

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

Marcelo Luís Schwab

**COMPLICAÇÕES RELACIONADAS À COLHEITA DO LÍQUIDO
CEREBROESPINAL E À HEMILAMINECTOMIA ASSOCIADA À
FENESTRAÇÃO DE DISCO INTERVERTEBRAL EM CÃES**

Santa Maria, RS

2023

Marcelo Luís Schwab

**COMPLICAÇÕES RELACIONADAS À COLHEITA DO LÍQUIDO
CEREBROESPINAL E À HEMILAMINECTOMIA ASSOCIADA À FENESTRAÇÃO
DE DISCO INTERVERTEBRAL EM CÃES**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Área de Cirurgia e Clínica de Pequenos Animais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Medicina Veterinária**.

Orientador: Prof° Dr° . Alexandre Mazzanti

Santa Maria, RS
2023

Marcelo Luís Schwab

**COMPLICAÇÕES RELACIONADAS À COLHEITA DO LÍQUIDO
CEREBROESPINAL E À HEMILAMINECTOMIA ASSOCIADA À FENESTRAÇÃO
DE DISCO INTERVERTEBRAL EM CÃES**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Área de Cirurgia e Clínica de Pequenos Animais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Medicina Veterinária**.

Aprovado em 09 de março de 2023:

Alexandre Mazzanti, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Diego Vilivaldo Beckmann, Dr. (UFSM)

Luis Felipe Dutra Corrêa, Dr. (UFSM)

Marcelo Meller Alievi, Dr. (UFRGS)

Vitor Marcio Ribeiro, Dr. (Santo Agostinho Hospital Veterinário, MG)

Santa Maria, RS
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Schwab, Marcelo Luís

Complicações relacionadas à colheita do líquido cerebrospinal e à hemilaminectomia associada à fenestração de disco intervertebral em cães / Marcelo Luís Schwab.- 2023.

63 p.; 30 cm

Orientador: Alexandre Mazzanti Coorientador: Saulo Tadeu Lemos Pinto Filho

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária, RS, 2023

1. Líquido Cerebrospinal 2. Hemilaminectomia 3. Fenestração de disco intervertebral 4. Complicações 5. Cães I. Mazzanti, Alexandre II. Pinto Filho, Saulo Tadeu Lemos III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, MARCELO LUÍS SCHWAB, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Sérgio e Ana, por estarem ao meu lado e me apoiarem durante toda minha vida, no qual muitas vezes abdicaram de seus sonhos colocando o meu em primeiro lugar. Obrigado por tudo. Quero que saibam o quanto eu amo vocês, e me orgulho imensamente de quem vocês são

Agradeço aos meus irmãos, Ricardo, Diego e Felipe, os quais até hoje servem de referência para mim. Obrigado pelo companheirismo e apoio.

Agradeço aos mestrandos, doutorandos e estagiários do Serviço de Neurologia e Neurocirurgia do HVU-UFSM, em especial ao meu orientador professor Alexandre Mazzanti, por toda a ajuda e conhecimentos passados durante minha graduação e pós-graduação. Obrigado por ter me guiado durante meu crescimento acadêmico e profissional.

Agradeço aos colegas e amigos, Denis Ferrarin, Mathias Wrzesinski, Júlia Rauber, Samanta Moro e Julya Chaves. Vocês tornaram minha trajetória mais fácil e deixaram meu coração mais leve. Carrego vocês no peito, para sempre.

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal de Santa Maria, incluindo professores e funcionários, assim como o Hospital Veterinário Universitário. Este ambiente foi minha casa por 13 anos, e aqui vivi muitos dos melhores momentos da minha vida.

Agradeço o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio científico e financeiro.

Agradeço aos animais e pacientes os quais tive o privilégio de encontrar durante minha jornada.

Agradeço a Duda, minha companheira de 4 patas que partiu deixando uma imensa saudade. Nos veremos novamente, mas ainda não. Ainda não...

*“O passado pode doer, mas do jeito
que eu vejo você pode fugir dele...
ou aprender com ele”*

(O rei Leão)

RESUMO

COMPLICAÇÕES RELACIONADAS À COLHEITA DO LÍQUIDO CEREBROESPINHAL E À HEMILAMINECTOMIA ASSOCIADA À FENESTRAÇÃO DE DISCO INTERVERTEBRAL EM CÃES

AUTOR: MARCELO LUÍS SCHWAB
ORIENTADOR: ALEXANDRE MAZZANTI

A análise de líquido cerebroespinal (LCE) é um exame de auxílio ao diagnóstico utilizado na rotina neurológica e indicado na suspeita de doenças no sistema nervoso central e em alguns casos no sistema nervoso periférico. Para isso, há necessidade da colheita, que pode ser realizada nas cisternas magna e lombar. Por sua vez, a hemilaminectomia e a fenestração de disco intervertebral são técnicas cirúrgicas utilizadas no tratamento de cães com mielopatia compressiva ocasionada, entre elas, pela extrusão do disco intervertebral. Esses procedimentos não são isentos de riscos e o conhecimento das possíveis complicações é de extrema importância com o intuito de tentar preveni-las. O artigo 1 da presente tese relata dois casos de cães com histórico de crises epiléticas e que foram submetidos a colheita de LCE. Após esse procedimento, ambos desenvolveram mielomalacia progressiva hemorrágica confirmadas por estudo histopatológico. Já o artigo 2 foi desenvolvido com um estudo prospectivo com o intuito de contribuir acerca das complicações cirúrgicas referente aos procedimentos de hemilaminectomia e fenestração de disco intervertebral em 64 cães. Nesse estudo foi observado complicações em 15,62% (n=10/64) dos casos em um ou mais dos períodos avaliados. Das complicações, no período intraoperatório foram observadas rizotomia iatrogênica, abertura do canal vertebral contralateral e parada cardiorrespiratória. No pós-operatório imediato, foram observadas a flacidez da parede abdominal ipsilateral, piora neurológica, hematoma, deiscência de ferida cirúrgica e infecção superficial da ferida de pele. No pós-operatório tardio foram verificadas reação ao fio cirúrgico, aderência cicatricial e flacidez da parede abdominal ipsilateral como problemas mais frequentes. Tais intercorrências foram transitórias e com mínimas chances de ocasionar óbito.

Palavras-chave: Líquido cerebroespinal. Extrusão de disco intervertebral. Cão. Mielomalacia. Punção lombar. Neurocirurgia. Hemilaminectomia e fenestração.

ABSTRACT

COMPLICATIONS RELATED TO CEREBROSPINAL FLUID TAP AND HEMILAMINECTOMY ASSOCIATED WITH INTERVERTEBRAL DISC FENESTRATION IN DOGS

AUTHOR: MARCELO LUÍS SCHWAB
ADVISOR: ALEXANDRE MAZZANTI

Cerebrospinal fluid (CSF) analysis is an auxiliary diagnostic test used in neurological routine and indicated in the suspicion of diseases in the central nervous system and in some cases in the peripheral nervous system. CSF can be performed in the cerebellomedullary and lumbar cisterns. In turn, the hemilaminectomy and intervertebral disc fenestration are surgical techniques used in the treatment of dogs with compressive myelopathy caused by intervertebral disc extrusion. These procedures are not risk-free, and knowledge of possible complications is extremely important to try to prevent them. Article 1 of this thesis reports two cases of dogs with a history of epileptic seizures that underwent spinal tap. After this procedure both developed progressive hemorrhagic myelomalacia, confirmed by histological study. As for article 2, a prospective study was developed to contribute to the surgical complications related to hemilaminectomy procedures and intervertebral disc fenestration in 64 dogs. In this study, complications were observed in 15.62% (n=10/64) of cases in one or more of the evaluated periods. Iatrogenic rhizotomy, access to the spinal canal contralateral to the lesion, and cardiorespiratory arrest were observed intraoperatively. Abdominal wall flaccidity, neurological worsening, hematoma, dehiscence, and superficial wound infections were observed during the immediate postoperative period. Adverse reactions to the surgical thread, scar adhesion, and superficial wound infection were the most frequent complications during the late postoperative period. Such complications were transitory and with minimal chances of causing death.

Keywords: Cerebrospinal fluid. Intervertebral disc extrusion. Dog. Myelomalacia. Lumbar tap. Neurosurgery. Hemilaminectomy and fenestration.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	LÍQUIDO CEREBROESPINAL.....	10
1.1.1	Fisiologia da produção fluxo e absorção do LCE.....	11
1.1.2	LCE na regulação da pressão intracraniana.....	12
1.1.3	LCE no auxílio ao diagnóstico de doenças neurológicas.....	13
1.1.4	Métodos de colheita do LCE.....	13
1.1.5	Contraindicações e complicações no procedimento de colheita do LCE.....	14
1.2	EXTRUSÃO DE DISCO INTERVERTEBRAL EM CÃES.....	17
1.2.1	Hemilaminectomia e fenestração de disco intervertebral.....	18
1.2.2	Complicações cirúrgicas na hemilaminectomia e fenestração de disco intervertebral.....	20
1.3	MIELOMALACIA HEMORRÁGICA PROGRESSIVA.....	20
2	ARTIGO 1.....	23
3	ARTIGO 2.....	36
4	DISCUSSÃO.....	52
5	CONCLUSÃO.....	55
6	REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

1.1 LÍQUIDO CEREBROESPINHAL

O líquido cerebroespinal (LCE) é um fluído presente no sistema ventricular do cérebro, no canal central da medula espinhal e no espaço subaracnóideo entre a pia-máter e a aracnoide (LEVINE; COOK, 2020; WOOD; GAROSI; PLATT, 2012). Este é separado da corrente sanguínea e do parênquima do sistema nervoso central por um sistema de barreiras que compreende o epitélio ependimário, o epitélio do plexo coroide, as leptomeninges e as vilosidades aracnóideas (LEVINE; COOK, 2020). O LCE tem função de regulação da composição química do sistema nervoso central e o transporte intracerebral de substâncias biologicamente ativas (TERLIZZI; PLATT, 2009).

O LCE é um ultrafiltrado do plasma tendo composição diferente deste, sendo assim claro e incolor (WAMSLEY, 2013). Assim como no soro, a albumina é a proteína mais prevalente compondo aproximadamente 80-90% das proteínas no LCE normal (WHITNEY; COATES, 2021). Normalmente o teor de proteínas é baixo, sendo que amostras colhidas na cisterna lombar tendem a apresentar níveis mais altos quando comparadas às amostras da cisterna magna (DAMKIER; BROWN; PRAETORIUS, 2010; TERLIZZI; PLATT, 2009). Os intervalos de referência de proteínas no LCE de cães é 10 a 45mg/dL em comparação com 5 a 7 g/dL no soro (TERLIZZI; PLATT, 2006). Aumento na concentração de proteína no LCE, sem aumento na contagem de células nucleadas é denominado dissociação albuminociológica (TERLIZZI; PLATT, 2009)

A contagem de células nucleadas é variável em diferentes espécies, tendo um intervalo normal de 0 a 5 células/ μ L em cães (DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017; TERLIZZI; PLATT, 2006). A maioria das células presentes no LCE normal são células mononucleares, principalmente linfócitos (CHRISMAN, 1992; TERLIZZI; PLATT, 2009). Quanto aos neutrófilos, há discordância quanto ao percentual considerado normal (WHITNEY; COATES, 2021). Alguns autores sugeriram que a presença de quaisquer neutrófilos no LCE deve ser considerada anormal (CHRISTOPHER; PERMAN; HARDY, 1988; DICKINSON et al., 2006). Entretanto, estudos prospectivos indicaram que há ampla variação de porcentagens de neutrófilos no LCE em cães

saudáveis, embora intervalos mais altos possam ser resultado de contaminação da amostra por sangue (CARAKOSTAS et al., 1983; JAMISON; LUMSDEN, 1988; WHITNEY; COATES, 2021). Os eosinófilos são raros no LCE de cães saudáveis e, quando presentes, podem ser resultado de contaminação sanguínea (CHRISMAN, 1992; WHITNEY; COATES, 2021). O aumento de células nucleadas é denominado pleocitose e é ainda definido pelo tipo celular predominante em neutrofílica, mononuclear, eosinofílica ou mista (TERLIZZI; PLATT, 2009; WHITNEY; COATES, 2021)

Vários íons, enzimas e outras substâncias também são encontradas no LCE normal, entretanto, eritrócitos normalmente não estão presentes (WOOD; GAROSI; PLATT, 2012). O LCE normal não deve conter eritrócitos, mas a hemodiluição é uma ocorrência comum e advém de contaminação durante a colheita. (LEVINE; COOK, 2020). O aumento da contagem de células nucleadas frente a hemodiluição permanece, até certo ponto, uma avaliação subjetiva e deve ser avaliada criteriosamente (LEVINE; COOK, 2020). Estudos dos efeitos da contaminação sanguínea nos parâmetros do LCE fornecem informações variáveis (DOYLE; SOLANO-GALLEGO, 2009; THOMSON; KORNEGAY; STEVENS, 1990). Atualmente sugere-se que contaminação de até 5.000 eritrócitos/ μL não interferem na contagem de células nucleadas (WHITNEY; COATES, 2021).

Em animais saudáveis, a composição do LCE é relativamente constante, entretanto quando há comprometimento de uma das barreiras do sistema nervoso o LCE apresentará anormalidades dependendo da localização e extensão da doença (THOMAS, 2010; WOOD; GAROSI; PLATT, 2012). As anormalidades apresentadas geralmente são limitadas a alterações no número e distribuição de células presentes e aumento do conteúdo de proteínas, tornando a análise do LCE um indicador sensível, mas raramente específico de doenças do sistema nervoso (TERLIZZI; PLATT, 2006). Em alguns casos, a análise do LCE pode identificar agentes etiológicos específicos ou células neoplásicas (WHITNEY; COATES, 2021).

1.1.1 Fisiologia da produção fluxo e absorção do LCE

O LCE é produzido principalmente pelo plexo coroide do sistema ventricular (ventrículos laterais, terceiro e quarto ventrículos), mas também pelos capilares

encefálicos, células parenquimatosas e células endimárias (DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017). Estudos experimentais em cães demonstraram que 35% do LCE é produzido no terceiro ventrículo e ventrículos laterais, 23% é derivado do quarto ventrículo e 42% é oriundo do espaço subaracnóideo (TERLIZZI; PLATT, 2006).

O LCE é obtido tanto por ultrafiltração a partir do plasma sanguíneo quanto por mecanismos de transporte ativos que utilizam energia, tendo em cães taxa normal de produção variando de 0,047-0,066 ml/min (DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017; WAMSLEY, 2013; WOOD; GAROSI; PLATT, 2012). Como a formação do LCE é, em parte, resultado de processo ativo, a formação é constante e independente da pressão de LCE ou da pressão sanguínea (TERLIZZI; PLATT, 2006). O fluxo é predominantemente rostrocaudal, entretanto acredita-se que também ocorra fluxo caudorostral devido influência da pulsação do sangue no plexo coroide e do ciclo cardíaco (LAHUNTA; GLASS; KENT, 2020).

A absorção do LCE é realizada principalmente pelas vilosidades aracnóides no espaço subaracnóideo presentes nos seios venosos. Estas funcionam como uma válvula de escape que, por diferença de pressão, permite a passagem do LCE diretamente para a corrente sanguínea sem que ocorra refluxo sanguíneo na direção oposta (TERLIZZI; PLATT, 2006). Também há reabsorção difusa do LCE pelos capilares cerebrais por variações na pressão hidrostática e osmótica (LEVINE; COOK, 2020; WAMSLEY, 2013; WOOD; GAROSI; PLATT, 2012).

1.1.2 LCE na regulação da pressão intracraniana

O LCE ajuda na regulação da pressão intracraniana juntamente com o fluxo sanguíneo cerebral. O crânio é uma estrutura rígida com um volume fixo e contém basicamente três componentes: parênquima cerebral, volume vascular intracraniano e LCE (TERLIZZI; PLATT, 2006). Tais componentes estão em homeostase e são ditados pela doutrina de Monro-Kellie (KIM et al., 2012). Apenas o LCE e o sangue podem ser deslocados para manter o volume e a pressão intracraniana constantes. Assim, em situação normal, o volume de LCE e o volume de sangue variam inversamente para manter a pressão intracraniana dentro dos limites normais (TERLIZZI; PLATT, 2006).

Flutuações fisiológicas da pressão do LCE ocorrem espontaneamente em

função do ciclo cardíaco. Além disso, existem diferentes mecanismos compensatórios caso haja aumento súbito no volume de um componente, este é compensado por diminuição no volume de outro (KIM et al., 2012). Alterações crônicas podem ser compensadas pelo aumento da absorção ou diminuição da formação de LCE (TERLIZZI; PLATT, 2006). Quando esses mecanismos compensatórios falham, a pressão intracraniana aumenta e o fluxo sanguíneo cerebral diminui (KIM et al., 2012).

1.1.3 LCE no auxílio ao diagnóstico de doenças neurológicas

A colheita e análise do LCE é rotineiramente realizada em pacientes com distúrbios neurológicos, auxiliando na categorização do tipo de doença presente no sistema nervoso de acordo com sua capacidade de criar alterações semelhantes (LAMPE et al., 2019). Desta forma, semelhante a o hemograma completo, a análise do LCE sozinha raramente fornece diagnóstico definitivo, mas combinada com a histórico, achados clínicos e exames de imagem avançados, continua sendo uma importante ferramenta diagnóstica para pacientes com sinais neurológicos (TERLIZZI; PLATT, 2009).

O exame de LCE é indicado quando o paciente apresenta sinais de doença neurológica central e em alguns casos de doenças neurológicas periféricas, e sempre deve ser colhido quando houver suspeita de um distúrbio inflamatório, infeccioso, traumático, neoplásico ou degenerativo do cérebro e da medula espinhal (POLIDORO et al., 2018; WAMSLEY, 2013; WOOD; GAROSI; PLATT, 2012). Quando realizada corretamente, é um método rápido, barato e tecnicamente simples de amostragem do espaço extracelular do sistema nervoso (LEVINE; COOK, 2020).

1.1.4 Métodos de colheita do LCE

Para colheita de LCE é necessário que o paciente esteja sob anestesia geral, com o local tricotomizado e preparado assepticamente. O equipamento necessário para o exame inclui tubos de coleta simples estéreis e agulhas espinhais (TERLIZZI; PLATT, 2009). Tubos com EDTA podem ajudar a preservar a morfologia celular, entretanto podem levar a um falso aumento na concentração de proteína e uma falsa diminuição na contagem de células nucleadas, assim interferindo com a análise final

(DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017).

Não há dados objetivos sobre a quantidade máxima de LCE que pode ser colhida em cães. Sabe-se que 1ml de LCE por 5kg de peso corporal pode ser colhido por gravidade para a análise sem complicações (LEVINE; COOK, 2020). Idealmente, as amostras de LCE devem ser processadas dentro de 30 minutos, principalmente devido à rápida deterioração das células causando uma falsa diminuição na contagem de células nucleadas além de dificultar a diferenciação entre elas (WHITNEY; COATES, 2021). Nos casos em que não é possível realizar a análise logo em seguida, é possível preservar as amostras por meio da adição de soro autólogo, soro fetal de bezerro ou hetastarch (BIENZLE; MCDONNELL; STANTON, 2000; FRY et al., 2006).

Em cães, o LCE pode ser colhido das cisternas cerebelomedular (magna), entre o occipital e o atlas, ou da cisterna lombar principalmente entre a quinta e sexta vértebra lombar (DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017). Na prática clínica, a escolha do local para colheita do LCE é influenciada por fatores como a preferência e experiência do clínico, anatomia do paciente e segurança ao paciente (LAMPE et al., 2019).

O local de colheita mais comum em cães é a partir da cisterna cerebelomedular, por ser considerado mais fácil e menos provável de gerar contaminação sanguínea. Já a punção lombar é tecnicamente mais difícil com maior probabilidade de levar a contaminação sanguínea (TERLIZZI; PLATT, 2009).

Além desses fatores, a escolha do local de colheita depende do local da patologia suspeita, considerando o seu fluxo rostrocaudal, é provável que ele apresente uma alteração quando colhido próximo ou caudal a lesão (DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017; TERLIZZI; PLATT, 2009; WAMSLEY, 2013; WOOD; GAROSI; PLATT, 2012). Em cães com mielopatias toracolombares, a colheita deve ser realizada na cisterna lombar, com possibilidade de falso negativos quando colhida apenas na cisterna cerebelomedular. Já em cães com lesões encefálicas ou na medula espinhal cervical, a neurolocalização não previu qual local era mais provável de ser anormal. Nesses pacientes, pode ser benéfico colher e analisar o LCE de ambas as cisternas (LAMPE et al., 2019).

1.1.5 Contraindicações e complicações no procedimento de colheita do LCE

A colheita de LCE não é um exame isento de riscos e por essa razão deve ser realizada criteriosamente, ou seja, quando houver indicação clínica e não houver contraindicações (LEVINE; COOK, 2020). Dentre as principais contraindicações para a colheita de LCE pode-se destacar os pacientes inaptos a serem anestesiados, aqueles com diagnóstico de coagulopatia, pacientes que sofreram um trauma severo da medula espinhal cervical e cães com aumento de pressão intracraniana (DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017; LEVINE; COOK, 2020; TERLIZZI; PLATT, 2009; WHITNEY; COATES, 2021).

Hemorragias após punção para colheita LCE são descritas como possíveis complicações (LEVINE; COOK, 2020). Um estudo demonstrou hemorragia no espaço subaracnóide intracraniano após uma punção lombar para realização de mielografia em dois cães (PACKER et al., 2007). Esta hemorragia subaracnóidea intracraniana é uma complicação rara, mas grave em humanos e pode ocorrer após punção lombar para colheita de LCE (SUESS et al., 2000; YEH et al., 1996). Tal complicação leva ao vasoespasmó cerebral e efeito massa, culminando em aumento da pressão intracraniana, herniação do cerebelo e consequente morte do animal (PACKER et al., 2007). Outro estudo relatou o desenvolvimento de hematomielia com deterioração do quadro neurológico em um cão após punção lombar para colheita de LCE (PLATT et al., 2005). Já em outra publicação um cão que desenvolveu mielomalacia hemorrágica progressiva (MHP) após punção lombar para colheita de LCE (COOK; DROST, 2019). Neste estudo, é teorizado que hemorragias subdurais e/ou intramedulares provocadas pela punção lombar para colheita de LCE podem ter levado ao desenvolvimento de MHP uma vez que hemorragias causadas pela extrusão de disco intervertebral (EDIV) toracolombar são descritas como fator de risco para o desenvolvimento MHP (CASTEL et al., 2017; HENKE et al., 2016). Sendo assim, animais com coagulopatia poderiam estar sujeitos a tais complicações (COOK; DROST, 2019).

O aumento da pressão intracraniana é frequentemente relatado como uma das principais contraindicação para colheita do LCE (DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017; LEVINE; COOK, 2020; TERLIZZI; PLATT, 2009; WHITNEY; COATES, 2021). Esse quadro é inespecífico e pode estar associado a lesões que ocupam espaço, trauma cerebral, hidrocefalia e doenças inflamatórias do sistema nervoso central (TERLIZZI; PLATT, 2009). Esse aumento de pressão pode levar a herniação do cerebelo e tronco encefálico pelo forame magno culminando com o óbito do paciente

(DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017). Um estudo com cães diagnosticados com neoplasia encefálicas e que foram submetidos a colheita de LCE, a taxa de complicações foi de 17% e as alterações mais observadas foram apneia, reflexo fotomotor pupilar ausente, alteração no nível de consciência (estupor e coma) e herniação encefálica, sendo que esta última ocorreu em 6,5% dos casos (WRZESINSKI et al., 2022). Diante desse risco, os exames de imagem como a tomografia computadorizada ou a ressonância magnética são indicados previamente antes da colheita de LCE, com finalidade de identificar possíveis lesões que causariam aumento da pressão intracraniana (LEVINE; COOK, 2020).

Além das afecções intracranianas, a anestesia geral também pode levar ao aumento da pressão intracraniana. Os agentes anestésicos, principalmente os inalatórios, alteram os mecanismos fisiológicos que preservam a pressão de perfusão cerebral e dessa maneira podem aumentar a pressão intracraniana (CAINES et al., 2014; GREENE 2010). Desta forma a anestesia geral é considerado um procedimento de alto risco em pacientes com doenças intracranianas (GREENE 2010).

Há risco de lesões iatrogênicas do tronco encefálico ou medula espinhal devido a punção com a agulha para colheita de LCE (FELIU-PASCUAL et al., 2008; KISHIMOTO et al., 2004). Esta complicação pode ser grave durante a punção da cisterna cerebelomedular em comparação com a punção da cisterna lombar devido à localização de estruturas vitais do sistema nervoso central como os tratos espinais ascendentes e descendentes, os núcleos caudais do tronco encefálico e o sistema ativador reticular ascendente (FELIU-PASCUAL et al., 2008). As alterações clínicas decorrente de tal trauma são variáveis, podendo apresentar sinais vestibulares, tetraparesia e alteração no nível de consciência (TERLIZZI; PLATT, 2009; WOOD; GAROSI; PLATT, 2012). Mesmo assim essa complicação é considerada rara (FELIU-PASCUAL et al., 2008).

A contaminação iatrogênica também já foi relatada durante o procedimento de LCE. Um estudo com 20 cães que foram submetidos a colheita de LCE pela cisterna cerebelomedular demonstrou infecção em um animal (5%). O paciente desenvolveu meningite e foi tratado com sucesso (HEYWOO; OSBORNE; STREET, 1973). Desta maneira ressalta-se a importância dos cuidados de assepsia prévia para a realização da punção cerebelomedular ou lombar (TERLIZZI; PLATT, 2009).

1.2 EXTRUSÃO DE DISCO INTERVERTEBRAL EM CÃES

A EDIV é a doença neurológica mais comum em cães (FENN et al., 2020). Esta é caracterizada por metaplasia condroide que leva a degeneração e mineralização do núcleo pulposo do disco intervertebral, culminando por fim com a extrusão de material mineralizado para o interior do canal vertebral (FENN et al., 2020; HANSEN, 1951).

A extrusão ocorre principalmente em cães de raças condrodistróficas, a partir dos 2 anos de idade, sendo o pico entre 3 e 6 anos (DEWEY; DA COSTA, 2016; GRIFFIN; LEVINE; KERWIN, 2009;). As raças Dachshund, Poodle, Cocker Spaniel, Lhasa Apso, Buldogue Inglês, Buldogue Francês, Beagle, Basset Hound, e Corgi Pembroke Welsh são as mais acometidas (DEWEY; DA COSTA, 2016; DICKINSON e BANNASCH, 2020). A doença é mais prevalente nessas raças devido a expressão genética do fator de crescimento de fibroblastos 4 no cromossomo 12, sendo este associado à uma drástica aceleração na degeneração do disco intervertebral (BROW et al., 2017). Raças não condrodistróficas também podem ser afetadas mesmo sem estarem associadas ao gene do fator de crescimento de fibroblastos 4 (OLBY et al., 2022).

Os sinais clínicos tendem a ser agudos e ocorrem devido a contusão e compressão da medula espinhal e raízes nervosas (OLBY et al., 2022). Com base nos sinais clínicos desses pacientes, é possível classificar a doença em graus de disfunção neurológica. Para a região toracolombar são observados hiperestesia (grau I), deficiência proprioceptiva, ataxia e paresia (grau II), paresia grave, sem deambulação (grau III), paraplegia e perda da função urinária voluntária (grau IV) e perda da nocicepção (grau V) (SHARP; WHEELER, 2005).

O diagnóstico de DDIV é fundamentado no histórico, sinais clínicos, exame neurológico e exames de auxílio a diagnóstico, especialmente de imagem. Dentre esses, citaram-se a radiografia simples, mielografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética (BRISSON 2010; DA COSTA et al., 2020; DEWEY; DA COSTA, 2016; NYKAMP, 2017). Cada modalidade difere em relação à precisão diagnóstica, custo, disponibilidade e efeitos adversos (OLBY et al., 2022). Diagnósticos diferenciais a serem considerados são fraturas e luxações, discoespondilite, neoplasmas, afecções inflamatórias, e outras classificações de afecções do disco intervertebral (DA COSTA e MOORE, 2010; FENN, et al., 2020).

O tratamento de cães com EDIV pode variar de acordo com a severidade da

disfunção neurológica, disponibilidade da terapia, restrições financeiras, e comportamento do animal (MOORE et al., 2020). O tratamento clínico é indicado para cães com hiperestesia espinhal e deficiência neurológica leve. Este consiste em restrição de movimento em gaiola, anti-inflamatórios, relaxantes musculares, analgésicos e fisioterapia (BRISSON, 2010; OLBY et al., 2022). A terapia cirúrgica é indicada para pacientes com deficiências neurológicas moderadas ou severas, em casos de recidiva, e naqueles refratários ao tratamento clínico (DEWEY; DA COSTA, 2016; OLBY et al., 2022). Diversas técnicas cirúrgicas já foram descritas para realizar a descompressão da medula espinhal, sendo a hemilaminectomia a mais difundida (BRISSON, 2010). Associada às técnicas de descompressão medular, é indicado a realização da fenestração profilática do disco intervertebral, a fim de evitar possíveis recidivas, uma vez que o aspecto dorsal do anel fibroso está danificado (BRISSON, 2017).

1.2.1 Hemilaminectomia e fenestração de disco intervertebral

A descompressão cirúrgica é o tratamento de escolha para pacientes com EDIV com sinais clínicos moderados a severos. Também é indicado quando há progressão dos sinais neurológicos, quando não há melhora com o tratamento clínico ou em caso de dor persistente (OLBY et al., 2022; SHORES, 2017). Além disso, devido a taxa de recidiva em pacientes que realizaram o tratamento clínico chegar até 66%, o tratamento cirúrgico é indicado para pacientes jovens com múltiplos discos mineralizados (OLBY et al., 2022).

Para a região toracolombar e lombar, as principais técnicas descritas são a laminectomia, hemilaminectomia, mini-hemilaminectomia e a corpectomia (MOORE et al., 2020; OLBY et al., 2022; SHORES, 2017). Cada extrusão de disco é diferente e, portanto, a melhor abordagem pode variar (OLBY et al., 2022). Atualmente, as técnicas de hemilaminectomia ou mini-hemilaminectomia vêm sendo descritas e empregadas mais amplamente do que as outras, sendo utilizadas por cerca de 95% dos neurologistas e cirurgiões veterinários (MOORE; EARLY; HETTICH, 2016).

Na hemilaminectomia ocorre a remoção de metade do arco vertebral, incluindo a lâmina, o pedículo e processo articular (MOORE et al., 2020). Esta técnica proporciona boa descompressão e visualização da medula espinhal e raízes nervosas, permitindo a remoção de material extrudido do canal vertebral sem

manipulação excessiva da medula espinha (SHORES, 2017).

Além da hemilaminectomia, a fenestração profilática do disco intervertebral afetado geralmente é associada a descompressão, uma vez que o aspecto dorsal do anel fibroso está danificado, evitando possíveis recidivas (BRISSON, 2017). A realização da fenestração de disco intervertebral como método único de cirurgia, sem descompressão da medula espinhal, não é indicada (OLBY et al., 2022). O processo de fenestração do disco consiste na remoção de parte do núcleo pulposo por uma fenda aberta no aspecto lateral ou dorsolateral do ânulo fibroso (MOORE et al., 2020).

A fenestração do disco envolvido na compressão é majoritariamente recomendada (MOORE et al., 2020; OLBY et al., 2022; SHARP; WHEELER, 2005). Recidivas precoces, ainda no primeiro mês após descompressão cirúrgica já foram relatadas e ocorreram quase que exclusivamente pela extrusão de material que ainda permanecia no interior do disco intervertebral acometido (FORTERRE et al., 2008; STIGEN; OTTESEN; JÄDERLUND, 2010). Embora, outros estudos tenham demonstrado que a taxa de recidiva seja baixa sem a realização da fenestração do disco intervertebral (MAYHEW et al., 2004; NEČA 1999), grande parte dos estudos sustentaram a realização do procedimento com a finalidade de evitar recidivas precoces (AIKAWA et al., 2012; BRISSON et al., 2004; MOORE et al., 2020; OLBY et al., 2022; STINGEN et al., 2010).

A fenestração de discos intervertebrais adjacentes, degenerados ou não deve ser considerada. Em raças predispostas a EDIV, como Dachshunds e Buldog Francês, esta é recomendada (OLBY et al., 2022).

O tempo de recuperação dos pacientes depende da severidade da disfunção neurológica e do intervalo entre o início dos sinais clínicos e a realização do tratamento (COATES, 2013; OLBY et al., 2020). O prognóstico para pacientes com lesão toracolombar e com disfunção neurológica grau I, II e III é excelente, independente do tratamento instituído (SHARP; WHEELER, 2005). Pacientes em grau IV possuem melhor prognóstico com a realização do procedimento cirúrgico, sendo a taxa de recuperação de 93% (OLBY et al., 2022). Para cães em grau V a cirurgia também é indicada, tendo a menor taxa de recuperação, que varia de 50% e 70% com média de 61% (OLBY et al., 2022; SHARP; WHEELER, 2005).

1.2.2 Complicações cirúrgicas na hemilaminectomia e fenestração de disco intervertebral

Tanto a hemilaminectomia quanto a fenestração de disco intervertebral estão sujeitos a complicações (BRISSON, 2017; SHARP; WHEELER, 2005). No transoperatório do procedimento de hemilaminectomia, as seguintes complicações já foram identificadas: erro no acesso cirúrgico; incapacidade de identificar material de disco intervertebral; remoção inadequada do material de disco intervertebral; aderência do material de disco intervertebral a dura mater; e hemorragias (SHARP; WHEELER, 2005). Já no pós-operatório foram relatadas complicações como: mielomalacia; mutilação; inadequada descompressão da medula espinhal; escoliose; nova extrusão de disco intervertebral; flacidez da parede abdominal; pneumotórax; instabilidade; infecção da ferida cirúrgica; deterioração ou permanência dos sinais neurológicos; incontinência fecal e infecção do trato urinário recorrentes (SHARP; WHEELER, 2005).

Para o procedimento de fenestração de disco as principais complicações relatadas foram: aumento do tempo cirúrgico e anestésico; deslocamento de material de disco intervertebral para o canal vertebral; hemorragias, pneumotórax; lesão a raízes nervosas; flacidez da parede abdominal; escoliose; discospondilite; instabilidade e piora do quadro neurológico (BRISSON, 2017).

1.3 MIELOMALACIA HEMORRÁGICA PROGRESSIVA

A MHP é uma condição associada a um trauma medular, sendo a EDIV a causa mais frequente. Nesta situação, ocorre necrose hemorrágica ascendente e/ou descendente da medula espinhal com liquefação do parênquima, (BALDUCCI et al., 2017; CASTEL et al., 2017; GRIFFITHS, 1972; OKADA et al., 2010).

A fisiopatologia da MHP, embora não totalmente compreendida, envolve danos primários ocasionados por um trauma mecânico a medula espinhal, seguido de danos secundários (MARQUIS et al., 2015). As lesões secundárias após um trauma no sistema nervoso central, incluem fatores relacionados a excitotoxicidade, entrada de cálcio na célula, ativação de proteases, vasoespasmo, hemorragia, edema, isquemia, inflamação, lesão de reperfusão e estresse oxidativo (BORGES; LIU-SNYDER,

2012). Acredita-se que um aumento da pressão dentro do neuroeixo pode desempenhar papel fundamental na propagação longitudinal da MHP (HENKE et al., 2016).

A MHP é caracterizada clinicamente por perda motora, sensorial, de reflexos espinhais e tônus muscular dos membros e cauda, perda progressiva cranial do reflexo cutâneo do tronco, além da manifestação da síndrome de Horner e dispnéia conforme a doença progride para a medula cervical (BALDUCCI et al., 2017; CASTEL et al., 2017). Como não há tratamento para esse distúrbio, normalmente opta-se pela eutanásia (GRIFFITHS, 1972). O diagnóstico definitivo é *post-mortem*, embora a progressão dos sinais neurológicos *ante-mortem* seja altamente característica (BALDUCCI et al., 2017; CASTEL et al., 2017; OLBY et al., 2022).

Não se sabe por que a MHP ocorre em alguns cães e em outros não (MARQUIS et al., 2015). A prevalência dessa afecção em cães com EDIV toracolombar é de 2%, podendo chegar de 10 a 33% em pacientes com perda da nocicepção (AIKAWA et al., 2014; BALDUCCI et al., 2017; OLBY et al., 2003;). Apesar de mais frequente em cães sem percepção a dor profunda, a MHP já foi relatada em pacientes grau III e grau IV (BALDUCCI et al., 2017). Nestes animais, Balducci e colaboradores (2017) sugeriram que, embora os pacientes estivessem em condições neurológicas mais brandas no momento da anestesia e cirurgia, a piora do quadro neurológico e o desenvolvimento da MHP ocorreu pela progressão da lesão desencadeada devido a cascata de eventos secundários.

Sabe-se que a MHP tem até 14 dias, após o início da paraplegia, para começar a se desenvolver, sendo mais comum o desenvolvimento iniciar nos primeiros cinco dias (CASTEL et al., 2017; SHARP; WHEELER, 2005). Esta também pode ocorrer dentro de 24h após o trauma e nem sempre é aparente no momento da apresentação (CASTEL et al., 2017).

Fatores de risco para o desenvolvimento da MHP incluem severidade da lesão, sendo animais em grau V mais acometidos, localização da lesão, sendo a intumescência lombar envolvendo o espaço intervertebral L5-L6 com maior probabilidade ao desenvolvimento de MHP e lesões hemorrágicas ocasionadas por EDIV no espaço subdural ou intradural (BALDUCCI et al., 2017; CASTEL et al., 2017; CASTEL et al., 2019; HENKE et al., 2016). Além disso, cães da raça buldogue francês tem uma predisposição ao desenvolvimento dessa afecção (AIKAWA et al., 2014).

Existem poucos relatos de MHP causados por outras etiologias que não a EDIV, embora a fisiopatologia presumida descrita acima sugira que ela provavelmente poderia se desenvolver em outras causas de lesão medular grave (NYE; MUSTONE; COOK, 2020). Luxações e fraturas vertebrais já foram descritas podendo desencadear MHP em cães, além da punção para colheita de LCE (BRUCE; BRISSON; GYSELINCK, 2008; COOK; DROST, 2019; NYE; MUSTONE; COOK, 2020). Já em equinos, a MHP foi descrita após anestesia para procedimentos não relacionados com o sistema nervoso (BLAKEMORE et al., 1984; JOUBER; DUCAN; MURRAY, 2005; LERCHE et al., 1993). Assim como em cães, a patofisiologia nesses casos também não é conhecida. Uma das hipóteses teoriza que procedimentos em decúbito dorsal, o peso dos órgãos abdominais poderia comprimir a vasculatura abdominal, levando à hipoperfusão da medula espinhal (BLAKEMORE et al., 1984; LERCHE et al., 1993).

2 ARTIGO 1

**Clinical and Histopathological Findings of Hemorrhagic Progressive
Myelomalacia after Lumbar Tap in 2 Dogs: Case Report**

Marcelo Luís Schwab, Alexandre Mazzanti

Artigo publicado na *Topics in Companion Animal Medicine*
v.50:100681., 2022.

CLINICAL AND HISTOPATHOLOGICAL FINDINGS OF HEMORRHAGIC
PROGRESSIVE MYELOMALACIA AFTER LUMBAR TAP IN TWO DOGS: CASE
REPORT

Marcelo Luís Schwab^a, Alexandre Mazzanti^{a*}

^aDepartment of Small Animal Clinic and Surgery, College of Veterinary Medicine,
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS 97105900, Brazil.

*Corresponding author: Departamento de Clínica e Cirurgia de Pequenos Animais,
Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima 1000, prédio 97, CEP 97105900, Santa
Maria, RS, Brasil. E-mail: alexamazza@yahoo.com.br

ABSTRACT

Bichon Frise (1) and Boxer (2), both with epileptic seizures, underwent lumbar taps for cerebrospinal fluid collection. After the procedure, the first dog became paraplegic, and the second dog did not recover from anesthesia and remained in a coma. Both dogs were euthanatized 12 h after the examination. The dogs were diagnosed with idiopathic epilepsy and fibrillar astrocytoma, respectively, after *post-mortem* examination. They were also diagnosed with progressive myelomalacia, involving C1-C5 until the L4-S3 spinal segments. Since it was not possible to attribute the development of myelomalacia to the primary diseases observed, the lumbar tap likely caused this severe spinal cord injury. These reports highlight myelomalacia as a possible complication of lumbar taps.

Key words: myelomalacia; lumbar tap; subdural hemorrhage; dog.

INTRODUCTION

Hemorrhagic progressive myelomalacia (HPM) is generally associated with spinal cord trauma, and ascending and/or descending spinal cord necrosis occurs [1]. It is clinically characterized by motor and sensory loss, absence of spinal reflexes and tonus of the limbs and tail, development of Horner's syndrome, and dyspnea [2,3]. Since there is no treatment for this disorder, euthanasia is usually indicated [1]. Definitive diagnosis is *post-mortem*, although neurological *ante-mortem* signs are highly characteristic [2,3].

The prevalence of HPM in dogs with thoracolumbar intervertebral disc extrusion is 2%, reaching 9.0%–17.5% in patients with absent deep pain perception [2,4,5]. Vertebral dislocations and fractures can also cause HPM [6]. Only a single report presented a case with HPM induced after a cerebrospinal fluid (CSF) lumbar tap; however, with no *post-mortem* examination [7]. Thus, this report aimed to present two cases of HPM in dogs after a lumbar spinal tap, confirmed by necropsy and histopathological examination.

CASE REPORT

Case 1: An 11-year-old male bichon frise was presented to the neurology department for tonic-clonic epileptic seizures (clusters). No previous epileptic seizures had been reported to date. No abnormalities were found on physical examination. After 24 h of the last seizure (interictal period) a neurological examination was performed, also revealing no abnormalities. Differential diagnoses included neoplasm; inflammatory infectious diseases (distemper, toxoplasmosis, neosporosis); non-infectious diseases; and idiopathic epilepsy. The owner

declined the magnetic resonance imaging (MRI) examination. Complete blood count (CBC), serum biochemistry (SB), ultrasound, and radiography were performed, which revealed no abnormalities.

The animal was anesthetized, placed in lateral recumbence, and the site was clipped and aseptically prepared locally for CSF lumbar tap. After inserting the spinal needle (22-gauge × 38 mm) in the L5-L6 space, the stylet was removed; however, there was no CSF flow. The needle was gently pulled a few millimeters, and the blood started to leak out of the needle hub. A cerebellomedullary cisternal tap was also performed. This time, it was possible to verify CSF in the needle hub, followed by blood leakage, making CSF analysis impossible.

There were no anesthetic complications, and the dog recovered uneventfully. After recovery, the animal was unable to move the pelvic limbs, presenting with acute paraplegia with no nociception, absent flexor and patellar reflexes, decreased muscle tone in the pelvic limbs, and spinal hyperalgesia. Compression due to subdural hemorrhage was suspected involving the L4-S3 segment; however, MRI was again rejected by the owner. The fibrinogen, platelets, prothrombin time (PT), and activated partial thromboplastin time (APTT) were measured and were within the reference values.

A new neurological exam was performed 12 h after the CSF tap, revealing the absence of cutaneous trunci and perineal reflexes, paresis, and decreased conscious proprioception of the thoracic limbs, leading to the suspicion of ascending HPM. Owing to a poor prognosis, the owner decided to euthanize the patient.

At necropsy and histopathology, the brain did not present macroscopic or histological morphological changes that would justify the epileptic seizures presented by the patient. Therefore, a diagnosis of idiopathic epilepsy was established.

During the *post-mortem* examination, multiple hemorrhagic areas were observed in the dura mater from the cervical (C1-C5) to the lumbosacral (L4-S3) segments (Fig. 1A). On the cut surface, the parenchyma deep to these areas were liquefied with a toothpaste aspect (malacia). Microscopic examination revealed areas of neuropil rarefaction with hemorrhage (Fig. 2A), predominantly in the parenchyma closer to the central canal, along the cervical, thoracic, lumbar, and sacral segments. These lesions were more intense in the lumbar and sacral segments. Mild perivascular lymphocytes and plasma cell cuffs, rare Gitter cells, neuropil edema, axonal swelling, axonal spheroids (Wallerian degeneration) (Fig. 2B), and digestion chambers in the areas affected by malacia were also observed. The animal was diagnosed with HPM. Based on the history and anatomopathological findings, it was suggested that the spinal cord injury was caused by the needle after the spinal tap.

Case 2: A 6-year-old female Boxer was referred to the neurology department with a history of tonic-clonic epileptic seizures and aggression for 6 days. On neurological examination, the dog presented circling to the left, without conscious proprioception, and absent menace response on the right side; thus, demonstrating a possible left forebrain lesion. No abnormalities were found on physical examination. Differential diagnoses included neoplasm; inflammatory infectious diseases (distemper, toxoplasmosis, neosporosis); and non-infectious diseases. A brain MRI examination was requested; however, declined by the owner. Additional CBC, SB, ultrasound, radiography, and CSF analyses were performed.

No abnormalities were found on the CBC, SB, ultrasound, and radiography examinations. For the CSF tap, the animal was anesthetized and placed in lateral recumbence, and the site was clipped and aseptically prepared. A 22-gauge × 38 mm spinal needle was used. After successful collection of CSF in the L5-L6 space, the animal presented apnea, eyeball centralization, bilateral mydriasis, and irresponsiveness to light. There was no anesthetic

recovery, and the animal remained in a coma. No reversal of anesthetic agents was used since propofol (4mg/kg) was the anesthetic inducer with a fentanyl (3µg/kg) bolus for analgesia. Mannitol (1g/kg over 20min) was used twice in a period of 4h, but there was no improvement. The dog was maintained with support for 12 h and, owing to a poor prognosis, the owner decided to euthanize the dog. Posterior CSF analysis revealed no abnormalities.

A *post-mortem* examination revealed a fibrillar astrocytoma involving the thalamus and piriform lobe (Fig. 1B), with herniation of the caudal portion of the cerebellum through the foramen magnum. Additionally, along the entire spinal cord (C1-C5 to L4-S3), dark red areas in the dura and leptomeninges compatible with congestion and hemorrhage were observed. When the medullary segments were dissected, it was possible to observe dark red areas surrounding the central canal, with nervous tissue liquefaction (malacia) (Figs. 1C-E). Microscopy revealed rarefaction and hemorrhage (Fig. 2D) in white and gray matter, predominantly in the region close to the central canal along the cervical, thoracic, lumbar, and sacral segments. The areas with malacia were infiltrated by rare Gitter cells. In the white matter, axonal swelling, axonal spheroids, and digestion chambers were observed. In the gray matter, there were neuron bodies with central chromatolysis and nucleus loss (necrosis) (Fig. 2C). The animal was diagnosed with HPM.

DISCUSSION

To the best of the author's knowledge, only a single report presented a dog with HPM after a lumbar tap, however it is not possible to state that the dog developed HPM since the definitive diagnosis is *post-mortem* [3,7]. Another report describes progressive neurologic deterioration in a dog after a lumbar tap, nevertheless, that was further diagnosed as hematomyelia and no

evidence of HPM were noted [8]. Since it was not possible to attribute the development of HPM to idiopathic epilepsy (case 1), neither to a fibrillar astrocytoma (case 2), and since none of the cases showed signs of myelopathy before the spinal tap, we consider that the probable cause of HPM was the lumbar tap.

The histopathological findings in the spinal cord of both cases were similar to those of HPM described in the literature. Macroscopy is characterized by necrosis and liquefaction of the entire spinal cord. Microscopy shows extensive hemorrhage and necrosis of the medullary parenchyma involving white and gray matter, accompanied by migration of inflammatory cells such as neutrophils and macrophages [9,10].

A case report theorizes that lumbar taps can cause subdural or intramedullary hemorrhages, leading to HPM [7]. This is comparable to hemorrhages caused by extrusion of the thoracolumbar disc, which has already been described as a risk factor for the development of HPM in dogs [3,11]. Thus, it can be assumed that dogs with coagulopathies may be predisposed to subdural and/or intramedullary hemorrhages and, consequently, to the development of HPM. In case 1, there were no changes in platelet, fibrinogen, PT, and APTT examinations [12,13]. Other examinations, such as buccal mucosal bleeding time and thromboelastography, were not performed, indicating that this dog could still have coagulopathy. In case 2, no blood samples were taken to assess coagulopathies, as these changes were not suspected, similar to a case published elsewhere [7].

Although case 1 was also submitted to a cerebellomedullary tap, the clinical presentation of paraplegia and evolution of clinical signs to the thoracic limbs permitted us to attribute HPM, as in case 2, to the lumbar tap. No reports of HPM caused by a cerebellomedullary tap were found. Even so, we cannot rule out a possible influence of the cerebellomedullary tap (case 1) as well as the mass effect (case 2) on the development of HPM due to changes in the

dynamics of the CSF. In patients with intracranial lesions, the increase in intracranial pressure can trigger the Cushing's response, causing arterial hypertension associated with bradycardia [14,15]. In these cases, in addition to the risk of cerebellar herniation due to increased intracranial pressure [15], hypertension could favor bleeding in the subdural or intramedullary space during a CSF tap, which could culminate with HPM. In case 2, Cushing's response was not observed.

The clinical signs presented in case 1 are consistent with the findings of HPM described in the literature [2,3]. In case 2, the characteristic clinical signs could not be verified since the patient did not recover from anesthesia. Owing to complications manifested by the patient after the lumbar tap, a subsequent cerebellomedullary tap was not performed. Among the possible causes for the patient's coma are the cerebellar herniation through the foramen magnum [16] or an intracranial subarachnoid hemorrhage [17]. This latter change was not observed during necropsy, allowing us to confirm that cerebellar herniation was the cause of the dog's coma. Subarachnoid intracranial hemorrhage is rare in dogs and can be theoretically triggered after a lumbar spinal tap, which in turn leads to cerebral vasospasm and mass effect, culminating in increased intracranial pressure and brain death [17].

The clinical and histopathological findings of both cases highlight HPM as a possible complication after lumbar tap. Although rare, HPM often has a high mortality rate; therefore, CSF tap procedures should be considered cautiously.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for the Master and Doctorate research grants and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – process number 307120-2017-1.

DECLARATION OF CONFLICT OF INTERESTS

None

REFERENCES

[1] I.R. Griffiths, The extensive myelopathy of intervertebral disc protrusions in dogs ('the ascending syndrome'), *J. Small Anim. Pract.* 13 (1972) 425–438.

<https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1972.tb06870.x>.

[2] F. Balducci, S. Canal, B. Contiero, M. Bernardini, Prevalence and risk factors for presumptive ascending/descending myelomalacia in dogs after thoracolumbar intervertebral disk herniation, *J. Vet. Intern. Med.* 31 (2017) 498-504. <https://doi.org/10.1111/jvim.14656>

[3] A. Castel, N.J. Olby, C.L. Mariani, K.R. Muñana, P.J. Early, Clinical characteristics of dogs with progressive myelomalacia following acute intervertebral disc extrusion, *J. Vet. Intern. Med.* 31 (2017) 1782-1789. <https://doi.org/10.1111/jvim.14829>.

[4] H.W. Scott, W.M. McKee, Laminectomy for 34 dogs with thoracolumbar intervertebral disc disease and loss of deep pain perception, *J. Small Anim. Pract.* 40 (1999) 417–422.

<https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1999.tb03114.x>.

[5] N.J. Olby, A.C. Muguet-Chanoit, J.H. Lim, M. Davidian, C.L. Mariani, A.C. Freeman, S.R. Platt, J. Humphrey, M. Kent, C. Giovanella, R. Longshore, P.J. Early, K.R. Muñana, A placebo-controlled, prospective, randomized clinical trial of polyethylene glycol and methylprednisolone sodium succinate in dogs with intervertebral disk herniation, *J. Small Anim. Pract.* 30 (2007) 206–214. <https://doi.org/10.1111/jvim.13657>.

[6] C.J. Nye, A.M. Mustone, L. Cook, Progressive myelomalacia in a pomeranian following spinal fracture and surgical stabilization - a case report, *Top. Companion. Anim. Med.* 39 (2020) 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2020.100433>.

[7] L. Cook, W.T. Drost, Hemorrhagic myelomalacia in a bichon frise following lumbar spinal tap-a case report, *Top. Companion. Anim. Med.* 34 (2019) 47–50. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2018.09.004>.

[8] S.R. Platt, R. Dennis, K. Murphy, A. De Sefani, Hematomyelia secondary to lumbar cerebrospinal fluid acquisition in a dog, *Vet. Radiol. Ultrasound* 46 (2005) 467–471. <https://doi:10.1111/j.1740-8261.2005.00085.x>.

[9] A. Marquis, R.A. Packer, R.B. Borgens, B.S. Duerstock, Increase in oxidative stress biomarkers in dogs with ascending-descending myelomalacia following spinal cord injury, *J. Neurol. Sci.* 353 (2015) 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2015.04.003>.

[10] I Spitzbarth, S.A Moore, V.M. Stein, J.M. Levine, B. Köhl, I. Gerheuser, W. Baumgärtner, CANSORT-SCI, Current insights into the pathology of canine intervertebral disc extrusion-induced spinal cord injury, *Front. Vet. Sci.* 7 (2020) 1–15. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.595796>.

- [11] D. Henke, D. Gorgas, M.G. Doherr, J. Howard, F. Forterre, M. Vandeveldel, Longitudinal extension of myelomalacia by intramedullary and subdural hemorrhage in a canine model of spinal cord injury, *Spine J.* 16(2016) 82-90. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.09.018>.
- [12] S.T.A. Lopes, M.P. Emanuelli, C. Schmidt, A.G. Raiser, A. Mazzanti, A.S. Alves, Reference ranges of prothrombin time (PT) and activated partial thromboplastin time (aPTT) in dogs, *Cien. Rural* 35 (2005) 381-384. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000200021>.
- [13] J.W. Harvey, *Veterinary Hematology a Diagnostic Guide and Color Atlas Small*, first ed., Elsevier Saunders, Missouri, 2012.
- [14] J.V. Jones, Differentiation and investigation of primary versus secondary hypertension (Cushing reflex), *Am. J. Cardio.* 63 (1989) 10C-13C. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(89\)90398-6](https://doi.org/10.1016/0002-9149(89)90398-6).
- [15] R.D. Terlizzi, S.R. Platt, The function, composition and analysis of cerebrospinal fluid in companion animals: Part II – Analysis. *Vet. J.* 180 (2009) 15-32. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.11.024>.
- [16] C.W. Dewey, R.C. da Costa, J.M. Ducoté, Neurodiagnostic, In: C.W. Dewey, R.C. da Costa (Eds), *Practical Guide to Canine and Feline Neurology*, third ed., John Wiley & Sons Iowa, 2016. pp.61-86.
- [17] R.A. Packer, R.L. Bergman, J.R. Coates, S.C. Essman, K. Weis, D.P. O'Brien, G.C. Johnson, Intracranial subarachnoid hemorrhage following lumbar myelography in two dogs, *Vet. Radiol. Ultrasound* 48 (2007) 323–327. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2007.00250.x>.

Figure1. Progressive hemorrhagic myelomalacia after a lumbar tap in a dog. In **A**, there is hemorrhage in the duramater throughout the length of the spinal cord (case 1). In **B**, presence of fibrillar astrocytoma in the region of the thalamus and piriform lobe (asterisk) (case 2). Cross-section of thoracic (**C**) with blackened areas of white and gray matter consistent with hemorrhage (case 2).

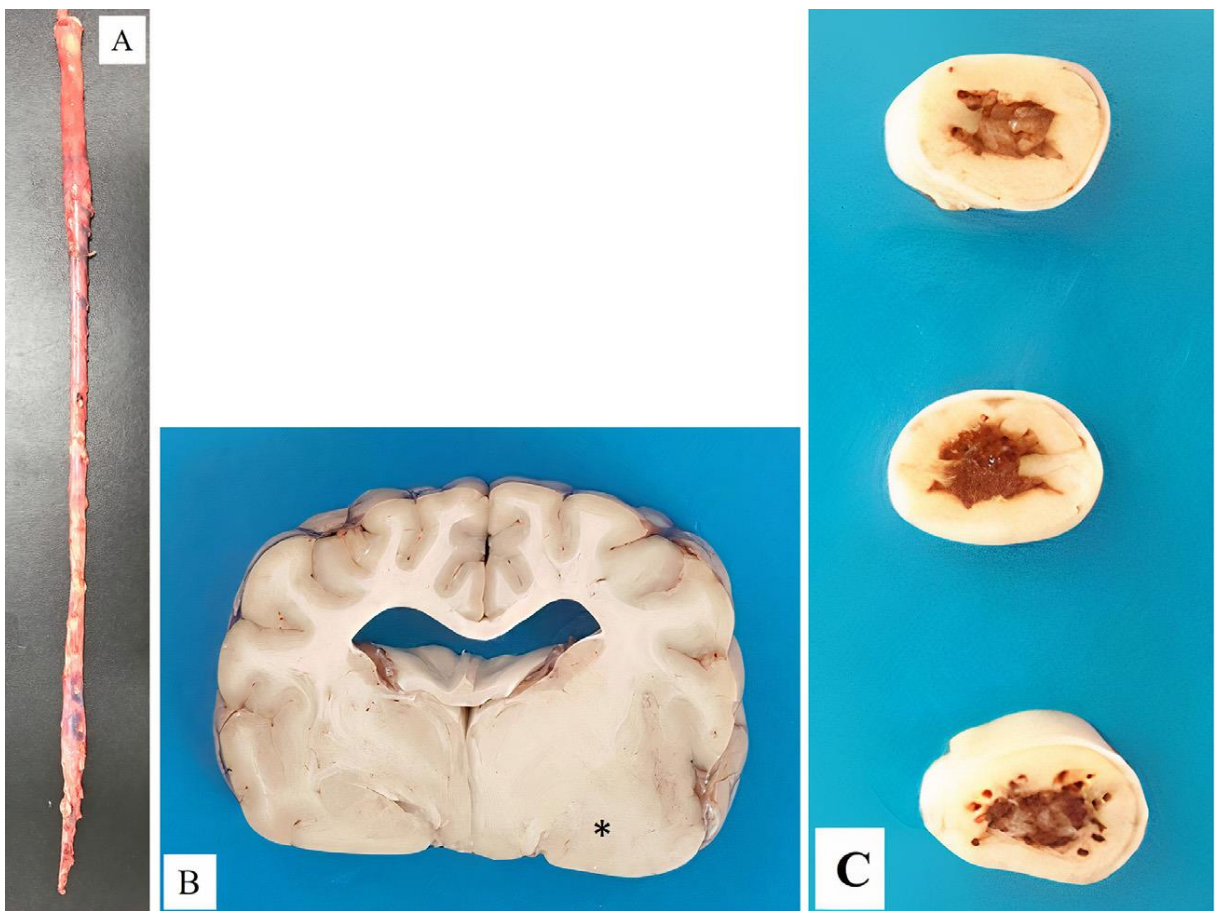
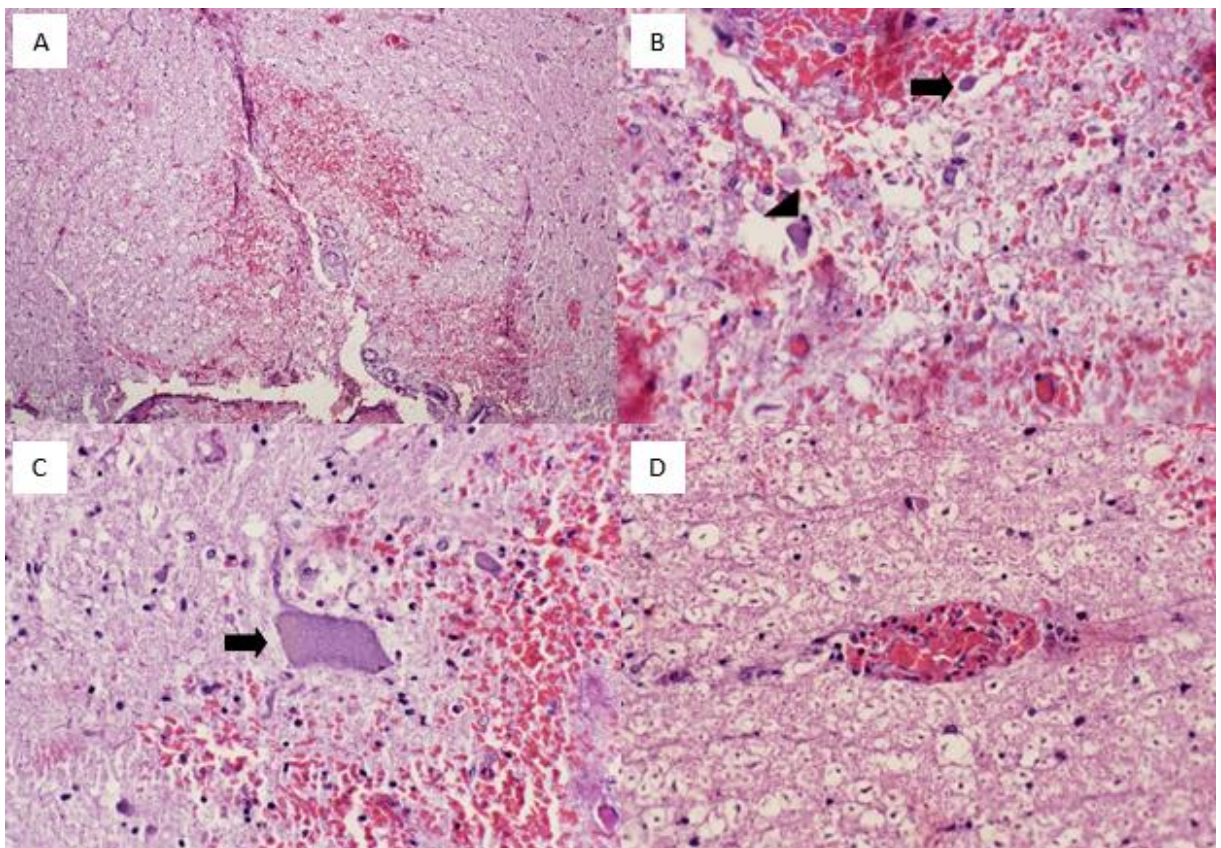


Figure 2. Progressive hemorrhagic myelomalacia after a lumbar tap in two dogs. In **A**, a focally extensive area of hemorrhage is observed in the middle of the ventral funiculus (case 1). In **B**, white matter with multifocal hemorrhage, neuropil rarefaction, swollen axons (arrow), and rare Gitter cells (arrowhead) are observed (case 1). In **C**, a neuronal body with central chromatolysis (arrow) is observed (case 2). In **D**, a small vessel in the middle of the neuropil with perivascular hemorrhage is seen (case 2).



3 ARTIGO 2

Complicações associadas à hemilaminectomia toracolombar e fenestração de disco intervertebral: estudo prospectivo em 64 cães

Marcelo Luís Schwab, Alexandre Mazzanti

Artigo aceito na *Ciência Rural* – 2023 (PRELO)

24 **ABSTRACT**

25 Hemilaminectomy and intervertebral disc fenestration are commonly used to treat intervertebral
26 disc extrusion (IVDE); however, they are associated with surgical complications. Sixty-four
27 dogs were assessed during the intraoperative, immediate postoperative, and late postoperative
28 periods to evaluate complications resulting from these surgical procedures. During this study,
29 15.62% (n=10) of the dogs presented with complications during at least one of the evaluations.
30 Iatrogenic rhizotomy, access to the spinal canal contralateral to the lesion, and cardiorespiratory
31 arrest were observed intraoperatively. Abdominal wall flaccidity, neurological worsening,
32 hematoma, dehiscence, and superficial wound infections were observed during the immediate
33 postoperative period. Adverse reactions to the surgical thread, scar adhesion, and superficial
34 wound infection were the most frequent complications during the late postoperative period.
35 Dogs that undergo hemilaminectomy and intervertebral disc fenestration because of IVDE may
36 experience complications during the intraoperative, immediate postoperative, and late
37 postoperative periods. However, these complications are often transitory and rarely cause death.
38 **Key words:** herniated disc, intervertebral fenestration, spinal decompression, intervertebral
39 disc extrusion complications.

40

41 **INTRODUCTION**

42 Intervertebral disc extrusion (IVDE) (Hansen type I) is considered one of the main
43 causes of compressive injuries of the spinal cord in dogs (BERGKNUT et al., 2012; DEWEY
44 & DA COSTA, 2016; MOORE et al., 2020). Clinical signs of injury in the thoracolumbar
45 region vary from spinal hyperesthesia to paraplegia without nociception (MOORE et al., 2020).
46 Surgical treatment is warranted for patients with moderate or severe neurological deficits,
47 patients experiencing relapse, and cases refractory to clinical treatment (DEWEY & DA
48 COSTA, 2016). Hemilaminectomy and fenestration of the intervertebral disc are the most

49 common treatments for IVDE (BRISSON, 2017; SHORES, 2017).

50 The success of a surgical procedure relies on adequate treatment and patient care during
51 the preoperative, intraoperative, and postoperative periods (LEXMAULOVÁ et al., 2008).
52 SHARP and WHEELER (2005) summarized the main surgical complications after
53 thoracolumbar hemilaminectomies; however, information regarding the incidence and
54 characteristics of the surgical complications associated with hemilaminectomy and fenestration
55 of the intervertebral disc is limited. Therefore, this study aimed to identify the main surgical
56 complications during the intraoperative, immediate postoperative, and late postoperative
57 periods that were experienced by dogs diagnosed with IVDE that underwent hemilaminectomy
58 and intervertebral disc fenestration.

59

60 **MATERIALS AND METHODS**

61 Dogs of different breeds, different ages, and both sexes with neurological signs
62 attributable to IVDE in the thoracolumbar region that underwent hemilaminectomy and
63 intervertebral disc fenestration performed using techniques described by SHORES (2017) and
64 BRISSON (2017) were included in this study. The animals were evaluated during the
65 intraoperative period (from the beginning of surgery [incision] until the last suture was
66 stitched), immediate postoperative period (from the time when the last suture was stitched until
67 72 h after surgery), and late postoperative period (between 72 h and 30 days after surgery).

68 Clinical and neurological examinations and laboratory tests (complete blood count,
69 serum biochemistry and electrolyte test, prothrombin time test, and activated partial
70 thromboplastin time test) were performed during the preoperative period. Computed
71 tomography (CT) or myelography was performed to diagnose extramedullary compression
72 caused by IVDE. Neurological dysfunction was classified as follows: grade I, hyperesthesia
73 only; grade II, proprioceptive deficits, ataxia, and ambulatory paresis; grade III, non-

74 ambulatory paresis; grade IV, paraplegia with nociception; and grade V, paraplegia without
75 nociception (SHARP & WHELLER, 2005).

76 Hemilaminectomy followed by intervertebral disc fenestration was performed in only
77 one disc space. Surgical complications were considered unwanted events associated with the
78 surgical procedure or occurring during the postoperative period that were confirmed by
79 physical, laboratory, or imaging evaluations. Abnormalities were recorded using specific forms
80 during the intraoperative, immediate postoperative, and late postoperative periods and an
81 interview with the surgeon.

82 The following information was determined during the intraoperative period: procedure
83 time (min); access to the vertebral canal or intervertebral space in the correct location and on
84 the correct side; intervertebral disc material in the canal after fenestration; pneumothorax;
85 cardiac arrest; iatrogenic injury of the spinal cord; and iatrogenic rhizotomy (SHARP &
86 WHEELER, 2005; BRISSON, 2017; HETTLICH, 2017; SHORES, 2017; DIAMANTE et al.,
87 2020; MOORE et al., 2020).

88 During the immediate postoperative period, dogs were clinically and neurologically
89 evaluated every 24 h, and the following changes were observed: flaccidity of the abdominal
90 wall; hematoma; systemic or wound infection; suture dehiscence; and worsening of the
91 neurological condition. A hematoma is defined as the accumulation of blood or clots between
92 tissues in the subcutaneous dead space (MANN, 2011). Flaccidity of the abdominal wall refers
93 to the loss of muscle tone and consequent unilateral or bilateral abdominal bulging (SHARP &
94 WHEELER, 2005). Surgical wound infection was defined based on the criteria established by
95 the Centers for Disease Control and Prevention (Atlanta, GA, USA). Infections were considered
96 superficial if positive bacterial culture results were observed and if they occurred within 30
97 days after the procedure, affected only the skin and subcutaneous tissue, and were accompanied
98 by clinical signs of superficial drainage of purulent discharge. All dogs received an intravenous

99 bolus of prophylactic antibiotics (sodium cephalothin 30 mg/kg) 30 min before surgery and
100 every 2 hours thereafter at the same dosage until the end of surgery.

101 At 1 month after surgery (the late postoperative period), the patients underwent clinical
102 and neurological evaluations. The complications investigated during this evaluation were signs
103 of systemic or surgical wound infection, adverse reactions to the surgical thread, deformities
104 (adhesions of the incision in the subcutaneous tissue and muscular tissue, atrophy of the epaxial
105 muscles, and flaccidity of the abdominal wall), and worsening of the neurological status.

106 During the preoperative and immediate postoperative periods, the patients were
107 hospitalized in a kennel, housed in individual cages, and treated by the same professionals.
108 Postoperative analgesia was ensured by the administration of methadone (0.3 mg/kg
109 administered subcutaneously [SC] every 4 hours for 24 hours), meloxicam (0.1 mg/kg
110 administered SC for 3 days), and dipyron sodium (25 mg/kg administered SC every 8 hours
111 for 5 days). Patients were discharged 3 days after surgery.

112 The results and frequency of changes observed during each evaluation were tabulated
113 and subjected to a descriptive analysis. A statistical analysis using a binomial test was
114 performed to evaluate the significance of each complication. Furthermore, each complication
115 was correlated with sex, age, and weight using the chi-square test, with $P < 0.05$ indicating
116 significance.

117

118 **RESULTS AND DISCUSSION**

119 Sixty-four dogs that underwent hemilaminectomy and fenestration of the intervertebral
120 disc to treat IVDE were included in this study. Of these, 39.06% (n=25) were male and 60.93%
121 (n=39) were female. All procedures were performed in the thoracolumbar region (T3–L3). The
122 mean age, weight, surgical time, and incision size were 5.9 years (standard deviation [SD],
123 ± 1.98 years), 7.85 kg (SD, ± 4.11 kg), 95.55 min (± 30.06 min), and 77.38 mm (± 21.84 mm),

124 respectively. The neurological dysfunction of the 64 dogs was classified as follows: grade II,
125 1.56% (n=1); grade III, 6.25% (n=4); grade IV, 28.13% (n=18); and grade V, 64.06% (n=41).
126 No variable (sex, age, weight) significantly influenced the occurrence of complications. Of the
127 64 patients, 15.62% (n=10) had at least one complication during at least one of the evaluation
128 periods (Figure 1). The frequency of complications can be explained by the performance of two
129 procedures (hemilaminectomy and fenestration of the intervertebral disc), which increased the
130 probability of complications. The prospective nature of this study, which limited the evaluation
131 methodology, may have contributed to the complication rate, which was higher than that
132 reported by retrospective studies; retrospective studies tend to underestimate the occurrence of
133 complications because the data are not carefully evaluated or recorded (DEKUTOSKI et al.,
134 2010).

135 During the intraoperative, immediate postoperative, and late postoperative periods,
136 complication rates of 7.81% (n=5), 10.93% (n=7), and 6.25% (n=4), respectively, were
137 observed. Of the 64 dogs, only three (4.69%) experienced complications during all periods; two
138 of those dogs experienced iatrogenic rhizotomy during the intraoperative period and flaccidity
139 of the abdominal wall during the immediate postoperative and late postoperative periods. The
140 complications and their frequencies are presented in Figure 1. None of the complications caused
141 death. One dog (1.56%) experienced cardiac arrest during surgery; however, satisfactory
142 recovery was achieved after resuscitation.

143 During the intraoperative period, the opening of the vertebral canal was contralateral to
144 the lesion in two dogs (3.12%). We believe that this complication was not related to the surgical
145 treatment; instead, it likely resulted from erroneous image interpretation attributable to the
146 limitation of myelography for detecting lateralization of compressions, especially in the
147 presence of edema and contrast failure in the subarachnoid space. Oblique projections are
148 necessary for identifying circumferential lesions in the vertebral canal (GIBBONS et al., 2006).

149 Such views were used when examining these dogs; however, they were not able to demonstrate
150 lateralization of compressions. CT and magnetic resonance imaging can be used to obtain
151 multiplanar images (ROBERTSON & THRALL, 2011).

152 Postoperative abdominal wall flaccidity may occur as a result of manipulation or
153 sectioning of the nerve roots (rhizotomy) that innervate the abdominal muscles. During this
154 study, four dogs (6.25%) experienced this complication during the immediate postoperative
155 period. Furthermore, two dogs (3.12%) experienced iatrogenic rhizotomy as a result of the
156 attempt to remove the disc material that had adhered to the nerve root; this abnormality persisted
157 during the late postoperative period. In one dog, manipulation of the nerve roots during surgical
158 decompression possibly caused functional loss (neuropraxia) with interruption of the motor
159 pathways; however, this was considered transient because flaccidity was not noted during the
160 late postoperative evaluation. In another dog, flaccidity persisted during the late postoperative
161 period even though complete sectioning of the nerve root was not performed; therefore, the
162 manipulation may have caused a more severe injury. BARTELS et al. (1983) reported that
163 abdominal wall flaccidity was observed during the immediate postoperative period in 10% of
164 animals that underwent fenestration; furthermore, this change persisted during the late
165 postoperative period in three animals. For humans, the recovery process can last weeks to
166 months (ASHBY et al., 1974).

167 Hematomas result from poor physiological or surgical hemostasis (SHARP &
168 WHEELER, 2005). Only one patient (1.56%) in our study developed a hematoma. That dog
169 did not have a platelet count below the physiological parameters or altered prothrombin time or
170 activated partial thromboplastin time values. Other tests, such as the buccal mucosal bleeding
171 time test and thromboelastography, were not performed. However, coagulopathy that
172 culminated in hematoma formation occurred in this patient. Additionally, it is possible that
173 intraoperative hemostasis failed, thus culminating in hematoma formation during the immediate

174 postoperative period.

175 During an epidemiological study of wound infections in humans, CRUSE and FOORD
176 (1980) concluded that extensive incisions were associated with a higher risk of contamination
177 by bacteria. Another study also reported an association between long surgical times and surgical
178 wound infections (NICHOLSON et al., 2002), and that the duration of anesthesia may be
179 associated with a deficient immune response. During our study, superficial infection of the
180 surgical wound was observed in only one dog (1.56%) during the immediate postoperative
181 period. However, the incision length and surgical time of that dog were not superior to those of
182 the other dogs in this study.

183 Prophylactic antibiotics were used for all dogs in this study because their use has been
184 recommended for all procedures lasting longer than 90 min (VASSEUR, 1988). However, a
185 more recent publication questioned the use of antibiotics for dogs subjected to
186 hemilaminectomy and/or laminectomy because of the low (0.6%) infection rate (DYALL &
187 SCHMÖKEL, 2018). According to another study that used prophylactic antibiotics, the
188 infection rate for dogs that underwent hemilaminectomy and laminectomy was 4.2% (VÄLKKI
189 et al., 2020). The infection rate of 1.56% observed during our study was considered satisfactory
190 and similar to those reported by other studies (DYALL & SCHMÖKEL, 2018; VÄLKKI et al.,
191 2020).

192 Suture dehiscence occurred in one dog (1.56%) without a concomitant superficial
193 wound infection. Another dog (1.56%) experienced an adverse reaction to the surgical thread
194 during the late postoperative period. Lexmaulová et al. (2008) also evaluated the frequency of
195 suture dehiscence in dogs that underwent spinal procedures and considered it to be low.

196 In one dog (1.56%), scarring occurred during the late postoperative period. Adherence
197 affects skin mobility and, in humans, can often cause itchiness and discomfort (LI et al., 2021).
198 However, such cases have not been reported in veterinary medicine. Notably, pain, discomfort,

199 and itchiness were not observed during the late postoperative evaluation of the dogs.

200 Regarding the neurological outcomes, 76.56% (n=49) experienced neurological
201 improvement and 23.44% (n=15) had grade V neurological dysfunction. One patient (1.56%)
202 experienced worsening of the neurological status during the immediate postoperative period;
203 however, it was transient. This deterioration probably occurred as a result of spinal cord
204 manipulation during decompression that led to material adhering to the dura mater. Such
205 complications have been reported by AIKAWA et al. (2012). Another study reported that 5%
206 of dogs affected by IVDE experienced neurological deterioration attributable to the secondary
207 effects of spinal cord compression and manipulation during hemilaminectomy (MARTIN et al.,
208 2020); these findings were similar to those of our study.

209 This study was limited by the small number of included animals. Different frequencies
210 of complications could be observed if larger samples are studied. Furthermore, evaluation times
211 longer than 30 days could also reveal other complications or adverse effects.

212 Knowledge of complications associated with spinal cord decompressive surgery is
213 important to the appropriate management of patients. Delicate manipulation of the spinal cord
214 and nerve roots can prevent abdominal wall flaccidity or worsening of the neurological status.
215 Smaller incisions that do not compromise access during surgery and allow the shortest possible
216 surgical time, in addition to adherence to the principles of asepsis throughout surgery, may
217 prevent infections and surgical wound dehiscence.

218

219 **CONCLUSION**

220 Dogs that undergo surgical procedures of the spine to treat IVDE may experience
221 complications during the intraoperative, immediate postoperative, and late postoperative
222 periods. These complications are often transitory and rarely cause death. Some of these
223 complications can be avoided. The surgical team is responsible for minimizing the frequency

224 of complications and their consequent effects on patient recovery.

225

226 **ACKNOWLEDGEMENTS**

227 This study was financially supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento
228 Científico e Tecnológico (CNPq) process number 310969/2021-2 and was financed in part by
229 the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil - Finance
230 code 001.

231

232 **DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS**

233 All authors have no potential conflicts of interest.

234

235 **ETHICS COMMITTEE**

236 This study was approved by the Institutional Ethics Committee on Animal Use of the
237 Universidade Federal de Santa Maria (3512090617).

238

239 **AUTHORS' CONTRIBUTIONS**

240 The authors contributed equally to the manuscript.

241

242 **REFERENCES**

243 AIKAWA, T. et al. Long-term neurologic outcome of hemilaminectomy and disk
244 fenestration for treatment of dogs with thoracolumbar intervertebral disk herniation: 831 cases
245 (2000–2007). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.241, p.1617-
246 1626, 2012. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23216037/>>. Accessed: jun. 20,
247 2020. doi: 10.2460/javma.241.12.1617.

248 ASHBY, P. et al. Segmental reflex pathways in spinal shock and spinal spasticity in
249 man. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v.31, p.1352-1360, 1974.

250 Available from: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1083652>>. Accessed: jul. 14,
251 2020. doi: 10.1136/jnnp.37.12.1352.

252 BARTELS, K. E. et al. Complications associated with the dorsolateral muscle-
253 separating approach for thoracolumbar disk fenestration in the dog. **Journal of the American**
254 **Veterinary Medical Association**, v.183, p.1081–1083, 1983. Available from:
255 <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6643214>>. Accessed: mar. 07, 2020.

256 BRISSON, B.A. Intervertebral disc fenestration. In: SHORES, A.; BRISSON, B.A
257 (Ed.), **Current techniques in canine and feline neurosurgery**. 1. ed. New Jersey: Wiley
258 Blackwell, 2017. Cap. 22, p.191-198.

259 DEKUTOSKI, M.B. et al. Surgeon perceptions and reported complications in spine
260 surgery. **Spine Journal**, v.35, p.S9-S21, 2010. Available from:
261 <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20407356>>. Accessed: jun. 12, 2021. doi:
262 10.1097/BRS.0b013e3181d830de.

263 DEWEY, C.W.; DA COSTA, R.C. Myelopathies: disorders of the spinal cord. In:
264 DEWEY, C.W.; DA COSTA, R.C. **Practical guide to canine and feline neurology**. 3. ed.
265 Iowa: Wiley Blackwell, 2016. Cap13, p.329-406.

266 DIAMANTE, G.A.C. et al. Long-term clinical complications associated with the use of
267 polymethyl methacrylate in spinal stabilization of dogs and cats: case series. **Semina: Ciências**
268 **Agrárias**, v.41, p.2453-2462, 2020. Available from:
269 <<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/34809>>. Accessed: sep. 13,
270 2021. doi: 10.5433/1679-0359.2020v41n5Sup1p2453.

271 DYALL, B. A. R.; SCHMÖKEL H. G. Surgical site infection rate after
272 hemilaminectomy and laminectomy in dogs without perioperative antibiotic therapy.
273 **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v.31, p.202-213, 2018.
274 Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29679951/>>. Accessed: mar. 12, 2020. doi:

275 10.1055/s-0038-1639365.

276 GIBBONS, S.E. et al. The value of oblique versus ventrodorsal myelographic views for
277 lesion lateralization in canine thoracolumbar disc disease. **Journal of Small Animal Practice.**,
278 v.47, p.658-662, 2006. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17076789/>>.
279 Accessed: jun. 12, 2021. doi: 10.1111/j.1748-5827.2006.00067.x.

280 HETTLICH, B. Vertebral fracture and luxation repair. In: SHORES, A.; BRISSON,
281 B.A. **Current techniques in canine and feline neurosurgery**. 1. ed. New Jersey: Wiley
282 Blackwell, 2017. Cap. 25, p.209-222.

283 LEXMAULOVÁ, L. et al. Complications related to surgical treatment of intervertebral
284 disc disease in dogs. **Acta Veterinaria Brno**, v.77, p.269-276, 2008. Available from:
285 <<https://actavet.vfu.cz/77/2/0269/>>. Accessed: fev. 15, 2020. doi: 10.2754/avb200877020269.

286 LI, S. et al. Autologous fat transplantation for the treatment of abdominal wall scar
287 adhesions after cesarean section. **Journal of Plastic Surgery and Hand Surgery**, v.55, p.210-
288 215, 2021. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33530846/>>. Accessed: dez. 15,
289 2021. doi: 10.1080/2000656X.2020.1856675.

290 MANN, F.A. Surgical tubes and drains. In: MANN, F.A.; CONSTANTINESCU, G.M.;
291 YOON, H.Y. **Fundamentals of small animal surgery**, 1 ed, Chincheste: Wiley-Blackwell,
292 2011. Cap. 17, p.208-276.

293 MARTIN, S. et al. Same-day surgery may reduce the risk of losing pain perception in
294 dogs with thoracolumbar disc extrusion. **Journal of Small Animal Practice**, v.61, p.442-448,
295 2020. Available from: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jsap.13147>>.
296 Accessed: jan. 12, 2021. doi: 10.1111/jsap.13147.

297 MOORE, S.A., et al. Current approaches to the management of acute thoracolumbar
298 disc extrusion in dogs. **Frontiers in Veterinary Science**, v.7, p.1-15, 2020. Available from:
299 <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.00610/>>. Accessed: jan. 12, 2021. doi:

300 10.3389/fvets.2020.00610.

301 NICHOLSON, M. et al. Epidemiologic evaluation of postoperative wound infection in
302 clean-contaminated wounds: a retrospective study of 239 dogs and cats. **Veterinary Surgery**,
303 v.31, p.577–581, 2002. Available from: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12415527>>.
304 Accessed: jun. 20, 2020. doi: 10.1053/jvet.2002.34661.

305 ROBERTSON, I.; THRALL, D. Imaging dogs with suspected disc herniation: pros and
306 cons of myelography, computed tomography, and magnetic resonance. **Veterinary Radiology**
307 **& Ultrasound**, v. 52, p.S81-S84, 2011. Available from:
308 <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2694389/https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1740-8261.2010.01788.x>>. Accessed: mar. 12, 2021. doi: 10.1111/j.1740-8261.2010.01788.x.

310 SHARP, N. J. H.; WHEELER, S. J. **Small animal spinal disorders, diagnosis and**
311 **surgery**. 2. ed. Edinburgh: Elsevier, 2005. 379p.

312 SHORES, A. Thoracolumbar hemilaminectomy. In: SHORES, A.; BRISSON, B.A. **Current**
313 **techniques in canine and feline neurosurgery**. 1. ed. New Jersey: Wiley Blackwell, 2017.
314 Cap. 20, p.179-182.

315 VÄLKKI, K. H. T. et al. Antimicrobial prophylaxis is considered sufficient to preserve
316 an acceptable surgical site infection rate in clean orthopaedic and neurosurgeries in dogs.
317 **Veterinary Surgery**, v.62, p.1-10, 2020. Available from:
318 <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32943076/>>. Accessed: jun. 20, 2021. doi: 10.1186/s13028-020-00545-z

320 VASSEUR, P. B. et al. Surgical wound infection rates in dogs and cats. Data from a
321 teaching hospital. **Veterinary Surgery**, v.17, p.60-64, 1988. Available from:
322 <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3238876>>. Accessed: jun. 08, 2020.

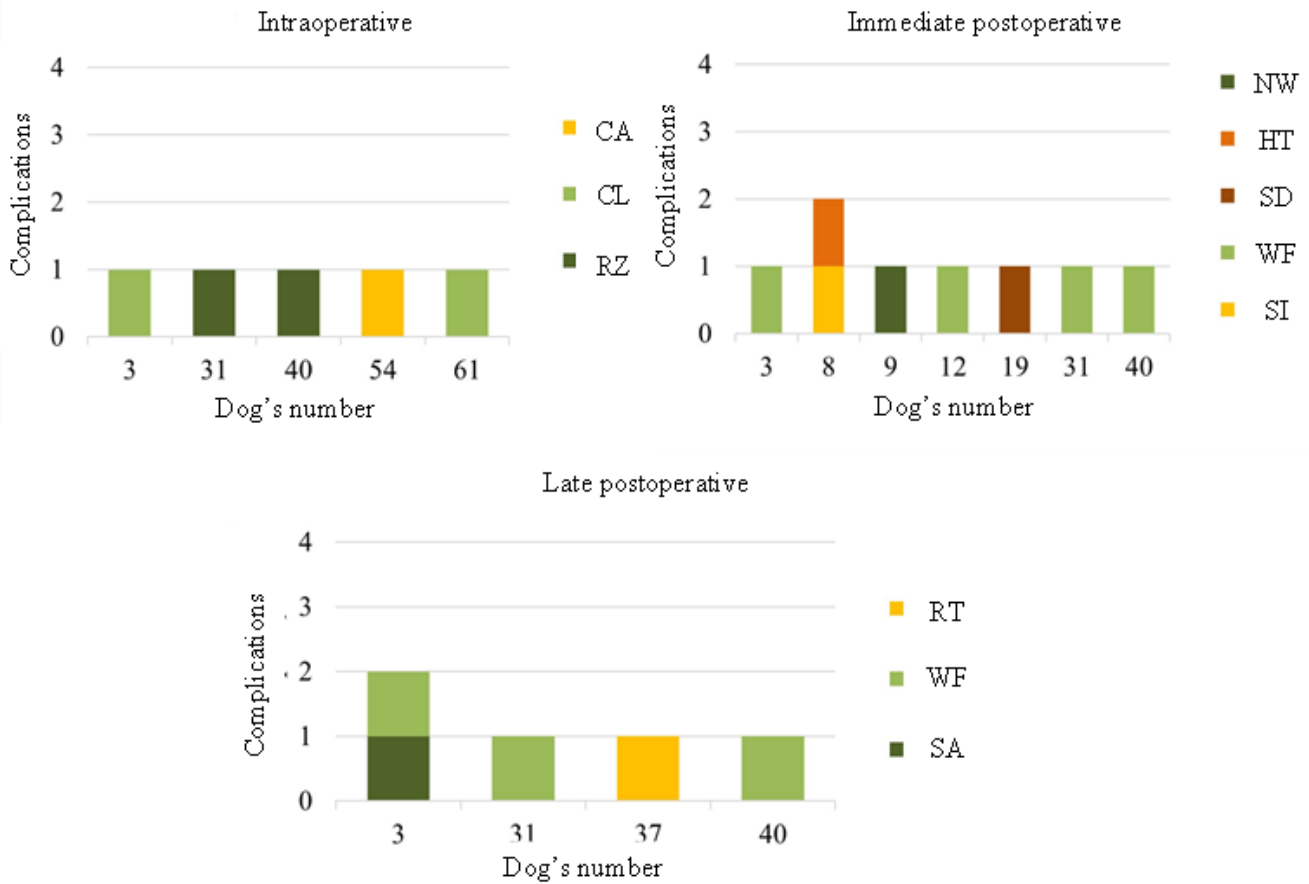
323

324

325 Marcelo Luís **Schwab**: <https://orcid.org/0000-0001-8203-1764>

326 Alexandre **Mazzanti**: <https://orcid.org/0000-0002-1330-2142>

327 Figure 1 - Surgical complications during the intraoperative, immediate postoperative, and late
 328 postoperative periods experienced by dogs with intervertebral disc extrusion that underwent
 329 hemilaminectomy and intervertebral disc fenestration.



344 RZ, rhizotomy; CL, contralateral side; CA, cardiac arrest; SI, superficial wound infection; WF,
 345 abdominal wall flaccidity; SD, skin suture dehiscence; HT, hematoma; NW, worsening of the
 346 neurological status; SA, scar adhesion; RT, adverse reaction to the surgical thread.

4 DISCUSSÃO

A colheita e análise do LCE é um exame amplamente realizado na rotina de pacientes com alterações neurológicas e, embora raramente forneça um diagnóstico definitivo, quando combinada com o histórico, achados clínicos e exames de imagem, se torna uma importante ferramenta diagnóstica (LAMPE et al., 2019; TERLIZZI; PLATT, 2009). Este exame é um método rápido, barato e tecnicamente simples de amostragem do sistema nervoso, mesmo assim deve ser realizado de forma criteriosa, uma vez que não é isento de riscos (LEVINE; COOK, 2020).

Como contraindicações para a realização do exame de LCE pode-se citar os pacientes com coagulopatia, que sofreram trauma severo da medula espinhal cervical, pacientes com aumento de pressão intracraniana e aqueles que não podem ser submetidos a anestesia geral (DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017; LEVINE; COOK, 2020; TERLIZZI; PLATT, 2009; WHITNEY; COATES, 2021). Já como complicações relatadas após o exame é possível destacar hemorragias, hemorragia subaracnóidea intracraniana, hematomielia, mielomalacia hemorrágica progressiva (MHP), herniação encefálica, lesões iatrogênicas e meningite (COOK; DROST, 2019; DEWEY; DA COSTA; DUCOTÉ, 2017; FELIU-PASCUAL et al., 2008; HEYWOOD; OSBORNE; STREET, et al., 1973; KISHIMOTO et al., 2004; LEVINE; COOK, 2020; PACKER et al., 2007; PLATT et al., 2005; WRZESINSKI et al., 2022).

O conhecimento das contraindicações é de extrema importância para que condutas sejam tomadas a fim de evitar complicações. A realização das corretas manobras de assepsia auxiliam no controle de infecções oriundas do procedimento de colheita (TERLIZZI; PLATT, 2009). Já a realização prévia de exames de imagem como a ressonância magnética pode identificar lesões expansivas, que por sua vez, podem causar aumento da pressão intracraniana e assim tornar contraindicado o procedimento a fim de se evitar uma possível herniação encefálica durante a colheita de LCE (LEVINE; COOK, 2020).

Apenas um trabalho relatou a ocorrência de MHP após punção lombar para colheita de LCE, porém sem confirmação histopatológica (COOK; DROST, 2019). Desta forma, não foi possível afirmar que o animal desenvolveu a MHP, uma vez

que o diagnóstico definitivo é *post mortem* (CASTEL et al., 2017). Por outro lado, no artigo 1 foi comprovado a ocorrência de MHP por meio de exame histopatológico, porém sem verificar uma causa e nem atribuir à doença pré-existente dos cães relatados no estudo.

Devido a publicação de apenas um relato de caso (COOK; DROST, 2019), ainda não é possível estimar a prevalência dessa complicação, embora pareça ser rara. Mesmo assim, deve-se avaliar o paciente após a colheita e atentar aos sinais de perda motora, sensorial, de reflexos espinhais e tônus muscular dos membros e da cauda após realização da colheita de LCE, sendo esses sugestivos de MHP (BALDUCCI et al., 2017; CASTEL et al., 2017).

A EDIV é a doença neurológica que mais acomete cães e tem como tratamento a descompressão cirúrgica principalmente em casos severos nos quais há perda da função motora e de nocicepção (FENN et al., 2020; OLBY et al., 2022). A hemilaminectomia é o procedimento cirúrgico mais empregado nesses casos proporcionando a remoção de material extrudido do canal vertebral, sem manipulação excessiva da medula espinha (MOORE; EARLY; HETTICH, 2016; SHORES, 2017). Além desse procedimento, a fenestração profilática do disco intervertebral afetado é indicada a fim de evitar recidivas (MOORE et al., 2020; OLBY et al., 2022; SHARP; WHEELER, 2005).

O artigo 2 identificou de forma prospectiva, as complicações que ocorreram no transoperatório e pós-operatório imediato e tardio de 64 cães com EDIV submetidos a hemilaminectomia e fenestração de disco intervertebral. Dos pacientes incluídos no estudo, 15,62% (n=10/64) apresentaram uma ou mais ocorrências em uma ou mais das etapas avaliadas. Das complicações, no transoperatório foram observadas rizotomia iatrogênica, abertura do canal vertebral contralateral e parada cardiorrespiratória. No pós-operatório imediato, foram observadas a flacidez da parede abdominal, piora do quadro neurológico, hematoma, deiscência de ferida cirúrgica e infecção superficial da ferida. No pós-operatório tardio foram verificadas reação ao fio cirúrgico, aderência cicatricial e flacidez da parede abdominal como problemas mais frequentes. Salienta-se que nenhuma das complicações ocasionou o óbito dos animais.

As complicações relacionadas aos procedimentos para o tratamento da EDIV já foram relatadas por SHARP e WHEELER (2005). Dentre essas

complicações, mielomalacia, automutilação, escoliose, nova extrusão de disco intervertebral, pneumotórax, instabilidade e incontinência fecal e urinária não foram evidenciados em nosso estudo. A mielomalacia foi observada em nosso estudo, entretanto devido aos critérios de inclusão, no qual os animais foram avaliados por um período de 30 dias do pós-operatório, estes foram excluídos do estudo. Além disso a mielomalácia é uma possível consequência do trauma ocasionado pela EDIV (BALDUCCI et al., 2017; CASTEL et al., 2017), desta forma não é possível afirmar que tal complicação é inerente aos procedimentos cirúrgicos.

Quanto a nova extrusão de disco intervertebral, em nosso estudo todos os animais foram submetidos a fenestração de disco intervertebral o que pode ter contribuído para evitar tal complicação. Ao mesmo tempo, a fenestração de disco pode predispor a instabilidade da coluna vertebral e a escoliose, especialmente em cães de grande porte, como relatado por SHARP e WHEELER (2005), mesmo assim, nenhum paciente do nosso trabalho desenvolveu tal complicação.

Novamente, o conhecimento das complicações relacionadas a tais procedimentos é relevante para que a conduta do caso seja adequada. Desta forma, por exemplo, ao identificar que ambas as técnicas podem levar a lesão de raízes nervosas e ocasionar flacidez da parede abdominal, é possível criar estratégias para evitar esta lesão iatrogênica, como a manipulação delicada desta estrutura.

5 CONCLUSÃO

A colheita do LCE pode gerar, mesmo que inabitual, complicação severa e irreversível como a MHP após a punção lombar, não tendo até o presente momento, condutas que possa prevenir.

A hemilaminectomia e a fenestração do disco intervertebral podem ocasionar complicações nos períodos intraoperatório, pós-operatório imediato e pós-operatório tardio, sendo estas, sem sua maioria, transitórias e com mínimo prejuízo ao paciente.

6 REFERÊNCIAS

AIKAWA, Takeshi *et al.* Long-term neurologic outcome of hemilaminectomy and disk fenestration for treatment of dogs with thoracolumbar intervertebral disk herniation: 831 cases (2000-2007). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 15, n. 241 p. 1617-1626, dez. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23216037/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

AIKAWA, Takeshi *et al.* A comparison of thoracolumbar intervertebral disc extrusion in French bulldogs and dachshunds and association with congenital vertebral anomalies. **Veterinary Surgery**, v. 43, n. 3, p. 301-307, jan. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24433331/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BALDUCCI, Federica *et al.* Prevalence and risk factors for presumptive ascending/descending myelomalacia in dogs after thoracolumbar intervertebral disk herniation. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 31, n. 2, p. 498-504, mar. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5081200/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BIENZLE, Dorothee; MCDONNELL, John. J.; STANTON, James. B. Analysis of cerebrospinal fluid from dogs and cats after 24 and 48 hours of storage. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 216, n. 11, p. 1761-1764, jun. 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10844967/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BLAKEMORE, W. F. *et al.* Spinal cord malacia following general anaesthesia in the horse. **Veterinary Records**, v. 114, n. 23, p. 569-570, jun. 1984. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6464321/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BORGENS, Richard. Ben.; LIU-SNYDER, Peishan. Understanding secondary injury. **The Quarterly Review of Biology**, v. 87, n. 2, p. 89-127, jun. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22696939/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BRISSON, Brigitte. A. *et al.* Recurrence of thoracolumbar intervertebral disk extrusion in chondrodystrophic dogs after surgical decompression with or without prophylactic fenestration: 265 cases (1995–1999). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 224, n. 11 p. 1808-1814, jun. 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23216037/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BRISSON, Brigitte. A. Intervertebral disc fenestration. *In*: SHORES, Andy.; BRISSON, Brigitte. A. **Current Techniques in Canine and Feline Neurosurgery**. New Jersey: Wiley Blackwell, 2017. p.191-198.

BRISSON, Brigitte. A. Intervertebral disc disease in dogs. **The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice**, v. 40, n. 5, p. 829-858, set. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20732594/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

BROW, Emily. A. *et al.* FGF4 retrogene on CFA12 is responsible for chondrodystrophy and intervertebral disc disease in dogs. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, n. 43 p. 11476-11481, out. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29073074/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

BRUCE, Charles. W.; BRISSON, Brigitte. A.; GYSELINCK, Karel. Spinal fracture and luxation in dogs and cats. A retrospective review of 95 cases. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 21, n. 3, p. 280-284, mar. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18536856/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

CAINES, Deanne *et al.* Comparison of isoflurane and propofol for maintenance of anesthesia in dogs with intracranial disease undergoing magnetic resonance imaging. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 41, n. 5, p. 468-479, set. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24814814/#:~:text=Conclusions%3A%20Dogs%20maintained%20with%20propofol,to%20dogs%20maintained%20with%20isofluran>. Acesso em: 19 ago. 2022.

CARAKOSTAS, Michael. C. *et al.* Effects of metrizamide myelography on cerebrospinal fluid analysis in the dog. **Veterinary Radiology**, v. 24, n. 6, p. 267-270, nov. 1983. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1740-8261.1983.tb00730.x>. Acesso em: 19 set. 2022.

CASTEL, Aude *et al.* Clinical characteristics of dogs with progressive myelomalacia following acute intervertebral disc extrusion. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 31, n. 6, p. 1782-1789, nov. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28961348/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

CASTEL, Aude *et al.* Risk factors associated with progressive myelomalacia in dogs with complete sensorimotor loss following intervertebral disc extrusion: a retrospective case-control study. **BMC Veterinary Research**, v. 15, p. 433, dec. 2019. Disponível em: <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-019-2186-0>. Acesso em: 19 ago. 2022.

CHRISMAN, Cheryl. L. Cerebrospinal fluid analysis. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 22, n. 4, p. 781-810, jul. 1992. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1641918/>. Acesso em: 19 set. 2022.

CHRISTOPHER, Mary. M.; PERMAN, V; HARDY, R.M. Reassessment of cytologic values in canine cerebrospinal fluid by use of cytocentrifugation. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 192, n. 15, p. 1726-1729, jun. 1988. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3410789/>. Acesso em: 19 set. 2022.

COATES, Joan. R. Paraparesis. *In*: PLATT, Simon.; OLBY, Natasha **BSAVA**

Manual of Canine and Feline Neurology. Quedgeley: British Small Animal Veterinary Association, 2013. p. 297-337.

COOK, Laurie; DROST, Tod. Hemorrhagic myelomalacia in a bichon frise following lumbar spinal tap-a case report. **Topics in Companion Animal Medicine**, v. 34, p. 47-50, mar. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30808497/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

DA COSTA Ronaldo. C.; MOORE Sarah. A. Differential diagnosis of Spinal diseases. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v.40, n. 5, p. 755-763, set. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20732590/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

DA COSTA, Ronaldo. C. *et al.* Diagnostic imaging in intervertebral disc disease. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 22, p. e 588338, out. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33195623/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

DAMKIER, Helle. H.; BROWN, Peter. D.; PRAETORIUS, Jeppe. Epithelial pathways in choroid plexus electrolyte transport. **Physiology**, v. 25, n. 4, p. 239-249, ago. 2010. Disponível em: <https://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/physiol.00011.2010>. Acesso em: 19 set. 2022.

DEWEY, Curtis W.; DA COSTA, Ronaldo C.; DUCOTÉ, Jule M. Neurodiagnóstico. *In*: DEWEY, Curtis. W.; DA COSTA, Ronaldo. C. Neurologia Canina e Felina: Guia Prático. São Paulo: Guará, 2017. p. 79-84.

DEWEY, Curtis. Wells; DA COSTA, Ronaldo. Casimiro. **Practical Guide to Canine and Feline Neurology**. 3. ed. Iowa: Wiley Blackwell, 2016.

DICKINSON, Peter. J. *et al.* Characteristics of cisternal cerebrospinal fluid associated with intracranial meningiomas in dogs: 56 cases (1985–2004). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 228, n. 4, p. 564-564, fev. 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16478433/>. Acesso em: 19 set. 2022.

DICKINSON, Peter. J.; BANNASCH, Danika. L. Current understanding of the genetics of intervertebral disc degeneration. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p.1-13, jul. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19412899/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

DOYLE, Clare; SOLANO-GALLEGO, Laia. Cytologic interpretation of canine cerebrospinal fluid samples with low total nucleated cell concentration, with and without blood contamination. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 38, n. 3, p. 392-396, set. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19392761/>. Acesso em: 19 set. 2022.

FELIU-PASCUAL, Lujan. A. *et al.* Iatrogenic brainstem injury during cerebellomedullary cistern puncture. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 49,

n. 5 p. 467-471, set-out. 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18833957/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

FENN, Joe *et al.* Classification of intervertebral disc disease. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, p.e 579025, out. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33134360/>. Acesso em: 29 out. 2022. DOI: 10.3389/fvets.2020.579025.

FORTERRE, Franck *et al.* Influence of intervertebral disc fenestration at the herniation site in association with hemilaminectomy on recurrence in chondrodystrophic dogs with thoracolumbar disc disease: a prospective MRI study. **Veterinary Surgery**, v. 37, n. 4 p. 399-405, jun. 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18564265/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

FRY, Michael. M. *et al.* Effects of time, initial composition, and stabilizing agents on the results of canine cerebrospinal fluid analysis. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 35, n. 1, p. 72-77, mar. 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16511793/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

GREENE, Stephen. A. Anesthesia for patients with neurologic disease. **Topics in Companion Animal Medicine**, v. 25, n. 2 p. 83-86, mai. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20515670/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

GRIFFIN, John; LEVINE, Jonathan; KERWIN, Sheron. E. Canine thoracolumbar intervertebral disk disease: pathophysiology, neurologic examination and emergency medical therapy. **Compendium Continuing Education for Veterinarians.**, v. 31, p. E2, mar. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19412899/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

GRIFFITHS, I. R. The extensive myelopathy of intervertebral disc protrusions in dogs ('the ascending syndrome'). **Journal of Small Animal Practice**, v. 13, n. 8, p. 425-438, ago. 1972. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5081200/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

HANSEN, Henrik. Jessen. A pathologic-anatomical interpretation of disc degeneration in dogs. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 20, n. 4, p. 280–293, 1951. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14894198/>. Acesso em: 27 nov. 2022.

HENKE, Diana *et al.* Longitudinal extension of myelomalacia by intramedullary and subdural hemorrhage in a canine model of spinal cord injury. **Spine Journal**, v. 16, n. 1, p. 82-90, jan. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26386168/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

HEYWOOD, R.; OSBORNE, B. E.; STREET, A. E. The effect of repeated cisternal puncture and withdrawal of cerebro-spinal fluid in the dog. **Laboratory Animals**, v. 7, n. 1 p. 85-87, jan. 1973. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4685758/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

JAMISON, E.M.; LUMSDEN, J.H. Cerebrospinal fluid analysis in the dog: methodology and interpretation. **Seminars in veterinary medicine and surgery (small animal)**, v. 3, n. 2, p. 122-132, mai. 1988. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3043608/>. Acesso em: 19 set. 2022.

JOUBER, K. E.; DUNCAN, N.; MURRAY, S. E. Post-anaesthetic myelomalacia in a horse. **Journal of the South African Veterinary Association**, v. 76, n. 1, p. 36-39, mar. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15900899/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

KIM, Dong-Joo *et al.* Continuous Monitoring of the Monro-Kellie Doctrine: Is It Possible? **Journal of Neurotrauma**, v. 29, n. 7, p. 1354-1363, mai. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21895518/>. Acesso em: 19 set. 2022.

KISHIMOTO, Miori *et al.* Spinal cord effects from lumbar myelographic injection technique in the dog. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 66, n. 1 p. 66-67, jan. 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14960814/#:~:text=The%20spinal%20cords%20were%20punctured,confirmed%20microscopically%20in%20all%20subjects>. Acesso em: 19 ago. 2022.

LAHUNTA, Alexander; GLASS, Eric; KENT, Marc. **Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology**. 5 ed. Filadélfia: Elsevier, 2020.

LAMPE, Rachel *et al.* Comparison of cerebellomedullary and lumbar cerebrospinal fluid analysis in dogs with neurological disease. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 34, n. 2, p. 838-843, mar. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31953970/>. Acesso em: 19 set. 2022.

LERCHE, Ernesto *et al.* Hemorrhagic myelomalacia following general anesthesia in a horse. **Cornell Veterinary**, v. 83, n. 4, p. 267-273, out. 1993. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7905814/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

LEVINE, Gwendolyn J.; COOK, Jennifer R. Cerebrospinal fluid and central nervous system cytology. In: VALENCIANO, Amy. C.; COWELL, Rick. L. **Cowell and Tyler's Diagnostic Cytology and Hematology of the Dog and Cat**. Missouri: Mosby, 2020. p. 210-228.

MARQUIS, Andrew *et al.* Increase in oxidative stress biomarkers in dogs with ascending-descending myelomalacia following spinal cord injury. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 353, n. 1-2, p. 63-69, abr. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25912174/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

MAYHEW, Philipp. D. *et al.* Risk factors for recurrence of clinical signs associated with thoracolumbar intervertebral disk herniation in dogs: 229 cases (1994-2000). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 225, n. 8 p. 1231-1236, out. 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15521446/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

MOORE, Sarah. A. et al. Current approaches to the management of acute thoracolumbar disc extrusion in dogs. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. e610, set. 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.00610/full>. Acesso em: 10 out. 2021.

MOORE, Sarah. A.; EARLY, Peter. J.; HETTICH, Bianca. F. Practice patterns in the management of acute intervertebral disc herniation in dogs. **Journal of Small Animal Practice**, v. 57, n. 8, p. 409-415, ago. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27256593/>. Acesso em: 23 out. 2022.

NEČAS, A. Clinical aspects of surgical treatment of thoracolumbar disc disease in dogs. A Retrospective Study of 300 Cases. **Acta Veterinaria Brno**, v. 68, n. 2 p. 121-130, jun. 1999. Disponível em: <https://actavet.vfu.cz/68/2/0121/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

NYE, Carolyn. J.; MUSTONE, Allison. M.; COOK, Laurie. Progressive myelomalacia in a pomeranian following spinal fracture and surgical stabilization - a case report. **Topics in Companion Animal Medicine**, v. 39, p. 100433, jun. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32482284/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

NYKAMP, Stephanie. Advanced imaging: spinal surgery. *In*: SHORES, Andy; BRISSON, Brigitte. A. **Current Techniques in Canine and Feline Neurosurgery**, New Jersey: Wiley Blackwell, 2017. p.71-84.

OKADA, Midori *et al.* Magnetic resonance imaging features and clinical signs associated with presumptive and confirmed progressive myelomalacia in dogs: 12 cases (1997-2008). **Journal of American Veterinary Medicine Association**, v. 237, n. 10, p. 1160-1165, nov. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21073387/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

OLBY, Natasha *et al.* ACVIM consensus statement on diagnosis and management of acute canine thoracolumbar intervertebral disc extrusion. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 36, n. 5 p. 1570-1596, jul. 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jvim.16480>. Acesso em: 19 ago. 2022.

OLBY, Natasha *et al.* Long-term functional outcome of dogs with severe injuries of the thoracolumbar spinal cord: 87 cases (1996-2001). **Journal of American Veterinary Medicine Association**, v. 222, n. 6, p. 762-769, mar. 2003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12675299/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

OLBY, Natasha *et al.* Prognostic factors in canine acute intervertebral disc disease. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, n.26 p. 596059, nov. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33324703/#:~:text=Important%20prognostic%20considerations%20are%20recovery,when%20considering%20recovery%20of%20continence>. Acesso em: 19 ago. 2022.

PARCKER, Rebecca. A. *et al.* Intracranial subarachnoid hemorrhage following lumbar myelography in two dogs. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 48, n. 4, p. 323-327, jul-ago. 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17691630/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

PLATT, Simon. R. *et al.* Hematomyelia secondary to lumbar cerebrospinal fluid acquisition in a dog. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 46, n. 6, p. 467-471, nov-dec. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16396261/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

POLIDORO, Dakir. *et al.* Análise do líquido cérebro-espinhal de três doenças do sistema nervoso central de cães. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 1649-1655, ago. 2018. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/pvb/a/4JKv9XMGFZ7Fc9hMqx9shxm/?lang=pt#:~:text=1%C9%25\).-,Resultados,%25%2C%2014%2F166](https://www.scielo.br/j/pvb/a/4JKv9XMGFZ7Fc9hMqx9shxm/?lang=pt#:~:text=1%C9%25).-,Resultados,%25%2C%2014%2F166). Acesso em: 19 ago. 2022.

SHARP, Nicholas. J. H.; WHEELER, Simon. J. **Small Animal Spinal Disorders, Diagnosis and Surgery**. 2. ed. Philadelphia: Elsevier, 2005.

SHORES, Andy. Thoracolumbar hemilaminectomy. *In*: SHORES, Andy; BRISSON, Brigitte. A. **Current Techniques in Canine and Feline Neurosurgery**, New Jersey: Wiley Blackwell, 2017. p. 179-182.

STIGEN, Øyvind; OTTESEN, Nina; JÄDERLUND, Karin. H. Early recurrence of thoracolumbar intervertebral disc extrusion after surgical decompression: a report of three cases. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 52, n. 1 p. 10, fev. 2010. Disponível em: <https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/1751-0147-52-10>. Acesso em: 19 ago. 2022.

SUESS, Olaf *et al.* Intracranial haemorrhage following lumbar myelography: case report and review of the literature. **Neuroradiology**, v. 42, n. 3, p. 211-214, mar. 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10772146/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

TERLIZZI, Roberta; PLATT, Simon. The function, composition and analysis of cerebrospinal fluid in companion animals: Part II – Analysis. **The Veterinary Journal**, v. 180, n. 1, p. 15-32, abr. 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18294880>. Acesso em: 19 set. 2022.

TERLIZZI, Roberta; PLATT, Simon. The function, composition and analysis of cerebrospinal fluid in companion animals: Part I – Analysis. **The Veterinary Journal**, v. 172, n. 3, p. 422-431, nov. 2006. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16154365>. Acesso em: 12 set. 2022.

THOMAS, William B. Hydrocephalus in Dogs and Cats. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 40, n. 1, p. 143-159, jan. 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19942061>. Acesso em: 19 set. 2022

THOMSON, Christine. E.; KORNEGAY, Joe. N.; STEVENS, J.B. Analysis of

cerebrospinal fluid from the cerebellomedullary and lumbar cisterns of dogs with focal neurologic disease: 145 cases (1985–1987). **Seminars in veterinary medicine and surgery (small animal)**, v. 196, n. 11, p. 1841-1844, jun. 1990. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2351607/>. Acesso em: 19 set. 2022.

WAMSLEY, Heather. Clinical pathology. *In*: PLATT, Simon.; OLBY, Natasha **BSAVA Manual of Canine and Feline Neurology**. Quedgeley: British Small Animal Veterinary Association, 2013. p. 45-58.

WHITNEY, Marlyn; COATES, Joan. Ripley. Cerebrospinal fluid analysis in the dog and cat. *In*: SHARKEY, Leslie; RADIN, Judith; SEELIG, Davis. **Veterinary Cytology**. Hoboken: Wiley Blackwell, 2021. p. 638-654.

WOOD, Amy; GAROSI, Laurent; PLATT, Simon. Cerebrospinal fluid analysis. *In*: PLATT, Simon; GAROSI, Laurent. **Small Animal Neurological Emergencies**, London: Manson Publishing, 2012. p. 121-136.

WRZESINSKI, Mathias *et al.* Complications after cerebrospinal fluid collection in dogs with brain neoplasm. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 42, p. e06984, mai. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pvb/a/vtdJjyvc8Pd34TtjH6NqhXh/abstract/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 19 ago. 2022.

YEH, Ya. Fan *et al.* Case report: Pontine haemorrhage following iohexol lumbar myelography. **The British Journal of Radiology**, v. 69, n. 820, p. 368-370, abr. 1996. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8665142/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

NUP: 23081.037919/2023-04

Prioridade: Normal

Ato de entrega de dissertação/tese

134.334 - Dissertação e tese

COMPONENTE

Ordem	Descrição	Nome do arquivo
10	Tese de doutorado (134.334)	Tese Marcelo Luís Schwab.pdf

Assinaturas

27/03/2023 12:56:36

ALEXANDRE MAZZANTI (PROFESSOR DO MAGISTÉRIO SUPERIOR)
03.32.00.00.0.0 - DEPARTAMENTO DA CLÍNICA DE PEQUENOS ANIMAIS - DCPA



Código Verificador: 2537154

Código CRC: 6757ddcb

Consulte em: <https://portal.ufsm.br/documentos/publico/autenticacao/assinaturas.html>

