema-SP, Brasil.

³² Álcool etílico 70%, Dinâmica química contemporânea Ltda, Diadema-SP, Brasil.

No laboratório as peças foram seccionadas obtendo amostras da área operada, as quais foram mantidas em solução de ácido nítrico³³ a 10% durante cinco a sete dias para que ocorresse a descalcificação. Posteriormente, foram desidratadas em álcool etílico³⁴ 70%, 80% e absolutos P.A. I, II e III, 60 minutos em cada. Ato contínuo foram diafanizadas em xilol³⁵ absoluto P.A. I, II e III, 50 minutos em cada. Para finalmente serem incluídas em parafina histológica³⁶ I e II, 60 minutos cada e emblocadas.

Os cortes histológicos foram realizados transversalmente as vértebras no local de espondilectomia,, em micrótomo semiautomático³⁷ com quatro micrômetros de espessura. Os cortes foram colhidos em lâminas histológicas e corados pelas técnicas de hematoxilina³⁸ e eosina³⁹ e tricrômico de Masson⁴⁰, os cortes foram cobertos com resina histológica⁴¹ e lamínula de vidro. A leitura das lâminas foi realizada sem que o patologista soubesse qual o tratamento ou grupo estava sendo analisado. Somente após a realização da leitura de todas as lâminas é que os resultados foram agrupados de acordo com cada grupo experimental.

As alterações medulares foram avaliadas microscopicamente em: ausente (-), sem sinais de lesão morfológica, grau leve (+), sinais discretos de degeneração Walleriana e esferócitos em até 10% da medula, grau moderado (++) , degeneração Walleriana, esferócitos, malácia e células de *Gitter* compreendendo de 11 a 25% da medula, e grau severo (+++), degeneração Walleriana, esferócitos, malácia e células de *Gitter* compreendendo de 26 a 50% da medula.

³³ Ácido nítrico 65% 1L, Labsynth Produtos para Laboratórios Ltda, Diadema-SP, Brasil.

³⁴ Álcool etílico absoluto P.A-ACS, Dinâmica química contemporânea Ltda, Diadema-SP, Brasil.

³⁵ Xilol P.A - ACS, Dinâmica química contemporânea Ltda, Diadema-SP, Brasil.

³⁶ Parafina p/ histologia, Dinâmica química contemporânea Ltda, Diadema-SP, Brasil.

³⁷ Leica RM 2155, Leica Biosystems Inc., Alemanha.

³⁸ Hematoxilina de Harris, EasyPath, São Paulo-SP, Brasil.

³⁹ Eosina Amarelada, EasyPath, São Paulo-SP, Brasil.

⁴⁰ Tricrômico de Masson, EasyPath, São Paulo-SP, Brasil.

⁴¹ Resina histológica, Dinâmica química contemporânea Ltda, Diadema-SP, Brasil.

4.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada mediante programa Statistica 13.0⁴². Para a comparação entre os tratamentos foi realizado o teste de Tukey, com exceção da visibilidade do campo cirúrgico e das análises histopatológicas, realizadas pelo teste de Mann-Whitney, ambos com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). As variáveis obtidas com a monitoração anestésica foram separadas em antes, durante e após a osteotomia com o uso do aparelho, submetidas à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey. Também foi realizada a correlação de Pearson entre as variáveis, considerando forte correlação quando $r > 0,75$.

⁴² Statistica, Tulsa, Oklahoma, Estados Unidos.

5. RESULTADOS

5.1 Procedimento cirúrgico

Os dados obtidos imediatamente antes e durante os procedimentos cirúrgicos são apresentados na Tabela 1. Apenas três variáveis apresentaram diferença entre os tratamentos ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey, a duração da curetagem ($p = 0,04$), o tempo total ($p = 0,02$) e a diferença entre a temperatura inicial e a final no foco da EPVC, durante o uso do aparelho com irrigação ($p = 0,02$), sendo ambas maiores em T1. A temperatura da solução de irrigação dependeu da temperatura da sala cirúrgica ($r = 0,89$), com valor de $0,9^{\circ}\text{C}$ menor que essa.

Tabela 1 - Média e desvio padrão das variáveis aferidas imediatamente antes e durante o procedimento cirúrgico de espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) (entre C3-C4) em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) com piezocirurgia (T1) e convencional com broca esférica de alta rotação (T2).

	T1	T2
Peso (kg)	3,35 $\pm$ 0,32 a	3,29 $\pm$ 0,59 a
Tempo de acesso (min)	09min24s $\pm$ 03min00s a	08min02s $\pm$ 02min35s a
Tempo de uso do aparelho (min)	08min43s $\pm$ 02min18s a	07min35s $\pm$ 03min20s a
Tempo de curetagem (min)	06min08s $\pm$ 03min27s a	04min00s $\pm$ 01min39s b
Tempo da EPVC (min)	14min51s $\pm$ 05min18s a	11min35s $\pm$ 03min46s a
Tempo total (min)	24min34s $\pm$ 05min31s a	19min37s $\pm$ 05min30s b
Temperatura da sala ($^{\circ}\text{C}$)	24,57 $\pm$ 1,84 a	25,11 $\pm$ 1,75 a
Temperatura da solução de irrigação ($^{\circ}\text{C}$)	23,70 $\pm$ 1,52 a	24,23 $\pm$ 1,87 a
Temperatura antes da EPVC ($^{\circ}\text{C}$)	31,85 $\pm$ 1,73 a	30,81 $\pm$ 2,53 a
Temperatura durante a EPVC ($^{\circ}\text{C}$)	27,59 $\pm$ 2,26 a	27,39 $\pm$ 2,00 a
Temperatura após a EPVC ($^{\circ}\text{C}$)	26,59 $\pm$ 2,08 a	26,56 $\pm$ 2,39 a
Diferença entre as temperaturas antes e após a EPVC ($^{\circ}\text{C}$)	5,25 $\pm$ 1,09 a	4,25 $\pm$ 1,20 b

Tempo da EPVC = tempo de uso do aparelho somado ao tempo de curetagem. (ab) - Letras diferentes demonstram diferença entre os tratamentos ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A piezocirurgia (T1) permitiu corte ósseo preciso (Figura 4A), com a preservação do disco intervertebral (Figura 4B) e formato retangular com bordas regulares (Figura 4C), enquanto a técnica convencional (T2) resultou em bordas desgastadas e com formato elíptico (Figura 4D).

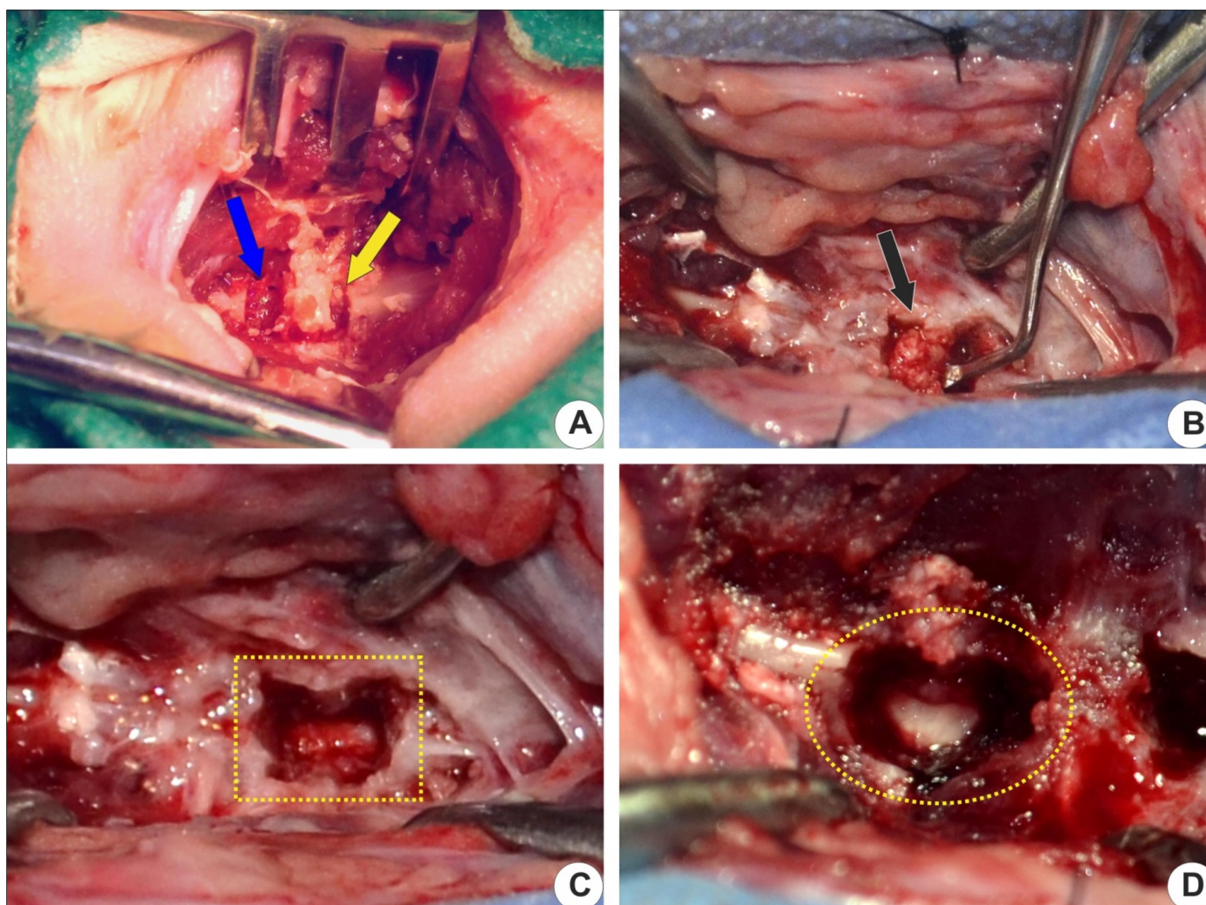


Figura 4. Transoperatório de espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) (entre C3-C4) com técnicas piezoelétrica (T1) e convencional com broca esférica de alta rotação (T2). **A-** Realização da EPVC *en bloc*, entre os corpos vertebrais de C3 e C4, com o uso de aparelho piezoelétrico (T1), a seta azul aponta a porção caudal de C3 e a seta amarela a porção cranial de C4. **B-** Curetagem após a osteotomia piezoelétrica, a seta preta indica o disco intervertebral preservado **C-** EPVC concluída no T1 (delimitada pelas linhas tracejadas amarelas). **D-** EPVC concluída com broca esférica acoplada a motor de alta rotação (T2) (elipse tracejada amarela). Fonte: Arquivo pessoal.

5.2. Análise dos tempos cirúrgicos

Os tempos das diversas fases dos procedimentos cirúrgicos quando analisados no decorrer do tempo são apresentados a seguir. O tempo para a realização do acesso cirúrgico (Figura 5A) caiu progressivamente nos dois tratamentos (T1 e T2), sendo o tempo final a metade do inicial. Também se observa certa uniformidade no tempo a partir da oitava cirurgia realizada em cada tratamento.

Quanto aos resultados “tempo de desgaste ósseo” (Figura 5B), no T1, observa-se tendência próxima da média de 8 minutos e 43 segundos desde o início dos procedimentos, enquanto que no T2, caiu próximo aos 30% do tempo inicial, e apesar da análise estatística não demonstrar diferença entre os tratamentos, a tendência em médio prazo é de que a piezocirurgia (T1) durou o dobro do tempo que a técnica convencional (T2). Com relação à variável avaliada “tempo de curetagem” (Figura 6A), observa-se que até o oitavo procedimento realizado, os tempos entre os dois tratamentos são muito similares e após isso há substancial aumento de tempo de curetagem no T1.

O tempo total para a realização da EPVC (Figura 6B) segue a tendência do tempo de uso do aparelho ($r=0,89$) e no T1, ocorreu influência direta do tempo de curetagem ($r=0,94$).

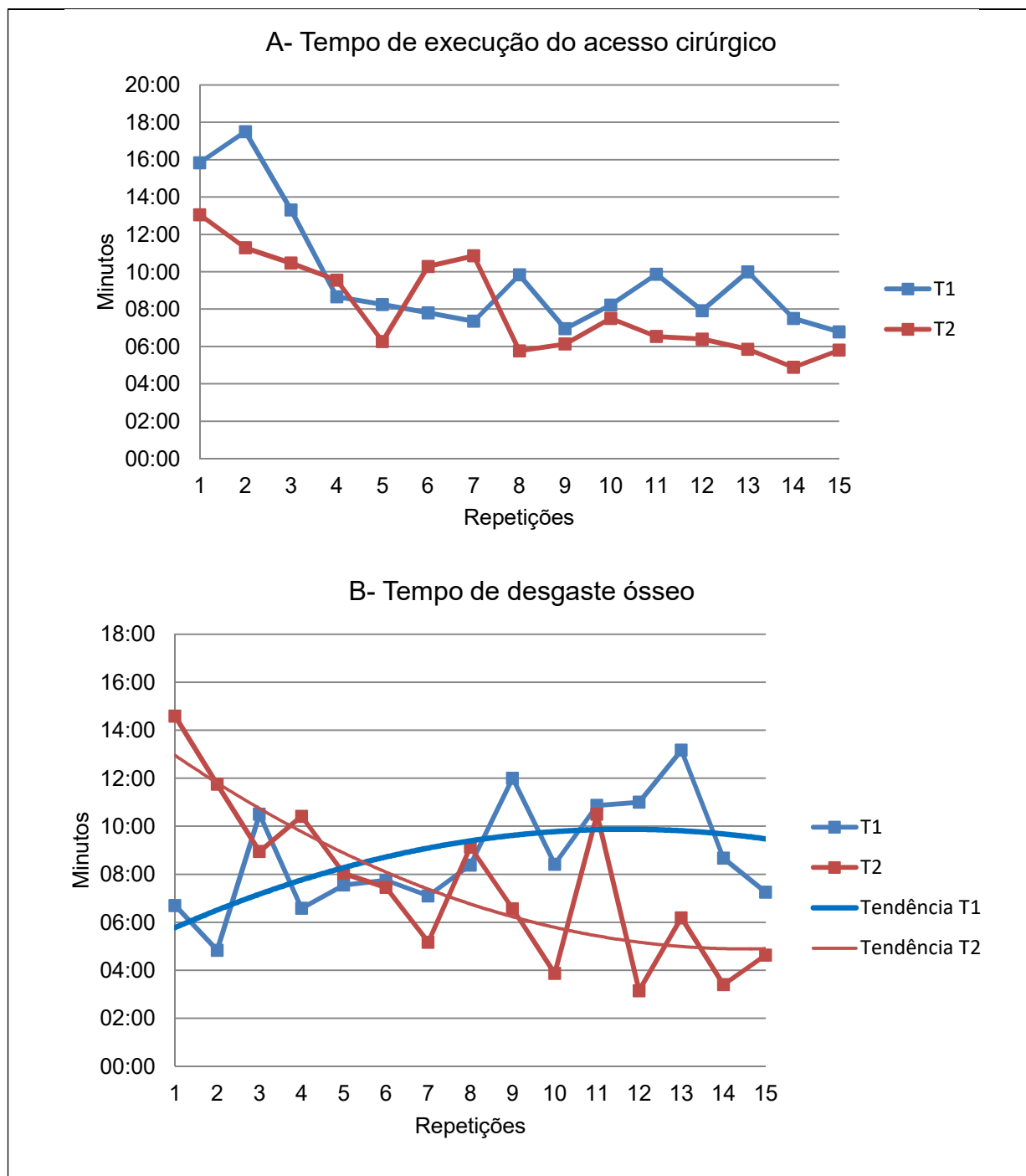


Figura 5. Gráficos das variáveis avaliadas: A- Tempo de acesso cirúrgico e B- Tempo de desgaste ósseo, em minutos, na realização da espondilectomia parcial ventral cervical - EPVC (C3-C4) em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) com piezocirurgia (T1) e com broca esférica de alta rotação (T2) e de suas respectivas linhas de tendência (polinomial de 2º grau).

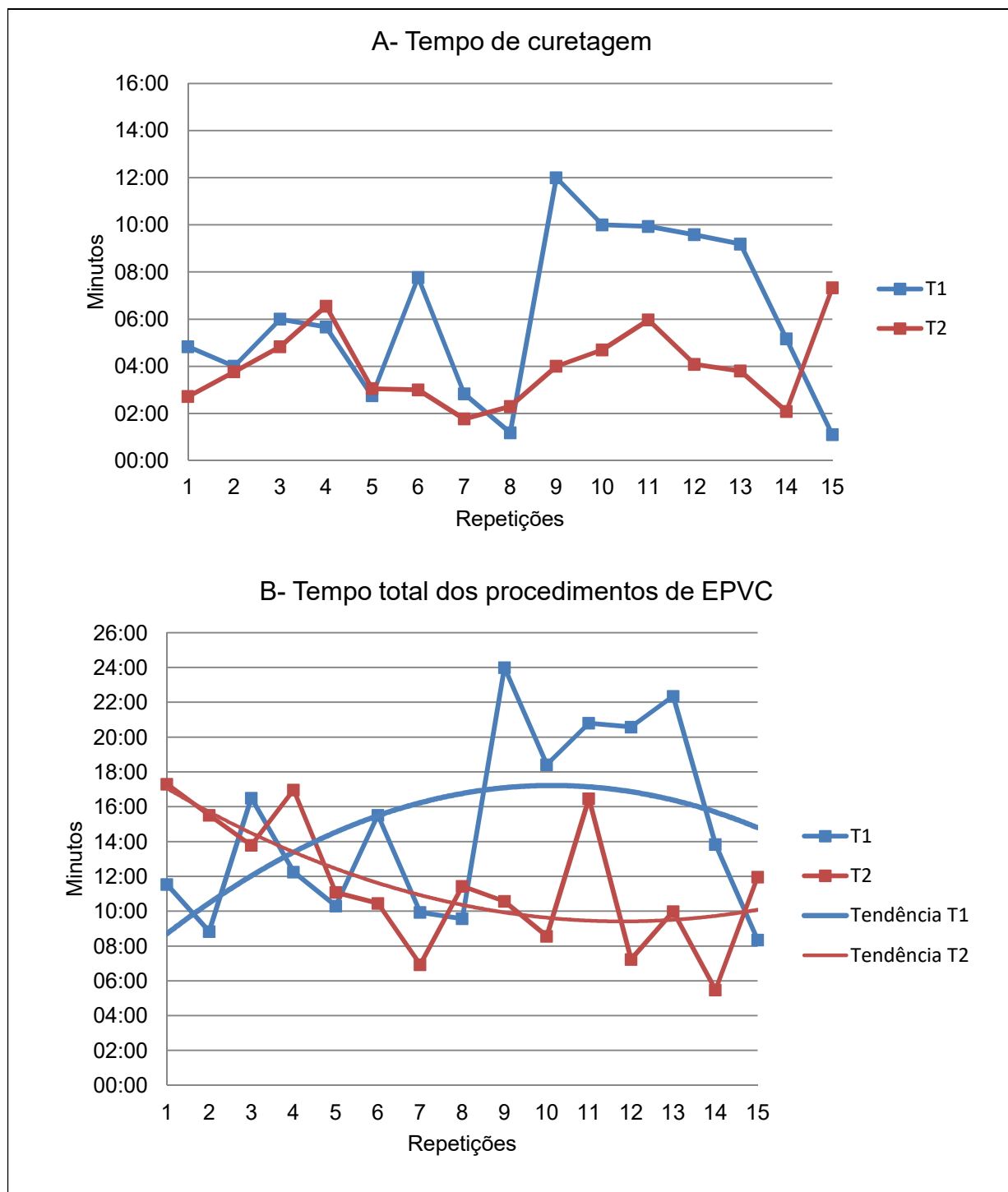


Figura 6. Gráficos das variáveis avaliadas: A- Tempo de curetagem e B- Tempo total dos procedimentos de EPVC, em minutos, durante a espondilectomia parcial ventral cervical - EPVC (C3-C4) em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) com piezocirurgia (T1) e com broca esférica de alta rotação (T2), e de suas respectivas linhas de tendência (polinomial de 2º grau).

5.3 Visibilidade do campo cirúrgico

A distribuição das frequências dos escores de visibilidade do campo cirúrgico é apresentada na Tabela 2, essa variável apresentou diferença entre os tratamentos ($p < 0,01$) pelo teste de Mann-Whitney.

A visibilidade do campo cirúrgico durante o uso do aparelho foi melhor no T1, com apenas um caso de discreto sangramento ósseo (animal 9), enquanto que no T2, quatro animais apresentaram discreto sangramento ósseo (Figura 7A) e formação de espuma (animais 2, 6, 10 e 28), e dois animais apresentaram moderado sangramento ósseo (Figura 7B), que necessitou o uso de esponja hemostática para realizar a hemostasia (animais 4 e 16). Não houve nenhum caso em que o procedimento precisou ser cancelado por causa do sangramento ósseo.

5.4 Complicações trans e pós-operatórias

As frequências das complicações estão apresentadas na Tabela 3, e apresentaram diferenças entre os dois tratamentos ($p < 0,01$) pelo teste de Mann-Whitney. A hemorragia do seio venoso vertebral (Figura 7C) durante a curetagem foi mais prevalente no T1, com quatro casos (animais 1, 7, 11 e 17), contra dois casos no T2 (animais 26 e 30).

O déficit proprioceptivo pós-operatório foi observado em três animais do (T1) (animais 7, 9 e 15). O animal 7 apresentou déficit proprioceptivo do membro torácico direito durante as primeiras 48 horas de pós-operatório. O animal 9 apresentou déficit proprioceptivo do membro torácico esquerdo e dos membros pélvicos durante as primeiras 72 horas de pós-operatório. Esse animal também apresentou no dia seguinte à cirurgia corrimento nasal, secreção ocular e inclinação da cabeça para o lado esquerdo, condição semelhante aos achados clínicos de pasteurelose, foi tratada com enrofloxacin⁴³ (10 mg/kg, uma vez ao dia, durante 15 dias, por via subcutânea) ocorrendo total recuperação do animal quanto a essa infecção. O animal 15 apresentou déficit proprioceptivo dos membros torácico e pélvico esquerdos durante as primeiras 24 horas pós-operatórias.

⁴³ Baytril® 5%, Bayer, São Paulo-SP, Brasil.

Tabela 2 - Frequência dos escores de visibilidade do campo cirúrgico (baseado em Farrell et al., 2015) e das complicações observadas durante e após durante o uso de aparelho piezoelétrico (T1) e de broca acoplada a motor de alta rotação (T2) na realização de espondilectomia parcial ventral cervical - EPVC (C3-C4) em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*).

	Escore	T1	T2
Visibilidade do campo cirúrgico	1	14/15 (93%) a	9/15 (60%) b
	2	1/15 (7%) b	4/15 (27%) a
	3	0/15 (0%) b	2/15 (13%) a
	4	0/15 (0%) a	0/15 (0%) a
Hemorragia de seio venoso vertebral (durante a curetagem)		4/15 (27%) a	2/15 (13%) b
Déficit neurológico transitório no pós-operatório		3/15 (20%) a	0/15 (0%) b

Escores de visibilidade do campo cirúrgico durante a utilização do aparelho para desgaste ósseo: (1) completa visibilidade, (2) discreto sangramento ósseo e formação de espuma, (3) moderado sangramento ósseo e (4) intenso sangramento ósseo. (ab) - Letras diferentes demonstram diferença entre os tratamentos ($p < 0,01$) pelo teste de Mann-Whitney.

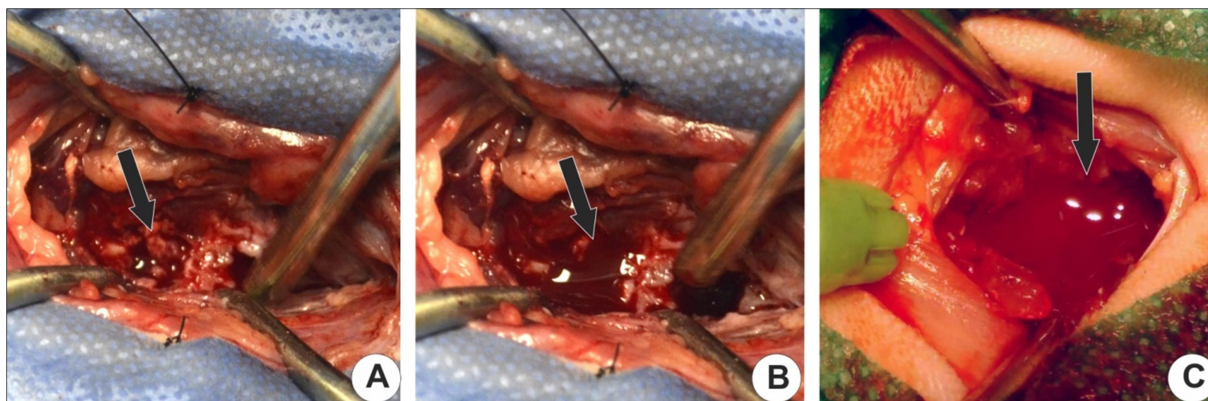


Figura 7. Imagens fotográficas das complicações transoperatórias durante a espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) (entre C3-C4), em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*), com técnica piezoelétrica (T1) e convencional com broca esférica de alta rotação (T2). **A-** Escore 2 (seta) – discreto sangramento ósseo (T2). **B-** Escore 3 (seta) – Intenso sangramento ósseo(T2). **C-** Hemorragia de seio venoso vertebral após curetagem (T1). Fonte: Arquivo pessoal.

5.5 Monitoração anestésica

Quanto à monitoração anestésica, apresentada na Tabela 3, não houve diferença entre os tratamentos para nenhuma variável ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. Já entre os tempos houve diferença na frequência cardíaca no T1, que foi menor durante ($p = 0,009$) e após ($p = 0,002$) o uso do aparelho piezoelétrico, quando comparados ao momento prévio à intervenção cirúrgica. Quanto à temperatura corporal e aos níveis utilizados de isoflurano, ambos decresceram no decorrer do tempo, nos dois tratamentos.

Tabela 3 - Média e desvio padrão dos dados de monitoração anestésica, antes, durante e após a realização de espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*), com piezocirurgia (T1) e com broca esférica acoplada a motor de alta rotação (T2).

	Tratamento	Antes da EPVC		Durante a EPVC		Após a EPVC	
Frequência cardíaca (bpm)	T1	198,83	± 19,17 Aa	184,77	± 21,12 Ab	185,16	± 17,40 Ab
	T2	196,12	± 17,27 Aa	193,86	± 15,45 Aa	185,98	± 24,31 Aa
Frequência respiratória (mpm)	T1	25,21	± 5,24 Aa	25,20	± 7,21 Aa	24,35	± 7,80 Aa
	T2	23,36	± 6,64 Aa	25,47	± 4,08 Aa	25,70	± 4,35 Aa
Pressão arterial sistólica (mmHg)	T1	105,87	± 9,63 Aa	102,76	± 11,47 Aa	106,15	± 9,97 Aa
	T2	104,81	± 10,92 Aa	101,28	± 11,66 Aa	102,54	± 6,89 Aa
Pressão arterial diastólica (mmHg)	T1	47,82	± 11,99 Aa	45,28	± 11,74 Aa	45,97	± 10,68 Aa
	T2	45,72	± 9,35 Aa	43,78	± 7,70 Aa	43,93	± 8,92 Aa
Pressão arterial média (mmHg)	T1	74,16	± 7,52 Aa	71,82	± 6,86 Aa	72,28	± 5,14 Aa
	T2	73,57	± 8,45 Aa	70,59	± 9,10 Aa	70,77	± 7,13 Aa
Saturação de oxigênio (%)	T1	98,71	± 0,41 Aa	98,66	± 0,46 Aa	98,59	± 0,57 Aa
	T2	98,73	± 0,50 Aa	98,84	± 0,30 Aa	98,52	± 0,67 Aa
Concentração de dióxido de carbono ao final da expiração (mmHg)	T1	47,08	± 6,95 Aa	45,91	± 4,06 Aa	45,69	± 5,59 Aa
	T2	48,04	± 4,87 Aa	47,08	± 6,24 Aa	47,70	± 4,27 Aa
Temperatura corporal (°C)	T1	38,90	± 0,67 Aa	38,68	± 0,70 Ab	38,38	± 0,75 Ac
	T2	38,72	± 0,59 Aa	38,39	± 0,75 Ab	38,08	± 0,80 Ac
Isoflurano (%)	T1	1,85	± 0,43 Aa	1,60	± 0,50 Ab	1,40	± 0,53 Ac
	T2	1,79	± 0,39 Aa	1,57	± 0,36 Ab	1,31	± 0,24 Ac
Fluidoterapia (mL/h)	T1	33,68	± 3,24 Aa	41,91	± 31,62 Aa	33,68	± 3,24 Aa
	T2	34,68	± 5,73 Aa	40,04	± 23,53 Aa	35,27	± 7,15 Aa

(Ab)- Letras diferentes demonstram diferença ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey, letras maiúsculas entre os tratamentos (T1 e T2) e letras minúsculas entre os tempos (antes, durante e após a EPVC).

5.6 Análise histopatológica

5.6.1 Grupo A – T1 com 14 dias de pós-operatório

Aos 14 dias de PO observou-se no local da lesão a presença de tecido conjuntivo vascularizado (animal 7). A janela óssea ainda se encontrava aberta e preenchida por tecido de granulação. O infiltrado inflamatório era moderado e do tipo crônico ativo composto por neutrófilos, linfócitos, plasmócitos e macrófagos.

No foco cicatricial da EPVC havia também grande quantidade de material ósseo (*debris*) envolvidos pela reação inflamatória e pelo tecido conjuntivo. O tecido muscular próximo ao local da janela óssea estava degenerado e apresentava sincícios (Figura 8A). Os animais 19 e 25 apresentaram abscesso na musculatura, sem implicações clínicas.

O osso esponjoso nas bordas da lesão estava hiperplásico com intensa proliferação de osteoblastos e presença de *debris* ósseos e celulares. A proliferação de fibroblastos e neovascularização também eram intensas. Na região externa ao ligamento longitudinal dorsal observou-se hemorragia e *debris* ósseos. A medula espinhal estava comprometida de forma moderada com degeneração Walleriana e grande quantidade de células de “Gitter” (aproximadamente 25% da medula) (Tabela 4 e Figuras 8B e 8C).

5.6.2 Grupo B – T2 com 14 dias de pós-operatório

A região cicatricial (musculatura) não havia sinais de inflamação em três (8, 20 e 26) dos cinco animais, sendo discreta nos outros dois (2 e 14), e era composta principalmente por pequena quantidade de monócitos, macrófagos, linfócitos e plasmócitos (inflamação crônica). A degeneração da musculatura esquelética foi detectada em quatro (2, 8, 14 e 20) dos cinco animais, sendo discreta em três (2, 8 e 20) e moderada em um (14), composta principalmente por fibras musculares edemaciadas, segmentadas e pela formação de sincícios. Hemorragia no local da janela óssea estava presente em quatro dos cinco animais, sendo discreta em três (2, 8 e 20) e moderada em um (14). Com relação à medula espinhal, não havia alterações morfológicas em dois dos cinco animais (2 e 20), enquanto que nos

outros três animais, as alterações morfológicas ficaram restritas a discreta degeneração Walleriana (grau leve +), e ocasionalmente foram observados raros esferócitos.

5.6.3 Grupo C – T1 com 28 dias de pós-operatório

Aos 28 dias de pós-operatório o tecido conjuntivo vascularizado já havia amadurecido no local da lesão, com presença de colageinização. As fibras musculares se apresentavam envolvidas pelo tecido conjuntivo de forma isolada no local vizinho à cicatriz. Células inflamatórias eram ocasionais e esparsas no meio da cicatriz, e eram compostas principalmente por mononucleares (monócitos, macrófagos, linfócitos e plasmócitos). Abaixo da cicatriz já havia calo ósseo preenchendo a janela, que variou de discreto a exuberante com ou sem metaplasia cartilaginosa. Nessa mesma região ocasionalmente se observou a presença de fibrocartilagem, oriunda de fragmentos remanescentes do disco intervertebral. O tecido ósseo era do tipo esponjoso e nas suas lacunas havia tecido adiposo. No interior do canal medular foi possível visibilizar a medula espinhal de quatro das cinco amostras, a amostra do animal 3 ficou inviabilizada devido a artefato de técnica decorrente do processamento (houve o esgarçamento da medula espinhal impossibilitando sua avaliação). Das quatro amostras restantes três (9, 15 e 21) apresentaram alterações moderadas que chegavam a comprometer até 25% do tecido nervoso (Figura 8D, 8E e 8F). E uma amostra (27) estava morfolologicamente normal (Tabela 4). As alterações observadas foram degeneração Walleriana, presença de esferócitos, células de “Gitter” e malácia, em quantidade moderada (11 a 25% de comprometimento do tecido nervoso).

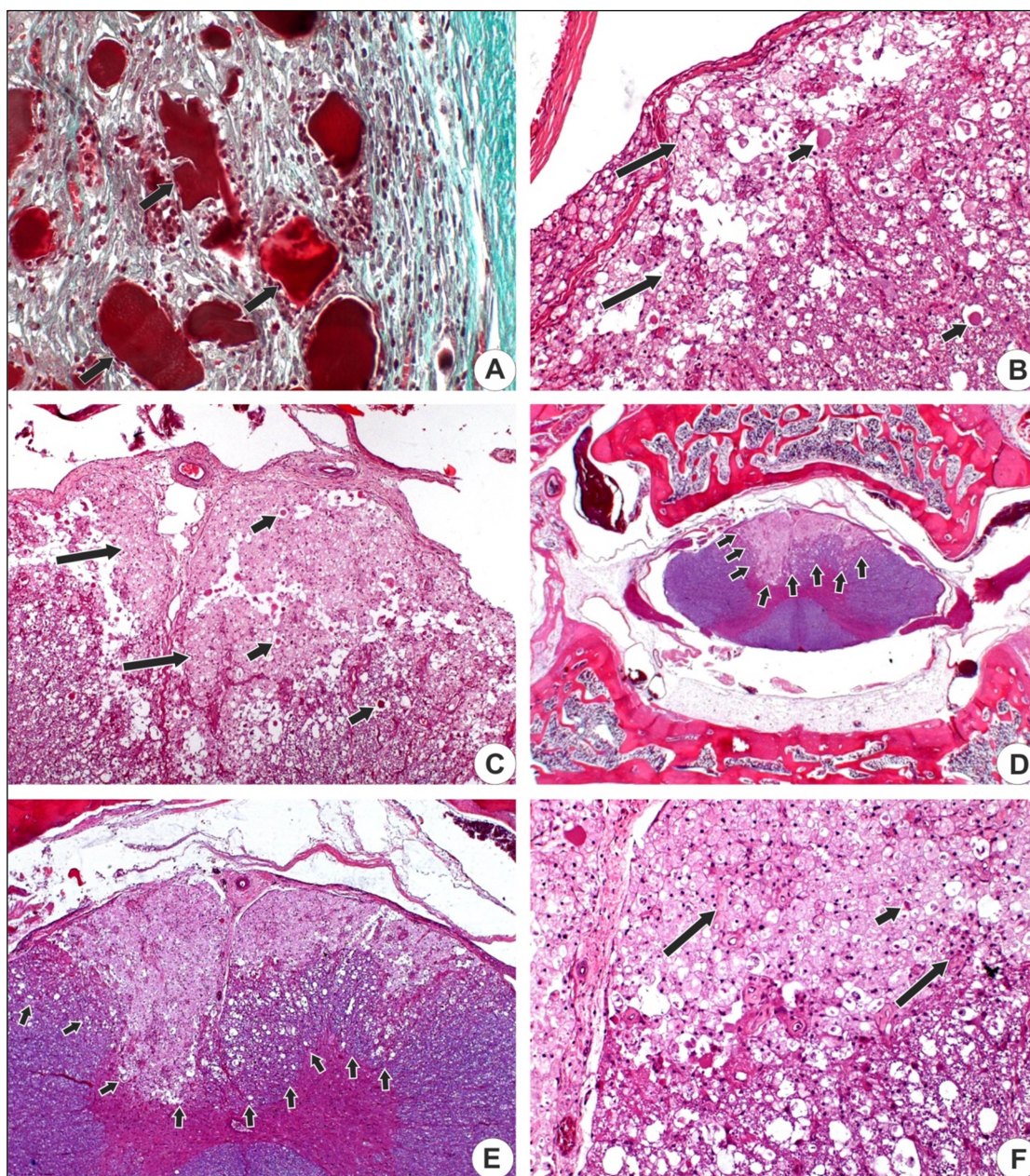


Figura 8. Fotomicrografias do estudo histopatológico de coelhos (*Oryctolagus cuniculus*), submetidos espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) (entre C3-C4) com piezocirurgia (T1) e com broca esférica (T2). **A-** Corte do local da cirurgia (an. 19, T1, Gr. A, 14d.PO) - notar as fibras musculares degeneradas (setas) e envolvidas pelas células inflamatórias mononucleares, Tricrômico de Masson, obj. 40x. **B-** Corte da medula espinhal (an. 7, T1, Gr. A, 14d.PO) - notar a vacuolização axonal, esferócitos (setas curtas) e células de "Gitter" (setas longas), HE, 20x. **C-** Corte da medula espinhal (an. 13, T1, Gr. A, 14d.PO) - notar a vacuolização axonal, esferócitos e células de "Gitter", HE, 10x. **D-** Corte da medula espinhal (an. 9, T1, Gr. C, 28d.PO) - notar a área de lesão (setas), HE, 1x. **E-** Maior aumento da figura anterior, 5x. **F-** Maior aumento da figura anterior - notar a vacuolização axonal, esferócitos e células de "Gitter", 20x.

5.6.4 Grupo D – T2 com 28 dias de pós-operatório

Nesse Grupo se observou o mesmo padrão de cicatrização dos tecidos moles, acrescentando-se a discreta presença de células gigantes do tipo corpo estranho nas regiões mais superficiais da cicatriz. Em relação aos calos ósseos os achados foram semelhantes ao Grupo C. Porém, as características morfológicas do tecido nervoso deste Grupo chamaram a atenção pela preservação da histologia. Todas as cinco amostras apresentaram-se sem alterações microscópicas dignas de nota (Tabela 4) (Figura 9A).

5.6.5 Grupo E – T1 com 56 dias de pós-operatório

Nesse Grupo observou-se cicatriz na região da lesão desde o subcutâneo até o calo ósseo. Em algumas amostras também foi possível a visibilização de fibrocartilagem nesta interface. A musculatura próxima à região cicatricial se apresentava segmentada de forma multifocal havendo agrupamentos com grupos de sarcômeros e também fibras individualizadas. Sincícios foram notados ocasionalmente.

O calo ósseo variou de discreto a exuberante, havendo metaplasia cartilaginosa e presença de fibrocartilagem de forma aleatória e inconstante nas amostras. O osso neoformado era esponjoso e as lacunas apresentavam células hematopoiéticas viáveis.

No interior do canal medular a medula espinhal se apresentou íntegra em três das cinco amostras (5, 11 e 17). Por outro lado em duas amostras (23 e 29) havia discreta (+) alteração caracterizada por degeneração Walleriana menor ou igual a 10% da medula avaliada e ocasionais esferócitos (Figuras 9B, 9C e 9D).

5.6.6 Grupo F – T2 com 56 dias de pós-operatório

Nesse Grupo o padrão morfológico de cicatrização e a região dos calos ósseos apresentaram achados semelhantes ao Grupo E. Já as características morfológicas da medula espinhal mantinham-se inalteradas. Das cinco amostras, uma amostra se perdeu devido a artefato de técnica decorrente do processamento

(30). As outras quatro amostras (6, 12, 18 e 24) apresentaram-se sem alterações microscópicas dignas de nota (Tabela 4) (Figura 9E e 9F).

No presente estudo observou-se maior número de lesões medulares com a piezocirurgia (T1), principalmente aos 14 e 28 dias de PO, com presença de malácia, esferócitos e células “Gitter”. Enquanto que na técnica convencional (T2), observou-se discreta degeneração Walleriana, apenas aos 14 dias de PO.

Tabela 4 - Alterações histopatológicas observadas na medula espinhal de coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) após espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC), de acordo com cada tratamento (T1 – piezocirurgia e T2 – convencional) e Grupo experimental (A e B – eutanásia após 14 dias de pós-operatório; C e D – eutanásia após 28 dias de pós-operatório; E e F – eutanásia após 56 dias de pós-operatório) e classificado quanto ao tipo e grau de lesão microscópica em: (-) ausente, (+) leve, (++) moderada e (+++) severa.

Tratamento	Grupo	Animal	Tipo de Lesão	Grau
T1	A ^{Aa}	1 ¹	Discreta Degeneração Walleriana	+
		7 ^{1,2}	Malácia com esferócitos e <i>Gitter Cell</i>	++
		13	Malácia com esferócitos e <i>Gitter Cell</i>	++
		19	Ausente	-
		25	Malácia com esferócitos e <i>Gitter Cell</i>	++
T2	B ^{Ba}	2	Ausente	-
		8	Discreta Degeneração Walleriana	+
		14	Discreta Degeneração Walleriana	+
		20	Ausente	-
		26 ¹	Discreta Degeneração Walleriana	+
T1	C ^{Ab}	3	Artefato de técnica*	
		9 ²	Malácia com esferócitos e <i>Gitter Cell</i>	++
		15 ²	Malácia com esferócitos e <i>Gitter Cell</i>	++
		21	Malácia com esferócitos e <i>Gitter Cell</i>	++
		27	Ausente	-
T2	D ^{Bb}	4	Ausente	-
		10	Ausente	-
		16	Ausente	-
		22	Ausente	-
		28	Ausente	-
T1	E ^{Ac}	5	Ausente	-
		11 ¹	Ausente	-
		17 ¹	Ausente	-
		23	Degeneração Walleriana com esferócitos	+
		29	Discreta Degeneração Walleriana	+
T2	F ^{Bb}	6	Ausente	-
		12	Ausente	-
		18	Ausente	-
		24	Ausente	-
		30 ¹	Artefato de técnica*	

^{Ab} Letras maiúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos para os Grupos com o mesmo período de pós-operatório, enquanto as letras minúsculas indicam diferença entre os Grupos dentro do mesmo tratamento, ambas considerando $p < 0,05$ pelo teste de Mann-Whitney.

¹ Animais que apresentaram hemorragia de seio venoso durante a EPVC.

² Animais que apresentaram déficit proprioceptivo no período pós-operatório.

*Artefato de técnica – a amostra foi prejudicada durante o processamento, impossibilitando a leitura do material.

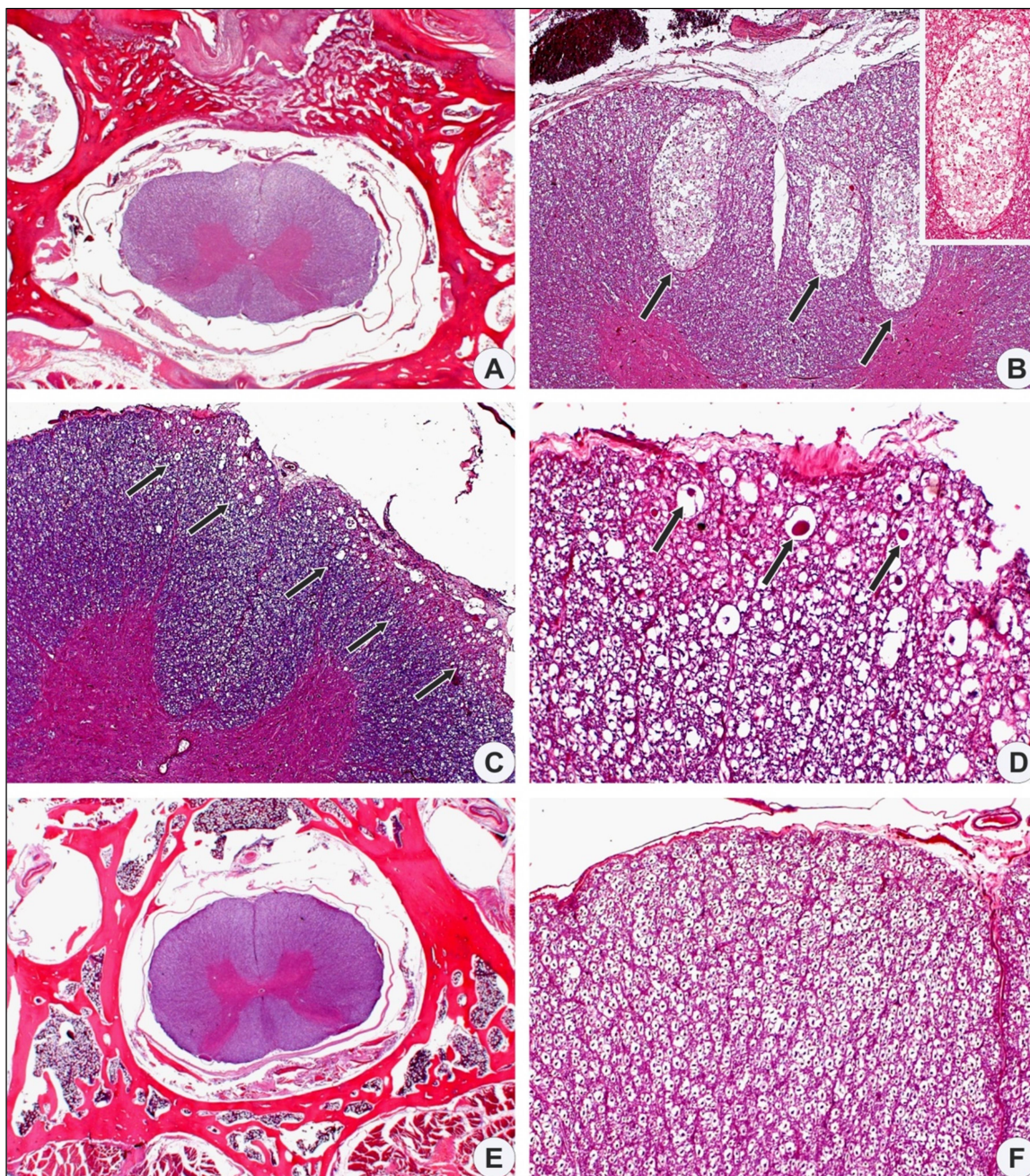


Figura 9. Fotomicrografias do estudo histopatológico de coelhos (*Oryctolagus cuniculus*), submetidos ao procedimento cirúrgico de espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) (entre C3-C4) com piezocirurgia (T1) e convencional com broca esférica de alta rotação (T2). **A-** Corte da medula vertebral (animal 28, T2, Grupo D, 28 dias PO) - sem alterações morfológicas dignas de nota, HE, obj.1x. **B-** Corte da medula vertebral (animal 23, T1, Grupo F, 56 dias PO) - notar as áreas de malácia (setas). HE, 5x. **Detalhe-** Maior aumento da figura, 10x. **C-** Corte da medula vertebral (animal 29, T1, Grupo E, 56 dias PO) - notar a área de malácia na parte superior da imagem (setas). HE, 5x. **D-** Maior aumento da figura anterior - notar a vacuolização e os esferócitos (setas), 20x. **E-** Corte da medula vertebral (animal 24, T2, Grupo F, 56 dias PO) – sem alterações dignas de nota, HE, 1x. **F-** Maior aumento da figura anterior, 10x.

6. DISCUSSÃO

O uso do termo espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC), adaptado de Araújo et al. (2013), descreve melhor a técnica realizada, frente aos termos consagrados na literatura como fenda ventral ou “ventral slot”, e por isso foi escolhido para descrever o procedimento no presente trabalho. Nenhum estudo anterior havia realizado a EPVC *in vivo* utilizando a piezocirurgia, tampouco avaliado os tempos de execução das diversas fases cirúrgicas e a variação de temperatura nos focos de osteotomia.

A respeito da utilização do aparelho piezoelétrico, Hennet (2015) cita que para permitir que a ponteira piezoelétrica vibre adequadamente, é necessário período de aprendizado, principalmente para ajustar a pressão mínima desejada. No estudo em tela, o tempo de uso do aparelho piezoelétrico apresentou tendência próxima a média o que demonstrou a facilidade de utilização e rápida curva de aprendizado. O tempo de osteotomia foi maior na piezocirurgia (T1), resultado esperado, porém ao contrário do obtido por Farrell et al. (2013), que realizaram a EPVC em modelo *ex vivo* canino, em 23 minutos com a piezocirurgia (*en bloc*) e em 34 minutos com a técnica convencional (desgaste com broca).

Por causa do acréscimo de tempo que ocorre com a piezocirurgia, Duerr et al. (2015), contra indicam o uso desta modalidade durante todo o procedimento, ou seja, recomendam o uso da técnica convencional até a observação da cortical óssea interna do corpo vertebral e, em seguida e apenas para o desgaste/corte desta última camada, o uso da piezocirurgia, pela segurança que ela apresenta por realizar o corte ósseo seletivo, preservando os tecidos moles adjacentes a osteotomia. No trabalho em tela cada tratamento (T1 e T2) utilizou somente uma das técnicas, na tentativa de averiguar as vantagens e desvantagens nos quesitos avaliados.

No presente trabalho, o maior tempo de uso da cureta na piezocirurgia (T1) deve-se em parte à completa preservação do disco intervertebral, que não apresentava sinais de desidratação, o que era esperado de acordo com a espécie e idade dos animais. Consequentemente o maior tempo de uso da cureta (discectomia) aumentou o risco de lesão (ruptura) no seio venoso vertebral,

evidenciado por quatro casos de hemorragia. Após a ocorrência de tais complicações nos primeiros procedimentos houve acréscimo no tempo, demonstrando maior cuidado na realização da curetagem. Para a elevação do ligamento longitudinal dorsal, Farrell et al (2013) observaram o mesmo número de lesões durante a curetagem, comparando a técnica convencional e piezocirurgia, sendo que os autores utilizaram um preservativo de látex como modelo experimental, mimetizando a medula espinhal, no interior do canal vertebral da coluna cervical (*ex vivo*) de cães.

Como a principal indicação para a realização da EPVC em pequenos animais é a discopatia, onde o disco intervertebral já está degenerado e muitas vezes calcificado (ARAÚJO et al., 2013), estudos clínicos são necessários para avaliar o efeito da piezocirurgia também sobre discos doentes.

Em relação à variação de temperatura no foco cirúrgico, neste estudo houve redução no decorrer das osteotomias, tanto no procedimento convencional quanto na piezocirurgia. Esses resultados divergiram daqueles obtidos *in vitro* por Schütz et al. (2012), que descreveram o aumento de temperatura com o uso de serra oscilatória e de piezocirurgia, e por Harder et al. (2009) ao comparar três equipamentos piezoelétricos. O T1 apresentou maior perda de calor que T2, mas apesar do maior tempo de uso do aparelho, sem diferença estatística com T2, a correlação com este foi fraca ($r=0,34$), o que pode indicar que a forma de irrigação associada à ponteira piezoelétrica favorece a dissipação do calor produzido pela oscilação ultrassônica da mesma.

De acordo com Schütz et al. (2012), a solução de irrigação a 10°C reduziu mais a produção de calor no osso, quando comparada à solução a 20°C. Contudo, no presente trabalho houve resfriamento do foco cirúrgico durante as osteotomias, mesmo com a temperatura da solução de irrigação mantida em torno de 24°C. Sendo assim a taxa de irrigação de 30 mL/min e a temperatura da solução a 24°C foram eficazes para a redução do calor produzido, tanto pela ponteira do aparelho piezoelétrico, quanto pela broca nos experimentos *in vivo* aqui descritos.

A limpeza do campo cirúrgico e redução da hemorragia são duas importantes vantagens da piezocirurgia (HENNET, 2009). A hemostasia que ocorreu com a piezocirurgia (T1), provavelmente deve-se ao efeito de cavitação descrito previamente por Von See et al. (2012). A rotação da broca (T2), por outro lado, provocou a formação de espuma a partir da solução de irrigação e não impediu a hemorragia nos corpos vertebrais.

A respeito da avaliação histopatológica dos dois tratamentos propostos (T1 e T2), que evidenciou maior número de lesões em T1, principalmente aos 14 e 28 dias de PO, acredita-se que as alterações encontradas nos tratos ventrais da medula espinhal, logo abaixo da osteotomia, indicando trauma iatrogênico, possivelmente foram promovidos pela própria ponteira piezoelétrica, a qual no modelo de corte proposto, *en bloc*, adentra o canal medular às cegas. Para utilização clínica da piezocirurgia, a fim de evitar lesões medulares, o acesso ao canal medular deve ser planejado com o uso de exame de imagem prévio para determinar a espessura do corpo vertebral, como indicado por Gravougel et al. (2014) e o uso subsequente de ponteiras com marcação milimétricas, já disponibilizadas pelos fabricantes dos aparelhos piezoelétricos. Alternativamente pode-se utilizar o corte piezoelétrico *en bloc* ou a técnica convencional (como recomendado por Duerr et al., 2015) apenas até a camada de osso esponjoso, sendo o desgaste ósseo da cortical interna realizada com ponteira piezoelétrica do tipo bola.

O número de complicações clínicas foi maior que o observado por Duerr et al. (2015), que realizaram laminectomia piezoelétrica em 36 ovelhas, onde apenas uma apresentou lesão neurológica, causada por hematoma subdural observado na necropsia. No presente trabalho, os três animais (T1) que apresentaram déficits proprioceptivos se recuperaram em até 72 horas de PO, provavelmente com lesões medulares agudas. Esses apresentavam lesões medulares moderadas ao exame histopatológico, após 14 e 28 dias de PO, porém outros três animais (T1) que também tiveram lesões moderadas, e outros seis (5 em T1 e 1 em T2) com lesões discretas, não apresentaram sintomatologia. A ausência (3 animais do Grupo E e 4 no Grupo F) ou apenas a presença discreta (2 animais do Grupo E) de lesões medulares aos 56 dias de PO, pode indicar que a medula espinhal tem boa

capacidade de regeneração axonal, ou que as lesões observadas na histopatologia não tem correlação proporcional com a clínica neurológica nessa espécie estudada.

Ainda sobre a avaliação histopatológica, os resultados indicam resposta cicatricial e inflamatória mais rápida quando utilizada a piezocirurgia, aos 14 dias de PO. Porém aos 28 e aos 56 dias de PO, ambos os tratamentos apresentaram o mesmo padrão cicatricial nos tecidos mole e ósseo. Resultados semelhantes foram observados por Ma et al. (2013), ao realizarem cortes no osso nasal de coelhos com aparelho piezoelétrico e com dois tipos de serra sagital.

No estudo de Ma et al. (2013), que realizaram cortes no osso nasal de coelhos comparando dois modelos de serra oscilatória com o corte piezoelétrico, observaram no grupo tratado com piezocirurgia com uma semana de PO, mais células inflamatórias e tecido vascularizado e, com duas semanas, houve diminuição da resposta inflamatória e aumento da atividade osteoblástica; com três e cinco semanas de PO a cicatrização óssea foi semelhante nos três tratamentos. Esses resultados foram semelhantes aos observados no presente estudo, com uma resposta inflamatória mais intensa com a piezocirurgia aos 14 dias de pós-operatório e resposta semelhante entre os dois tratamentos aos 28 e 56 dias de pós-operatório. Enquanto que Macedo et al. (2015), que realizaram osteotomia no osso parietal de ratos, observaram resposta inflamatória mais discreta, e formação óssea mais rápida com a piezocirurgia, comparada a broca de tungstênio de baixa velocidade. Assim, pode-se indicar que as respostas inflamatória e cicatricial e a neoformação óssea são influenciadas pelo método de osteotomia, bem como pela espécie animal avaliada.

No presente estudo, observou-se que a piezocirurgia é aplicável na realização da espondilectomia parcial ventral cervical (EPVC) com excelente visibilidade do campo operatório, facilidade de manuseio e rápida curva de aprendizagem, no entanto, demandou maior tempo na curetagem, e provocou maior número de complicações cirúrgicas e de lesões medulares, quando comparada à técnica convencional. Observou-se também que nenhuma das técnicas alterou os parâmetros fisiológicos monitorados durante a anestesia, a qual foi adequada para os procedimentos realizados. A avaliação histopatológica demonstrou o processo de cicatrização dos tecidos moles e ósseo após a realização da EPVC, e evidenciou

que apesar da resposta ser mais intensa com a piezocirurgia, após 28 dias a mesma foi igual nos dois tratamentos. Além disso, cabe destacar que o coelho foi bom modelo comparativo de experimentação *in vivo* para as cirurgias de coluna vertebral cervical em pequenos animais.

7. CONCLUSÃO

As técnicas estudadas, piezoelétrica e convencional, utilizadas na espondilectomia parcial ventral cervical em coelhos, apresentaram resultados semelhantes quanto ao tempo de acesso cirúrgico e uso do aparelho, ao resfriamento adequado do osso, a monitoração anestésica e a resposta inflamatória e cicatricial aos 28 e 56 dias de pós-operatório no foco da espondilectomia. A piezocirurgia foi superior na visibilidade do campo cirúrgico promovendo a hemostasia óssea, e na resposta cicatricial inicial mais intensa. Porém o modelo de corte proposto resultou em grande número de lesões por compressão na medula espinhal, com algumas manifestações agudas de déficits proprioceptivos, que regrediram rapidamente.

8. REFERÊNCIAS⁴⁴

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

Bauer, Sophie E. M. e Romanos, Georgios E. Morphological Characteristics of Osteotomies Using Different Piezosurgical Devices. A Scanning Electron Microscopic Evaluation. **Implant Dentistry**. Volume 23 - Issue 3 - p 334–342, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1097/ID.0000000000000077>

Bengazi, Franco; Lang, Niklaus. P.; Canciani, Elena; Viganò, Paolo; Velez, Joaquin Urbizo; Botticelli, Daniele. Osteointegration of implants with dendrimers surface characteristics installed conventionally or with Piezosurgery®. A comparative study in the dog. **Clinical Oral Implants Research**, 25, 10-15, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1111/clr.12082>

Braund, K. G. Moléstia do disco intervertebral. In: Bojrab, J. M. **Mecanismos da moléstia na cirurgia dos pequenos animais**. 2ªed. São Paulo. Manole, 129, 1104-1116. 1996.

Brockmeyer, Phillipp; Hahn, Wolfram; Fenge, Stefan; Moser, Norman; Schliephake, Henning; Gruber, Rudolf Matthias. Reduced somatosensory impairment by piezosurgery during orthognathic surgery of the mandible. **Oral Maxillofacial Surgery**. 19(3):301-7, 2015.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10006-015-0499-0>

Bydon, Mohamad; Xu, Risheng; Papademetriou, Kyriakos; Sciubba, Daniel M., Wolinsky, Jean-Paul; Witham, Timothy F., Gokaslan, Ziya L., Jallo, George; Bydon, Ali. Safety of spinal decompression using na ultrasonic boné curette compared with a high-speed drill: outcomes in 337 patients. **Journal of Neurosurgery: Spine**. 18: 627-633, 2013.
<http://dx.doi.org/10.3171/2013.2>

Cherrone, K.L.; Dewey, C.W.; Coates, J.R.; Bergman, R.L. A retrospective comparison of cervical intervertebral disk disease in nonchondrodystrophic large dogs versus small dogs. **Am. Anim. Hosp. Assoc.** v.40, p.316-320, 2004.
<http://dx.doi.org/10.5326/0400316>

Delibasi, Cagri e Gurler, Gokhan. Comparison of Piezosurgery and Conventional Rotative Instruments in Direct Sinus Lifting. **Implant Dentistry**. 22 (6): 662-665, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1097/ID.0000000000000001>

⁴⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração, Rio de Janeiro, 2002. 23p.

Denny, H. D. **A guide to canine and feline orthopaedic surgery**. 3^a ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 3, 121-163. 1993.

Dewey, Curtis W. Cirurgia da Coluna Cervical. In. Fossum, Theresa W. **Cirurgia de Pequenos Animais**. 4^a ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 40, 1467-1502. 2015.

Duerr, Felix M., Seim III, Howard B., Bascuñán, Ana L., Palmer, Ross H., Easley Jeremiah. Piezoelectric Surgery – A Novel Technique for Laminectomy. *Journal of Investigative Surgery*, 28, 103–108, 2015.
<http://dx.doi.org/10.3109/08941939.2014.981323>

Esteves, Jônatas Caldeira; Marcantonio Jr, Elcio; Faloni, Ana Paula de Souza; Rocha, Fernanda Regina Godoy; Marcantonio, Rosemary Adriana; Wilk, Katarzyna; Intini, Giuseppe. Dynamics of bone healing after osteotomy with piezosurgery or conventional drilling - histomorphometrical, immunohistochemical and molecular analysis. *Jornal of Translational Medicine*. 11: 221, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1186/1479-5876-11-221>

Farid, Karin A., Mostafa, Yehya A., Kaddah, Mohammed A., El-Sharaby, Fouad Aly. Corticotomy-facilitated Orthodontics Using Piezosurgery versus Rotary Instruments: An Experimental Study. *Journal of the Internacional Academy of Periodontology*. 16(4): 103-108, 2014.

Farrell, Michael; Solano, Miguel A., Fitzpatrick, Noel; Jovanovik, Jelena. Use of an *Ex Vivo* Canine Ventral Slot Model to Test the Efficacy of a Piezoelectric Cutting Tool for Decompressive Spinal Surgery. *Veterinary Surgery*. 42: 832-839, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-950X.2013.12051.x>

Ghassemi, Alireza; Prescher, Andreas; Talebzadeh, Mohammad; Hölzle, Frank; Modabber, Ali. Osteotomy of the Nasal Wall Using a Newly Designed Piezo Scalpel – A Cadaver Study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 71: 2155.e1-2155.e6, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2013.07.028>

Grauvogel, Juergen; Scheiwe, Christian; Kaminsky, Jan. Use of Piezosurgery for internal auditory canal drilling in acoustic neuroma surgery. *Acta Neurochirurgic*. 153: 1941-1947. 2011.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00701-011-1092-4>

Grauvogel, Juergen; Scheiwe, Christian; Kaminsky, Jan. Use of Piezosurgery for removal of retrovertebral body osteophytes in anterior cervical discectomy. *The Spinal Journal*. 14: 628-636. 2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2013.06.085>

Gülnahar, Y., Hüseyin Köşger, H., Tutar, Y. A comparison of piezosurgery and conventional surgery by heat shock protein 70 expression. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*. 42: 508-510. 2013.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2012.10.027>

Harder, S., Wolfart, S., Mehl, C., et al. Performance of ultrasonic devices for bone surgery and associated intraosseous temperature development. **International Journal of Oral and Maxillofacial Implants**. 24(3), 484–490. 2009.

Hennet, Philippe. Piezoelectric bone surgery: a review of the literature and potential applications in veterinary oromaxillofacial surgery. **Frontiers in Veterinary Science**. 2: article 8. 2015.

<http://dx.doi.org/10.3389/fvets.2015.00008>

Hu, Xiaobang; Ohnweiss, Donna D., Lieberman, Isador H. Use of an ultrasonic osteotome device in spine surgery: experience from the first 128 patients. **Europe Spine Journal**. 22: 2845-2849. 2013.

<http://dx.doi.org/10.1007/s00586-013-2780-y>

Iacoangeli, Maurizio; Neri, Piergiorgio; Balercia, Paolo; Lupi, Ettore; Di Renzo, Alessandro; Nocchi, Niccolò; Alvaro, Lorenzo; Scerrati, Massimo. Piezosurgery for osteotomies in orbital surgery: Our experience and review of the literature. **International Journal of Surgery Case Reports**. 4: 188-191, 2013.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijscr.2012.11.005>

Kim, S.H., Lee, J.H., Kim, J.H., Chun, K.S., Doh, J.W., Chang, J.C. Anatomical morphometric study of the cervical uncinate process and surrounding structures. **Journal Korean Neurosurgery Society**. 52(4):300-305. 2012.

Labanca, Mauro; Azzola, Flávio; Vinci, Raffaele; Rodella, Luigi F. Piezoelectric surgery: Twenty years of use. **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**. 46, 265-269. 2008.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bjoms.2007.12.007>

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**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.664-94. 2004.

Ma, Li; Stübinger, Stefan; Liu, Xi Ling; Schneider, Urs. A., Lang, Niklaus P. Healing of osteotomy sites applying either piezosurgery or two conventional saw blades: a pilot study in rabbits. **International Orthopedics**. 37: 1597-1603. 2013.

<http://dx.doi.org/10.1007/s00264-013-1908-3>

Macedo, Nelson Luiz; Monteiro, Adriana Socorro Ferreira; Sato, Tabata Prado; Macedo, Luis Guilherme Scavone. The effect of piezosurgery with cvd tip in osteotomy in rat parietal bone: histologic and histomorphometric analysis. **Brazilian Dental Science**. 18(1): 81-87. 2015.

Pakzaban, Peyman. Ultrasonic Total Uncinectomy: A Novel Technique for Complete Anterior Decompression of Cervical Nerve Roots. **Operative Neurosurgery**. 10(4): 535-541. 2014.

<http://dx.doi.org/10.1227/NEU.0000000000000549>

Pappalardo, Sabrina; Guarnieri, Renzo. Randomized clinical study comparing piezosurgery and conventional rotator surgery in mandibular cyst enucleation. **Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery**. 42, 80-85. 2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcms.2013.06.013>

Pavlíková, G., Foltán, R., Horká, M., Hanzelka, T., Borunská, Šedý, J. Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**. 40, 451-457. 2011.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2010.11.013>

Santini, G., Mazzanti, A., Beckmann, D.V. Rosmarini, P.S., Pelizzari, C., Polidoro, D. e Baumhardt, R. Doença do disco intervertebral cervical em cães: 28 casos (2003-2008). **Pesq. Vet. Bras.**, v.30, p.659-664, 2010.

Schaller, Bernhard J., Gruber, R., Merten, H. A., Kruschat, Thomas; Schliephake, H., Buchfelder, Michael; Ludwig, H. C. Piezoelectric Bone Surgery: A Revolutionary Technique for Minimally Invasive Surgery in Cranial Base and Spinal Surgery? Technical Note. **Neurosurgery**. 57, Operative Neurosurgery 4. 2005.
<http://dx.doi.org/10.1227/01.NEU.0000176700.77461.C9>

Schültz, S., Egger, J., Kühl, S., Filippi, A., Lambrecht, J. Th. Intraosseous temperature changes during the use of piezosurgical inserts in vitro. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**. 41, 1338-1343. 2012.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2012.06.007>

Silva Neto, Ulisses Tavares; Joly, Julio Cesar; Gehrke, Sergio Alexandre. Clinical analysis of the stability of dental implants after preparation of the site by conventional drilling or piezosurgery. **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**. 52, 149-153. 2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bjoms.2013.10.008>

Stübinger, Stefan; Biermeier, Kristina; Bächli, Beatus; Ferguson, Stephen J., Sader, Robert; von Rechenberg, Brigitte. Comparison of Er:YAG Laser, Piezoelectric, and Drill Osteotomy for Dental Implant Site Preparation: A Biomechanical and Histological Analysis in Sheep. **Lasers in Surgery and Medicine**. 42, 652-661. 2010.
<http://dx.doi.org/10.1002/lsm.20944>

Toombs, J. P. e Waters, D. J. Afecção do disco intervertebral. In: Slatter, D. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. 3ª ed. Vol. 1. São Paulo: Manole, 1193-1208. 2007.

Vercellotti, T., Crovace, A., Palermo, A., Molfetta, L. The piezoelectric osteotomy in orthopedics: clinical and histological evaluations (Pilot study in animals). **The Mediterranean Journal of Surgery and Medicine**. 9, 89-96. 2001a.

Vercellotti, T., De Paoli, S., Nevins, M. The piezoelectric bony window osteotomy and sinus membrane elevation: introduction of a new technique for simplification of the sinus augmentation procedure. **Internattional Journal of Periodontics and Restorative Dentistry**. 21, 561–567. 2001b.

Von See, C., Gellrich, N. C., Rücker, M., Kokemüller, H., Kober, H., Stöver, E. Investigation of perfusion in osseous vessels in close vicinity to piezo-electric bone cutting. **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**. 50, 251-255. 2012.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bjoms.2011.04.069>

Walmsley, A. D., Laird, W. R., Williams, A. R. Intravascular thrombosis associated with dental ultrasound. **Journal of Oral Pathology**. 16, 256–259. 1987.