

Universidade Estadual Paulista  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

**MALFORMAÇÃO OCCIPITAL CAUDAL:  
ASPECTOS IMAGINOLÓGICOS EM CÃES BRAQUICEFÁLICOS**

ALEX FERREIRA MENDES

Botucatu, SP  
Setembro - 2022

Universidade Estadual Paulista  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

**MALFORMAÇÃO OCCIPITAL CAUDAL:  
ASPECTOS IMAGINOLÓGICOS EM CÃES BRAQUICEFÁLICOS**

ALEX FERREIRA MENDES

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-graduação  
em Biotecnologia Animal para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Profa. Assoc. Dra. Vânia M. V. Machado

Botucatu, SP  
Setembro - 2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Mendes, Alex Ferreira.

Malformação occipital caudal : aspectos imaginológicos  
em cães braquicefálicos / Alex Ferreira Mendes. -  
Botucatu, 2022

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina  
Veterinária e Zootecnia

Orientador: Vânia Maria de Vasconcelos Machado  
Capes: 50501038

1. Cães - Doenças. 2. Osso occipital. 3. Síndrome de  
Chiari. 4. Siringomielia. 5. Ressonância magnética.  
6. Doenças do desenvolvimento ósseo. 7. Malformação de  
Arnold-Chiari.

Palavras-chave: Ressonância magnética; Siringomielia;  
Síndrome de Chiari.

Alex Ferreira Mendes

### **BANCA EXAMINADORA**

Prof.<sup>a</sup>. Assoc. Dra. Vânia Maria de Vasconcelos Machado

Presidente e Orientadora

Departamento de Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal, FMVZ - UNESP -  
Botucatu/ SP.

Prof.<sup>a</sup>. Ass. Dra. Maria Lúcia Gomes Lourenço

Membro

Departamento de Clínica Veterinária, FMVZ – UNESP - Botucatu/ SP

Prof.<sup>a</sup>. Ass. Dra. Lais Melicio Cintra Bueno

Membro

Universidade de Marília (Unimar)

Data da defesa: 30/09/2022

## AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico este trabalho a todas aquelas pessoas que direta ou indiretamente participaram de sua realização. Não citarei nomes para não correr o risco de deixar alguém de fora, mas a verdade é que sozinho jamais seria possível realizar um estudo em anos tão caóticos e castigados como os da Pandemia de Covid-19, onde até um simples abraço de conforto e força foi restringido. Assim, muito obrigado desde quem estava do meu lado até quem me disse “você consegue!” e deu um sorriso de encorajamento.

Agradeço a Deus pela força e pela vida, pelo interesse, determinação e pelo amparo para estar concluindo esta jornada! Agradeço aos meus familiares, amigos, parceiros de profissão e todas as pessoas queridas que estando do meu lado contribuíram para meu crescimento, amadurecimento e foram pilares para construir esse projeto que vai muito além de palavras em papel, mas são conhecimento e a realização de um sonho.

Agradeço em especial a Professora Vânia Maria de Vasconcelos Machado por sempre ter acreditado no meu potencial, até quando nem eu mais acreditava. Por desde a residência ser mais que uma orientadora, mas uma amiga comprando meus sonhos e, de igual pra igual, me mostrando que se eu quisesse poderia ganhar o mundo! Foi assim que chegamos juntos na Suíça para o encontro europeu de Imagem. Obrigado por cruzar comigo mais essa linha de chegada!

Agradeço ao programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Animal e à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Unesp de Botucatu pela oportunidade e pela honra em estudar e me aperfeiçoar numa instituição tão importante no cenário da medicina veterinária nacional e que é destaque na educação e pesquisa a nível internacional, dentre as melhores faculdades de medicina veterinária do mundo!

Gostaria de agradecer à agência de fomento pelo apoio, não só a mim, mas a todos os alunos brasileiros e estrangeiros pela oportunidade e auxílio na realização de nossas pesquisas e da construção de tanto conhecimento dentro do nosso país: o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (**CAPES**) - Código de Financiamento 001.

*Happiness can be found in even the darkest of times,  
if one only remembers to turn on the light.*

*-Albus Dumbledore*

*J. k. Rowling*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

<b>Figura 1 –</b>	Imagens radiográficas representado as conformações cranianas dos cães .....	2
<b>Figura 2 -</b>	Desenho esquemático das variáveis morfométricas para o cálculo índice cefálico em cães em uma radiografia ....	4
<b>Figura 3 -</b>	Desenho esquemático representando as fossas cranianas em uma reconstrução 3D de imagem tomográfica .....	5
<b>Figura 4 -</b>	Esquemas representativos da fossa cranial e caudal com as principais estruturas encefálicas em peça anatômica e imagem de RM .....	8
<b>Figura 5 -</b>	Mensuração dos ventrículos e das áreas encefálicas pela ressonância magnética .....	16
<b>Figura 6 -</b>	Mensuração do tamanho da herniação, diâmetro cerebelar, indentação occipital, compressão cerebelar e ângulo da protuberância occipital .....	18
<b>Figura 7 -</b>	Mensuração da Distância Obex e do ângulo de elevação medular .....	19

### TABELA

<b>Tabela 1 -</b>	Comparação entre os grupos de cães braquicefálicos e não braquicefálicos com as variáveis morfométricas para MOC ..	21
-------------------	---	----

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>AEM</b>	Ângulo de Elevação Medular
<b>AFCD</b>	Área da Fossa Caudal
<b>AFCR</b>	Área da Fossa Cranial
<b>APO</b>	Ângulo da Protuberância Occipital
<b>ATE</b>	Área Total Encefálica
<b>CKCS</b>	Cavalier King Charles Spaniel
<b>EM</b>	Efeito de Massa
<b>FM</b>	Forame Magno
<b>ICC</b>	Índice de Compressão Cerebelar
<b>IKM</b>	Índice de Kinking Medular
<b>IO</b>	Indentação Occipital
<b>MOC</b>	Malformação Occipital Caudal
<b>RM</b>	Ressonância Magnética
<b>SM</b>	Siringomielia
<b>VLM</b>	Ventriculomegalia Lateral Moderada
<b>VLS</b>	Ventriculomegalia Lateral Severa

## RESUMO

Alex Ferreira Mendes. MALFORMAÇÃO OCCIPITAL CAUDAL: ASPECTOS IMAGINOLÓGICOS EM CÃES BRAQUICEFÁLICOS. Botucatu – SP. 2022. 42 f. Defesa (Mestrado) – Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia.

O neurocrânio protege as estruturas vitais do sistema nervoso e impede mecanicamente a sua expansão em casos de injúrias que alteram as dimensões encefálicas. A Malformação Occipital Caudal (MOC) compreende um conjunto de deformidades da fossa caudal e está principalmente relacionada à coarctação do conteúdo neural na altura da junção cervicomedular, podendo causar desde dor neuropática cervical até a obstrução do fluxo liquórico, levando à sua estase e à siringomielia (SM). Foram avaliados 120 exames de ressonância magnética (RM) de encéfalos de cães, 60 braquicefálicos e 60 não braquicefálicos com pelo menos um ano de idade e com algum tipo de sintomatologia neurológica atendidos no Hospital Veterinário da Unesp, Campus de Botucatu, entre os anos de 2012 e 2020, com o objetivo de relacionar os achados imaginológicos à esta malformação. Em 81,7% dos cães braquicefálicos observou-se algum tipo de herniação pelos limites da junção craniocervical. Estes também mostraram maior ocorrência de alteração de dimensão, principalmente ventriculomegalia lateral, e uma abertura do forame magno (FM) maior que os não braquicefálicos ( $P < 0,001$ ). A principal queixa clínica relatada foi convulsão, diferente de dor neuropática cervical e sinal de coceira fantasma frequentemente descritas nesta enfermidade. Assim, cães braquicefálicos com sintomatologia neurológica inespecífica submetidos ao exame de RM podem ter a malformação não notificada.

**Palavras-chave:** Síndrome de Chiari, Siringomielia, Ressonância Magnética

## ABSTRACT

Alex Ferreira Mendes. CAUDAL OCCIPITAL MALFORMATION: IMAGINOLOGICAL FEATURES IN BRACHYCEPHALIC DOGS. Botucatu – SP. 2022. 42 p. Dissertation defense (Master) – São Paulo State University “Júlio de Mesquita Filho”, Veterinary Medicine and Animal Science College.

The neurocranium protects the vital structures of the Nervous System and mechanically prevents its expansion in cases of injuries that alter the brain dimensions. The Caudal Occipital Malformation (COM) comprises a set of deformities of the caudal fossae and is mainly related to the coarctation of the neural content at the cervicomedullary junction, which can cause from cervical neuropathic pain to obstruction of the liquor flow, leading to its stasis and syringomyelia. A total of 120 MRI scans of dog brains, 60 brachycephalic and 60 non-brachycephalic breeds with at least one year old and with some type of neurological symptom treated at the Veterinary Hospital of Unesp, Botucatu Campus between 2012 and 2020 were evaluated in order to relate the imaging findings to this malformation. In 81.7% of the brachycephalic dogs, some type of herniation was observed along the limits of the craniocervical junction. These also showed a higher occurrence of dimension change, mainly lateral ventriculomegaly, and a larger foramen magnum (FM) opening than non-brachycephalic patients ( $P < 0.001$ ). The main clinical complaint reported was seizure, unlike cervical neuropathic pain and phantom scratch frequently described in this disease. Thus, brachycephalic dogs with nonspecific neurological symptoms submitted to MRI may have the malformation unreported.

**Keywords:** Chiari-*like* Malformation, Siringomyelia, MRI

## SUMÁRIO

Capítulo 1 .....	1
1. Introdução e justificativa .....	2
2. Revisão de literatura .....	3
2.1. Revisão morfológica dos crânios .....	3
2.2. Malformação de Chiari .....	5
2.3. Malformação Occipital Caudal na Medicina Veterinária .....	7
2.4. Abordagem Imaginológica da MOC .....	8
3. Considerações Finais .....	9
4. Hipóteses e Objetivos .....	10
4.1. Hipótese geral .....	10
4.2. Hipótese específica .....	10
4.3. Objetivos .....	10
5. Referências .....	11
Capítulo 2 .....	13
Resumo .....	14
1. Introdução .....	15
2. Métodos .....	16
2.1 Público alvo .....	16
2.2 Técnica imaginológica e método de avaliação .....	17
2.3 Análises estatísticas .....	21
3 Resultados .....	21
4 Discussão .....	24
Agradecimentos .....	29
Conflitos de interesse .....	29
Referências .....	29

## **CAPÍTULO 1**

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A MOC compreende um conjunto de deformidades congênitas estruturais da fossa encefálica caudal e afeta as estruturas neurológicas e ósseas adjacentes (MAI, 2018). Inicialmente descrita em cães da raça Cavalier King Charles Spaniel (CKCS), as alterações correspondentes à esta enfermidade estão principalmente relacionadas à herniação de estruturas da fossa caudal para o FM o e a diminuição do fluxo liquórico, tanto no encéfalo quanto no canal medular (RUSBRIDGE *et al.*, 2000).

O formato dos crânios dos cães varia de acordo com as raças e são classificados conforme o comprimento da porção rostral da cabeça como dolicocefálos, mesocefálicos e braquicefálicos, sendo os comprimentos longo, médio e curto (Figura – 1), respectivamente (DYCE *et al.*, 2018). As raças braquicefálicas apresentam uma popularidade internacional crescente, mesmo sabendo-se da sua propensão a diversas enfermidades como alergias, infecções dermatológicas, problemas oftálmicos, síndromes respiratórias, malformações esqueléticas e distúrbios neurológicos (PACKER *et al.*, 2019).

**Figura 1** – Imagens radiográficas representado as conformações cranianas dos cães



Imagens radiográficas em posição laterolateral simétricas mostrando as diferentes conformações cranianas dos cães, entre a porção rostral mais curta até a mais longa, sendo A: braquicefálicos, B – mesocefálicos e C – dolicocefálicos. Fonte: Coulson & Lewis, 2002.

Existe uma gama de alterações que acometem estruturas intracranianas e que são capazes de alterar as dimensões encefálicas. Elas podem ser de origem traumática e não traumática. As principais causas traumáticas são as hemorragias intracranianas decorrentes de incidentes mecânicos ou acidentes

vasculares cerebrais e as não traumáticas são as ventriculomegalias, as anormalidades estruturais como as formações císticas, as hiperplasias e as neofomações (DYCE *et al.*, 2018).

O neurocrânio é composto por um escudo ósseo que protege as estruturas vitais do sistema nervoso, mas que também impede mecanicamente a sua expansão em casos de injúrias que alteram as dimensões encefálicas. Logo, além de aumentar a pressão intracraniana, o aumento dimensional do encéfalo pode ocasionar uma compressão dos tecidos e seu prolapso pelos orifícios pré-existentes na calota craniana, sendo o maior deles o FM (DYCE *et al.*, 2018).

O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações capazes de modificar as dimensões intracranianas que podem predispor a herniação de estruturas da fossa caudal para o canal vertebral cervical proximal, causando sua compressão, e, por conseguinte a MOC em cães braquicefálicos, comparando esses sinais imagiológicos aos sinais clínicos apresentados pelos pacientes quando submetidos ao exame de ressonância magnética (RM).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Caracterização morfológica dos crânios**

Morfologicamente os crânios caninos foram divididos entre dolicocefalos, mesaticéfalos e braquicéfalos, sendo o comprimento do crânio mais alongado, médio e curto respectivamente. Para definição desta classificação foi preconizado o índice cefálico, que é calculado a partir do produto entre o comprimento e a largura craniana dividido por 100 (Figura – 2). O comprimento é atribuído à mensuração feita desde a protuberância occipital até o aspecto mais rostral do osso nasal, já a largura é dada por uma linha traçada entre os limites mais laterais dos arcos zigomáticos. Os dolicocefálicos possuem índices que se aproximam de 50, enquanto os mesaticéfálicos pontuam em torno de 70; já os braquicefálicos têm índices cefálicos tão altos que podem alcançar a margem de 90 (GETTY, SISSON & GROSSMAN, 1986).

**Figura 2** – Desenho esquemático das variáveis morfométricas para o cálculo índice cefálico em cães em uma radiografia

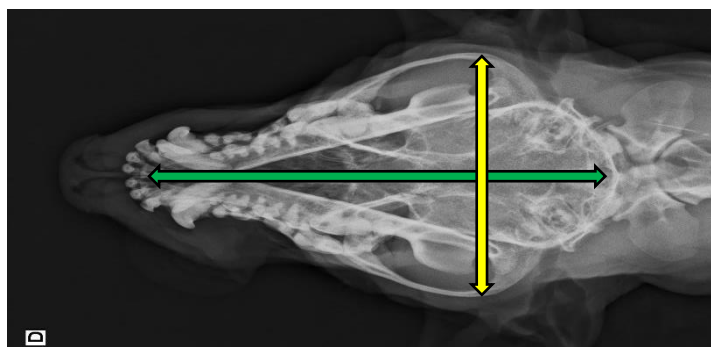


Imagem radiográfica em projeção ventrodorsal do crânio sobreposta por desenho esquemático das medidas cranianas para o cálculo do índice cefálico, onde o comprimento é a extensão da protuberância occipital até o aspecto mais rostral do osso nasal (seta verde) e a largura aferida entre os limites dos arcos zigomáticos (seta amarela). Fonte: de própria autoria.

Embora as raças caninas domésticas apresentem um diverso polimorfismo dentre os diferentes tamanhos e pesos, a comparação alométrica esquelética é possível, pois existe uma forte correlação positiva ( $P < 0,001$ ) entre índices morfométricos ósseos permitindo comparar não somente os ossos longos ao peso, mas também aos ossos cranianos e, logo, ao seu formato. Quando comparados, o comprimento dos ossos longos tem relação direta ao comprimento caudorostral do crânio e inversa ao comprimento transversal do crânio, entre os arcos zigomáticos. Isso explica o motivo pelos quais os cães braquicefálicos tendem a ter menor porte, enquanto os dolicocefálicos maior porte (ALPAK, MUTUS & ONAR, 2004).

A cavidade craniana é dividida espacialmente por três fossas, todas delimitadas majoritariamente pelos ossos do crânio. Em uma extensão rostrocaudal, a fossa rostral estende-se desde o limite da placa cribiforme até o aspecto rostral dos hemisférios cerebrais. A partir dos canais ópticos, a fossa média comporta a maior parte das estruturas encefálicas até a altura da crista petrosa do osso temporal. Juntas, a fossa rostral e a fossa média formam a fossa cranial. Por fim, a fossa caudal se estende do limite caudal da sela túrcica até a parede caudal do crânio e a sua divisão com o FM (DYCE *et al.*, 2018).

**Figura 3** – Desenho esquemático representando as fossas cranianas em uma reconstrução 3D de imagem tomográfica

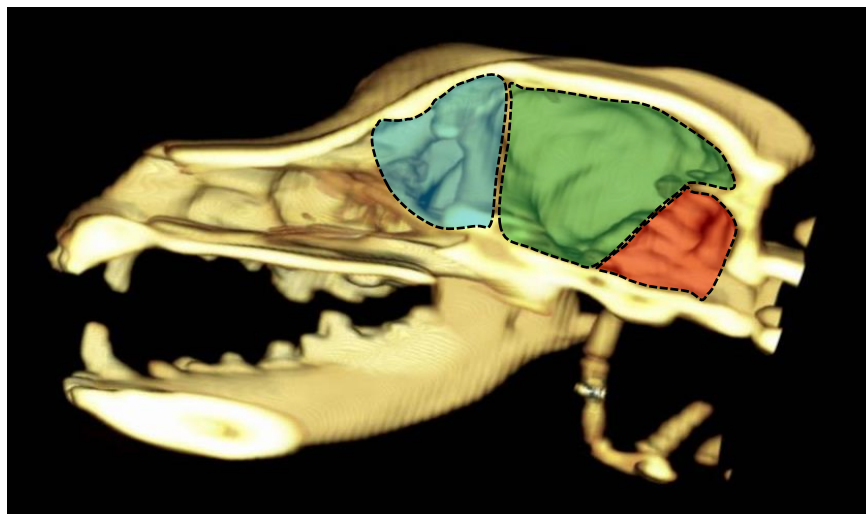


Imagem reconstrução 3D de uma tomografia computadorizada de um cão com ilustração delimitando os limites das fossas cranianas: fossa rostral (área em azul), fossa média (área em verde) e fossa caudal (área em vermelho). A fossa cranial é a união entre as fossas rostral e média. Fonte: de própria autoria.

As alterações morfológicas da cabeça canina geram dúvidas sobre as implicações na funcionalidade dos diversos órgãos que a compõe, desde a aparente maior propensão à dificuldade de circulação do líquido cefalorraquidiano até à capacidade olfativa por distorção do formato da placa cribiforme. É evidente que a alta seleção genética artificial tem forte impacto na conquista de características fenotípicas desejadas, mas que também implica na seleção de alterações morfológicas secundárias e no aparecimento de doenças e malformações associadas a elas (JACQUEMETTON *et al.*, 2020).

## 2.2. Malformação de Chiari

A primeira descrição relativa à MOC, conhecida como Síndrome de Chiari na Medicina, foi atribuída a Hans Chiari, um médico patologista austríaco da Universidade de Praga em 1891. Em seu relatório de necropsia ele faz uma descrição do alongamento e projeção das tonsilas e lobos cerebelares

inferiores para o canal espinhal em uma jovem morta por febre tifoide (CHIARI, 1987).

Chiari ainda descreve neste e em trabalhos posteriores sua divisão em quatro qualificações (I, II, III e IV) e a hipótese de que a patogênese da doença estivesse relacionada à hidrocefalia, sendo sua severidade associada à cronicidade da dilatação ventricular e à idade do paciente (MASSIMI *et al.*, 2011).

A malformação de Chiari tipo I é caracterizada pela protrusão das tonsilas cerebelares pelo FM, sendo este alongamento maior que 3 mm em crianças e 5 mm em adultos. A literatura relata em humanos esta alteração de forma assintomática na maioria dos casos. Já na malformação de Chiari tipo II, o vermis cerebelar e o tronco cerebral também estão deslocados caudalmente e há presença de uma vacuolização meníngea com acúmulo de líquido adjacente, a meningocele. Esses casos parecem estar associados a ocorrências mais graves da doença (MCCLUGAGE & OAKES, 2019).

Com o desenvolvimento das técnicas de imagens e o estudo desta enfermidade, variações dessas condições começaram a ser notadas. Para casos onde existe o deslocamento caudal do tronco cerebral e do vermis cerebelar, mas não há a formação da meningocele, foi atribuída à classificação tipo 1,5. Estes pacientes desenvolvem a forma sintomática da herniação tonsilar e requerem intervenção operatória, diferentemente do tipo I (TUBBS *et al.*, 2004).

Em casos onde foi notada a presença de SM sem ectopia cerebelar com normalização do fluxo após descompressão cirúrgica da fossa caudal foi atribuída a classificação tipo 0. Após a intervenção, a regularização do sistema ventricular pode estar associada à desobstrução do espaço meníngeo na altura da junção cervicomedular. Por esta razão teoriza-se que a compactação da fossa caudal e adesão vascular e aracnoidea no forame de Magendie possam ser responsáveis pela obstrução do fluxo líquido mesmo sem a ectopia de estruturas encefálicas (CHERN *et al.*, 2011).

Já descrito na classificação clássica de Chiari, no tipo III é notada apenas a formação de uma meningocele na altura da junção cervicomedular e o tipo IV é caracterizado pela hipoplasia ou aplasia cerebelar. Em pacientes humanos, a ocorrência de Chiari tipo I é a mais comum, costumam ser

assintomáticos e geralmente os achados imaginológicos são acidentais, por isso a intervenção cirúrgica não é comumente sugerida. Os tipos III e IV são as apresentações mais raras da doença (ALBERT, 2021).

### **2.3. Malformação Occipital Caudal na Medicina Veterinária**

Na Medicina Veterinária, a síndrome da malformação occipital caudal é descrita majoritariamente em cães de pequeno porte. A sua predisposição foi descrita pela primeira vez em cães CKCS como decorrência de uma displasia do osso occipital e conseqüentemente uma fossa caudal estruturalmente pequena causando a sua coarctação, alteração estrutural do FM e a herniação cerebelar (RUSBRIDGE *et al.*, 2000).

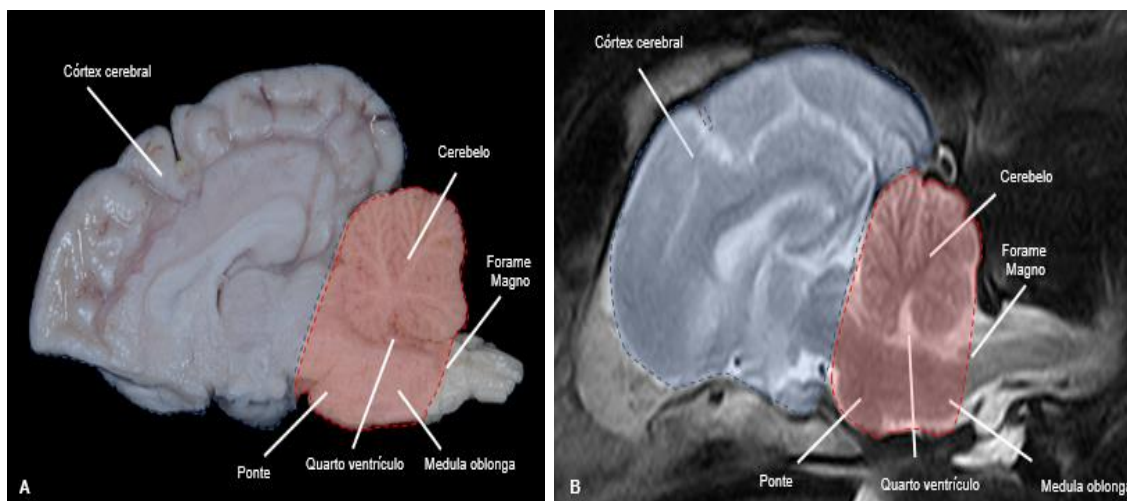
Um estudo volumétrico mostrou que cães CKCS possuíam volume das estruturas da fossa caudal maior que labradores, mas similar ao encontrado em outras raças braquicefálicas. Assim, a alta prevalência da doença nessa raça está aliada a um volume de tecido neural estatisticamente maior e uma fossa caudal proporcionalmente menor se comparado aos cães de pequeno porte e aos labradores. Desta maneira o autor apoia a hipótese de que a patogênese da MOC em CKCS está ligada a um fator embrionário, seja por insuficiência no desenvolvimento mesodermal e ectodermal ou por um fusionamento precoce das suturas cranianas, a craniossinostose (CROSS *et al.*, 2009).

Dentre os sinais clínicos mais comumente encontrados em cães com MOC, o principal é o “sinal de coceira fantasma” no pescoço, ombros, orelhas e membros, podendo ser confundidos clinicamente com enfermidades dermatológicas e otológicas. Adicionalmente, diferentes níveis de alterações neurológicas podem estar presentes, como: hiperestesia, alodinia e parestesia do pescoço, flanco e região esternal; além de déficit neurológico motor e proprioceptivo no membro torácico e pleurotótono ipsilateral ao lado do “sinal de coceira fantasma”; ataxia e déficit proprioceptivo em membros pélvicos; paralisia facial; escoliose e sinais clínicos de mielopatia cervical e cerebrotvestibulares (RUSBRIDGE *et al.*, 2000).

## 2.4. Abordagem imaginológica da MOC

A radiografia é amplamente utilizada para detecção de anormalidades congênicas ósseas, usada como exame de triagem, mas a RM mostra-se uma valiosa ferramenta para o estudo do encéfalo (Figura – 4) e a detecção de alterações e nível de comprometimento de tecidos moles envolvidos com estas malformações ósseas, assim assessorando a conduta clínica no que diz respeito ao manejo e ao prognóstico do paciente (ELLIOTT e SKERRITT, 2010).

**Figura 4** – Esquemas representativos da fossa cranial e caudal com as principais estruturas encefálicas em peça anatômica e imagem de RM



Desenho com pontilhado delimitando os limites da fossa cranial (forma em azul) e da fossa caudal (forma em vermelho), com as principais estruturas encefálicas identificadas em cada uma delas pelas barras brancas. A: peça anatômica, B: imagem sagital de RM em topografia correspondente ao corte da peça anatômica. Fonte: de própria autoria.

Os achados de RM para a MOC são mais bem identificados em imagens sagitais ponderadas em T2, sendo eles: coarctação da fossa caudal e indentação ou protrusão das estruturas da fossa caudal pelo FM, principalmente do vermis cerebelar, exacerbados pela ventroflexão do pescoço; aparência côncava da face caudal do cerebelo; diminuição do espaço subaracnoide caudal ao cerebelo; aspecto côncavo da medula espinhal proximal na altura da junção atlantoccipital, descrita como “sinal de kinking

medular”; SM, e secundariamente a esta, sinais lineares hiperintensos de espessuras variáveis paralelos ao eixo longo da medula espinhal; ventriculomegalia e displasia occipital por alteração de espessura da abertura do FM (MAI, 2018).

A hidromielia é a dilatação do canal medular central e na medida em que há disseminação deste fluido para a matéria cinzenta, na maior parte das vezes dorsomedialmente, esta alteração passa a se chamar siringohidromielia (RUSBRIDGE *et al.*, 2000). Desta maneira, a coarctação da fossa caudal e do FM nos casos de MOC gera uma compressão extramural do quarto ventrículo e do canal central, obstrução do fluxo do líquido cefalorraquidiano e, por conseguinte, hidrocefalia e siringohidromielia (WISNER e ZWINGENBERGER, 2015).

As alterações que causam aumento de volume e estão diretamente associadas ao parênquima encefálico são comumente associadas ao efeito de massa (EM), que tem como achados da RM o desvio do eixo sagital do encéfalo/ falx cerebral, deslocamento do parênquima encefálico e compressão do sistema ventricular. Já alterações que comprometem o fluxo liquórico causam estase do líquido cefalorraquidiano e logo ventriculomegalia, podendo levar à hidrocefalia (MAI, 2018).

Alterações capazes de aumentar a pressão intracraniana, como neoformações, ventriculomegalias, edema perilesional e hemorragias podem causar deslocamentos e herniações dos órgãos do encéfalo. O córtex cerebral pode se herniar ventro-contralateralmente na fossa cranial ultrapassando a falx cerebral média, a herniação subfalcínea, ou ventrocaudalmente ao tentório cerebelar, invadindo a fossa caudal, a herniação transtentorial caudal. Ao nível da fossa caudal, a herniação mais comumente encontrada é da porção ventral do vermis cerebelar através do FM (MAI, 2018).

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Paradoxalmente ao grande número de doenças e malformações conhecidas em cães braquicefálicos como as dermatológicas, cardiorrespiratórias, ósseas e neurológicas, a popularidade dessas raças é crescente nacional e internacionalmente ao longo dos últimos anos. A seleção

intensa para características extremas braquicefálicas também tem aumentado a incidência de ventriculomegalias, distúrbios no fluxo liquórico e malformações ósseas que predispoem a MOC.

Quando recebidos em um serviço hospitalar, cães braquicefálicos com sintomatologia neurológica raramente são encaminhados para RM com a suspeita de MOC, mas as alterações capazes de alterar as dimensões encefálicas aliadas às características morfológicas desses crânios podem predispor à herniação de estruturas da fossa caudal através do FM, mas ao mesmo tempo camuflar essa percepção, deixando essa condição pouco diagnosticada.

## **4. HIPÓTESE E OBJETIVOS**

### **4.1. Hipótese**

Os achados imaginológicos na RM em cães braquicefálicos com sintomatologia neurológica inespecífica podem prejudicar o diagnóstico da MOC?

### **4.2. Objetivo geral**

Identificar a ocorrência dos achados imaginológicos relacionados à MOC em cães braquicefálicos e compará-los aos sinais clínicos apresentados nestes animais quando submetidos ao exame de RM.

### **4.3. Objetivo específico**

Avaliar a relevância clínica neurológica nos achados imaginológicos de herniação de estruturas da fossa caudal para o canal vertebral pelo FM, relacionando esta herniação às principais alterações dimensionais encefálicas encontradas nos exames de RM de cães braquicefálicos atendidos no Hospital Veterinário da Unesp, *Campus* de Botucatu, entre os anos de 2012 e 2020.

## 5. REFERÊNCIAS

Albert, G. W. Chiari Malformation in Children. **Pediatric Clinics of North America**. 2021. v. 68(4). p. 783–792.

ALPAK, H.; MUTUŞ, R.; ONAR, V. Correlation analysis of the skull and long bone measurements of the dog. **Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger** (2004). v. 186(4). p. 323–330.

CHERN, J. J.; GORDON, A. J.; MORTAZAVI, M. M.; TUBBS, R. S.; OAKES, W. J. Pediatric Chiari malformation Type 0: a 12-year institutional experience. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*. 2011. v. 8(1), p. 1–5.

CHIARI, H. Concerning alterations in the cerebellum resulting from cerebral hydrocephalus. **Pediatric Neuroscience**. 1987. v. 13. p. 3–8.

COUSON, A.; LEWIS, N. **An Atlas of Interpretative Radiographic Anatomy of the Dog and Cat**. 1. ed. Wiley-Blackwell, 2002. 608 p.

CROSS, H. R.; CAPPELLO, R.; & RUSBRIDGE, C. (2009). Comparison of cerebral cranium volumes between cavalier King Charles spaniels with Chiari-like malformation, small breed dogs and Labradors. **Journal of Small Animal Practice**, 2009. v. 50, p. 399–405.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Textbook of Veterinary Anatomy**. 5. ed. Elsevier, 2018. 500 p.

ELLIOTT, I.; SKERRITT, G. **Handbook of Small Animal MRI**. 1. ed. **Blackwell: Wiley**. 2010. 177 p.

GETTY, R. **Sisson/Grossman: anatomia dos animais domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. 2v.

JACQUEMETTON, C.; DREXLER, A.; KELLERMAN, G.; BIRD, D.; VAN

VALKENBURGH, B. The impact of extreme skull morphology in domestic dogs on cribriform plate shape. **The Anatomical Record**. 2021. v. 304. p. 190–201.

MAI, WILFRIED. **Diagnostic MRI in dogs and cats**. 2018. 1. Ed. CRC Press, 2018. 778 p.

MASSIMI, L.; CALDARELLI, M.; FRASSANITO, P. Natural history of Chiari type I malformation in children. **Neurological Science**. 2001. v. 32. p. 275–277.

MCCLUGAGE, S. G.; OAKES, W. J. The Chiari I malformation. **Journal of Neurosurgery: Pediatrics**. 2019. v. 24(3). p. 217–226.

PACKER, R. M. A.; O'NEILL, D. G.; FLETCHER F.; FARNWORTH M. J. (2019). Great expectations, inconvenient truths, and the paradoxes of the dogowner relationship for owners of brachycephalic dogs. **PLOS ONE**. 2019. v. 14(7). e0219918.

RUSBRIDGE, C.; MACSWEENEY, J. E.; DAVIES, J. V.; CHANDLER, K.; FITZMAURICE, S. F.; DENNIS, R.; CAPPELLO, R.; WHEELER, S. J. Syringohydromyelia in Cavalier King Charles Spaniels. **Journal of the American Animal Hospital Association**, 2000. v. 36, p. 34-41.

TUBBS, R. S.; ISKANDAR, B. J.; BARTOLUCCI, A. A.; OAKES, W. J. A critical analysis of the Chiari 1.5 malformation. **Journal of Neurosurgery: Pediatrics**. 2004. v. 101(2). p. 179- 83.

WISNER, E. R.; ZWINGENBERGER, A. L. **Atlas of Small Animal CT and MRI**. 3. ed. Blackwell: Wiley, 2015. 165 p.



## **MALFORMAÇÃO OCCIPITAL CAUDAL: ASPECTOS IMAGINOLÓGICOS EM CÃES BRAQUICEFÁLICOS**

### *CAUDAL OCCIPITAL MALFORMATION: IMAGINOLOGICAL FEATURES IN BRACHYCEPHALIC DOGS*

Mendes, A.F.<sup>1</sup>, Machado, V.M.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal, FMVZ, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu, São Paulo, Brasil

#### **Resumo**

O neurocrânio protege as estruturas vitais do sistema nervoso e impede mecanicamente a sua expansão em casos de injúrias que alteram as dimensões encefálicas. A Malformação Occipital Caudal (MOC) compreende um conjunto de deformidades da fossa caudal e está principalmente relacionada à coarctação do conteúdo neural na altura da junção cervicomedular, podendo causar desde dor neuropática cervical até a obstrução do fluxo liquórico, levando à sua estase e à siringomielia (SM). Foram avaliados 120 exames de ressonância magnética (RM) de encéfalos de cães, 60 braquicefálicos e 60 não braquicefálicos com pelo menos um ano de idade e com algum tipo de sintomatologia neurológica atendidos no Hospital Veterinário da Unesp, Campus de Botucatu, entre os anos de 2012 e 2020, com o objetivo de relacionar os achados imaginológicos à esta malformação. Em 81,7% dos cães braquicefálicos observou-se algum tipo de herniação pelos limites da junção craniocervical. Estes também mostraram maior ocorrência de alteração de dimensão, principalmente ventriculomegalia lateral, e uma abertura do forame magno (FM) maior que os não braquicefálicos ( $P < 0,001$ ). A principal queixa clínica relatada foi convulsão, diferente de dor neuropática cervical e sinal de coceira fantasma frequentemente descritas nesta enfermidade. Assim, cães braquicefálicos com sintomatologia neurológica inespecífica submetidos ao exame de RM podem ter a malformação não notificada.

**Palavras-chave:** Síndrome de Chiari, Siringomielia, Ressonância Magnética

## 1. Introdução

A MOC, também conhecida como *Chiari-like Malformation*, corresponde a um conjunto de deformidades congênicas estruturais da fossa encefálica caudal e afeta diretamente estruturas neurológicas e ósseas adjacentes (MAI, 2018). Ela foi primariamente descrita pelo médico patologista austríaco Hans Chiari em 1891 em uma necropsia como uma extrusão de estruturas neurais para o canal espinhal, além de ser caracterizada em quatro tipos: Tipo I quando o conteúdo herniado são as tonsilas cerebelares, Tipo II quando se trata de conteúdo cerebelar e parte do tronco cerebral junto à formação de uma meningocele, tipo III quando cria-se apenas uma meningocele e Tipo IV quando observada hipoplasia ou aplasia cerebelar (CHIARI, 1987). Com o aperfeiçoamento da resolução da imagem de RM, estudos recentes classificaram a protrusão de parte do cerebelo e tronco encefálico sem formação da meningocele como Tipo 1,5 e a formação de SM, possivelmente causada por adesão vascular aracnoide ao nível do Forame de Magendie, com normalização do fluxo liquórico após descompressão cirúrgica cervicomedular de Tipo 0 (Holly & Batzdorf, 2019).

Em cães, a MOC foi inicialmente descrita em cães da raça CKCS e sua grande predisposição a ela deve-se a uma variação racial onde estes animais possuem uma fossa caudal estruturalmente pequena para comportar seu conteúdo. Sugere-se que a patogênese desta condição tenha origem embrionária por insuficiência no desenvolvimento mesodermal e ectodermal fetal ou por craniossinostose (RUSBRIDGE *et al.*, 2000; CROSS *et al.*, 2009). A MOC e a SM são descritas como afecções craniocervicais coexistentes em algumas raças *toy* como CKCS, Brussels Griffon, Chihuahuas, dentre outras (CAPPELLO & RUSBRIDGE, 2007).

O sinal clínico descrito como mais comum em cães com MOC é o “sinal de coceira fantasma” no pescoço e ombros, orelhas e membros, possivelmente relacionado à dor neuropática ou alodinia, e podem ser confundidos clinicamente com enfermidades dermatológicas e otológicas. Ainda compreendem esta sintomatologia: déficit proprioceptivo, déficit em neurônios motores inferiores nos membros torácicos, ataxia, paresia, apneia, disfonia,

estrabismo, atrofia lingual unilateral, paralisia facial e falha do reflexo de deglutição (Hechler & Moore, 2018).

Embora a radiografia seja utilizada inicialmente para avaliação estrutural óssea e detecção de anormalidades esqueléticas, a RM é considerada a principal ferramenta para avaliação do sistema nervoso e o comprometimento dos tecidos moles associados não só às malformações ósseas, mas injúrias cerebrais capazes de alterar suas dimensões, como neoformações com o efeito de massa (EM), ventriculomegalias, edema perilesional e hemorragias (ELLIOTT e SKERRITT, 2010; MAI, 2018).

Os objetivos desse estudo foram: a) relacionar alterações das dimensões encefálicas em diferentes graus e de diferentes origens às alterações imaginológicas sugestivas de MOC em cães braquicefálicos e não braquicefálicos b) avaliar se as características morfológicas do crânio braquicefálico favorecem a identificação de projeção de estruturas da fossa caudal pelo FM. O autor teoriza que tais alterações das dimensões encefálicas são capazes de ocultar os sinais imaginológicos da MOC, levando ao seu sub-diagnóstico em cães braquicefálicos na RM.

## **2. Métodos**

### *2.1. População alvo*

Este trabalho trata-se da avaliação imaginológica diante de um estudo retrospectivo, onde os dados extraídos de exames de RM fazem parte de uma compilação dos casos de cães com sintomatologia neurológica atendidos no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, *Campus* de Botucatu, entre os anos de 2012 e 2020. Os aspectos éticos recomendados pelo Conselho Nacional de Experimento Animal (CONCEA) foram considerados em cada etapa desse estudo, tendo sido aprovado pela Comissão Institucional de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob protocolo nº 0032/2022.

Foram avaliados 120 exames de RM e os animais elencados foram divididos em dois grandes grupos, um com 60 cães de raças braquicefálicas e outro com 60 cães de raças não braquicefálicas. O grupo de braquicefálicos foi

composto por cães da raça Lhasa Apso (21), Shih-Tzu (14), Pug (13) e Boxer (12); já o grupo de não braquicefálicos de: Dachshund (11), Pinscher (17), Poodle (20) e Labrador (12). Ainda como critério de inclusão foram considerados apenas cães adultos (com pelo menos um ano de idade) para excluir outras doenças congênitas e as alterações de desenvolvimento. O sexo dos animais não foi levado em consideração no presente estudo. Por ocasionalidade do serviço veterinário da instituição, todos os animais possuíam algum tipo de sintomatologia neurológica como subsídio para encaminhamento para o setor de Diagnóstico por Imagem pelo atendimento clínico, sendo conseqüentemente submetidos à RM.

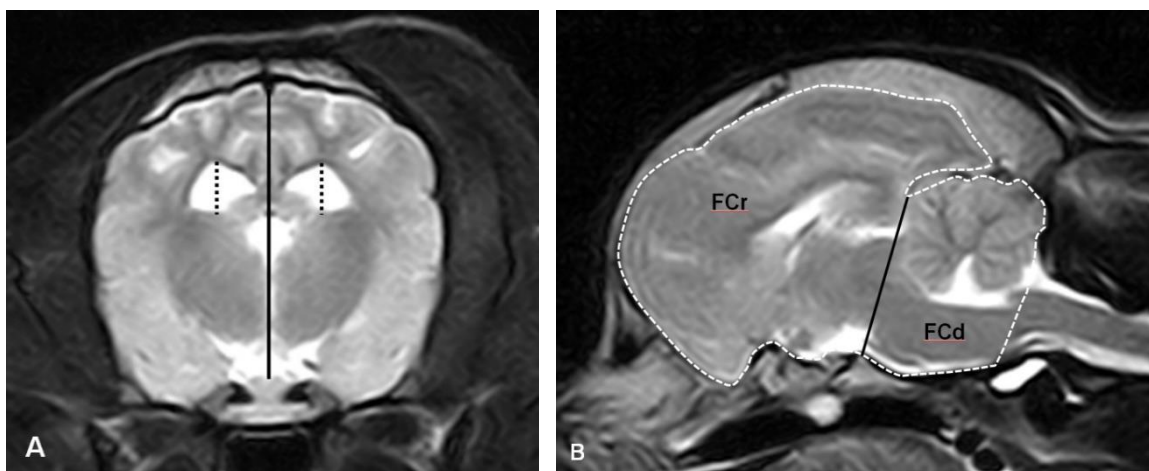
## *2.2. Técnica imagiológica e Método de avaliação*

Por se tratar de um estudo retrospectivo, todos os exames de RM utilizados foram realizados seguindo todos os protocolos instituídos pelos serviços de Diagnóstico por Imagem e Anestesiologia da instituição para estes procedimentos. Os exames selecionados aqui advêm de animais os quais passaram por anestesia geral e foram monitorados durante todo o procedimento e até recuperação anestésica pela equipe de anestesiologia do hospital levando em consideração as necessidades individuais e o estado clínico de cada paciente.

O aparelho utilizado foi o ESAOTE MRI VET GRANDE do Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, *Campus* de Botucatu. Foram preconizadas para análise no presente trabalho as imagens sagitais ponderadas em T1 e T2. As alterações morfológicas e o estudo morfométrico foram baseados na literatura disponível, considerando: a presença de EM e ventriculomegalia; a presença de SM; a área da fossa caudal (AFCD), área da fossa cranial (AFCR) e a área total encefálica (ATE); o tamanho da abertura do FM; a presença de herniação de estruturas encefálicas pelo FM, o conteúdo dessa herniação e o seu tamanho; o diâmetro do cerebelo, o comprimento da indentação occipital (IO) e o índice de compressão cerebelar (ICC); o índice de *kinking* medular (IKM) calculado utilizando o diâmetro do canal medular e a altura da compressão medular feita pelo processo odontóide do osso axis; o ângulo da protuberância occipital

(APO); o ângulo de elevação medular (AEM) na altura da medula oblonga e a posição obex.

A altura ventricular lateral e a altura do encéfalo foram mensuradas em imagens transversais no nível do forame de Monro (SACHIE *et al.*, 1997), que se caracteriza pela comunicação entre o terceiro ventrículo e os ventrículos laterais (Figura 5 – A). Para a confirmação da topografia foram avaliadas concomitantemente tanto imagens ponderadas em T1 quanto em T2. A relação entre a altura do ventrículo e do encéfalo caracteriza a ventriculomegalia lateral em: sem alteração de dimensão (0-14%), moderadamente dilatado (15%-25%) e severamente dilatado (>25%). Para a presença de EM foi considerada a presença de desvio do eixo sagital médio em imagens transversais, analisando toda extensão encefálica. Foram aferidas ainda, dentre as avaliações dimensionais do encéfalo AET, AFCR e AFCD em sequências sagitais ponderadas em T2 comparando-se a representatividade espacial das fossas cranial e caudal dentro do escudo ósseo craniano (Figura 5 – B).



**FIGURA 5** – A: mensuração das alturas do ventrículo em linha pontilhada (em casos de assimetria ventricular foi considerada a maior altura) e do encéfalo em topografia sagital média em linha contínua. B: A linha pontilhada branca evidencia o contorno do encéfalo para mensuração de sua área total, já a linha contínua preta separa as fossas cranial e caudal. Fonte: de autoria própria.

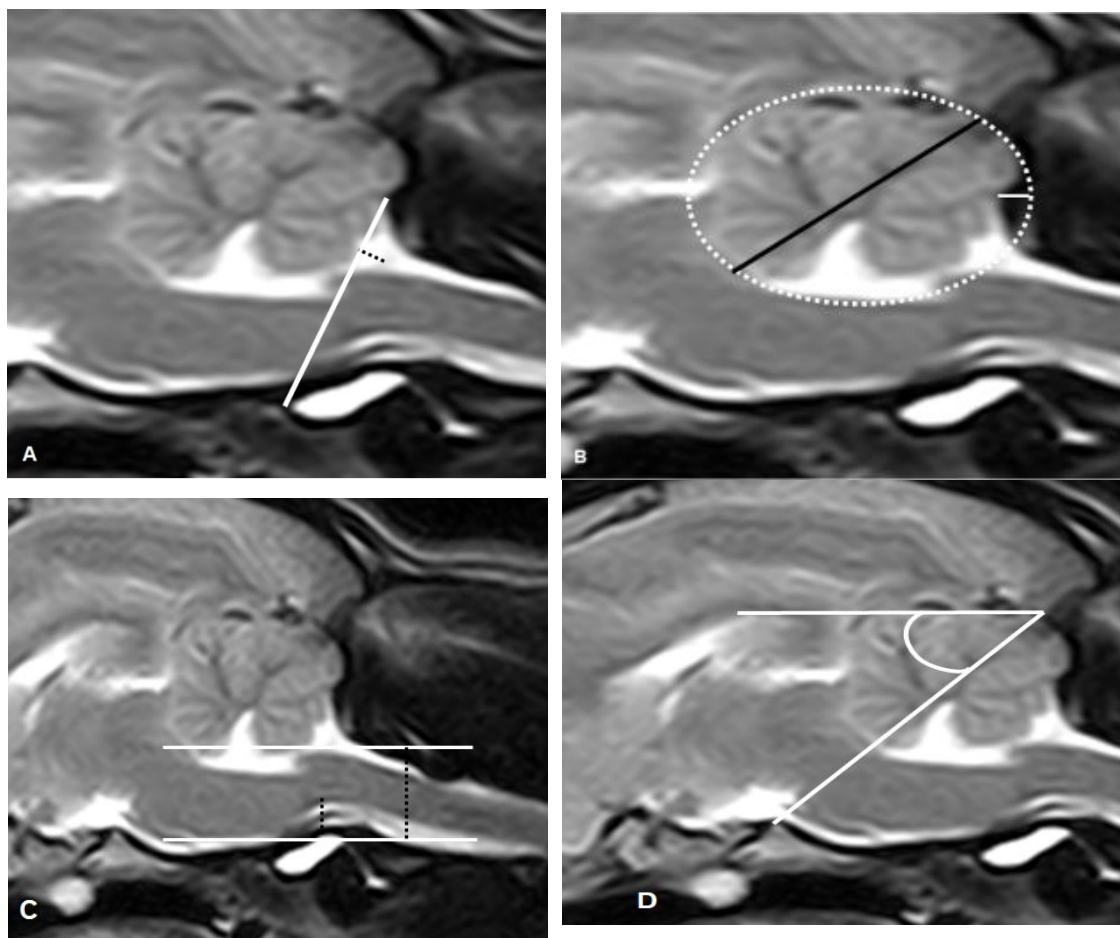
A mensuração do FM (Figura 6 – A) foi feita a partir de sua delimitação em imagem sagital T2 traçando-se uma reta desde o limite rostral do osso supraoccipital até o aspecto mais caudal do osso basioccipital. A partir desta

reta foi possível avaliar a presença e o conteúdo de uma herniação pelo FM, além de mensurar o comprimento dessa protrusão (KROMHOUT *et al.*, 2015).

Foram mensurados o diâmetro cerebelar e a compressão do cerebelo a partir da IO, baseada nos limites de um círculo traçado dentre as bordas do cerebelo e o aspecto mais rostral do osso supraoccipital (Figura 6 – B). Dividindo-se a IO pelo diâmetro do cerebelo e multiplicando este resultado por 100 foi possível determinar o ICC (MARINO *et al.*, 2012).

O IKM foi dado pela relação entre a elevação da medula pelo processo odontóide do osso axis e o diâmetro dos limites da medula em corte transversal T2 na mesma topografia (Figura 6 – C), sendo o resultado multiplicado por 100 (MARINO *et al.*, 2012). O sinal de *kinking* medular está entre os mais consideráveis achados de imagem de RM em casos de MOC, diretamente relacionado à compressão e comprometimento do fluxo liquórico medular que pode levar à SM (MAI, 2018).

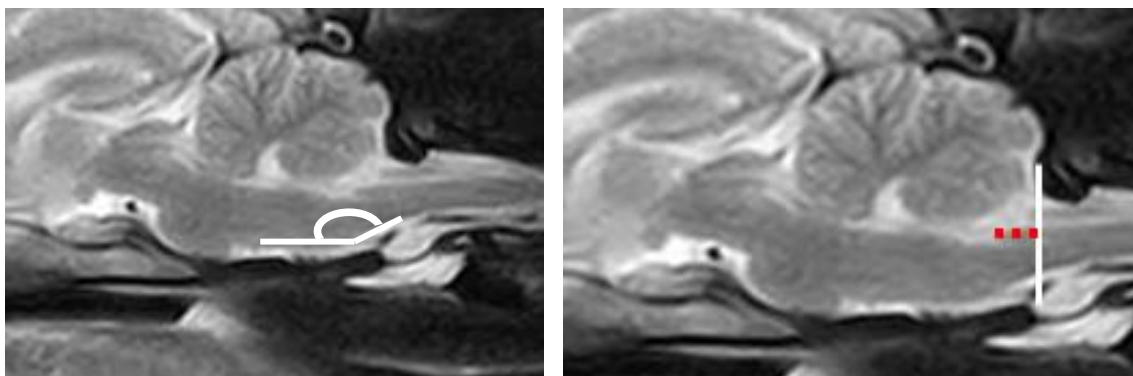
Outro parâmetro utilizado na avaliação da coarctação da fossa caudal foi o AIO (Figura 6 – D), aferido a partir da protuberância occipital interna entre uma linha traçada paralela ao tentório cerebelar e outra que se estende ao nível do aspecto caudal do diafragma da sela túrcica (CARRERA *et al.*, 2009).



**FIGURA 6** – A: A linha branca traçada entre os limites dos ossos supraoccipital e basioccipital limitam o FM e a linha pontilhada preta mensura o tamanho da herniação. B: Traçado o círculo branco pontilhado dentre os limites do cerebelo, a linha contínua preta indica o diâmetro do cerebelo e a linha contínua branca a IO. C: As linhas contínuas brancas entre os limites da medula na altura da transição craniocervical permitem delimitar a altura da compressão cerebelar pelo processo odontóide do osso axis e o diâmetro medular, ambos representados pelas linhas pretas pontilhadas. D: O ângulo aferido a partir da topografia da protuberância occipital indica a posição cerebelar dentro da fossa caudal pela elevação do tentório cerebelar em relação ao aspecto caudal da sela túrcica. Fonte: de autoria própria.

Além do IKM, a avaliação da medula oblonga, ou bulbo, também foi feita pelo ângulo entre suas margens ventral e caudal para quantificar a elevação da medula na altura da junção cervicomedular, o AEM (Figura 7 - A). Por último, a Posição Obex foi calculada mensurando a distância entre o Obex, que é a borda mais caudodorsal do quarto ventrículo, e os limites do FM (Figura 7 – B), delimitado por uma linha paralela à junção cervicomedular (CERDA-GONZALEZ, OLBY & GRIFFITH, 2015). Todas as mensurações foram feitas

por um observador (AFM).



**FIGURA 7** – A: O esboço em linhas brancas indica o ângulo feito pelas margens ventrocaudais da medula oblonga, indicando o IEM. B: A linha pontilhada vermelha indica a distância Obex, que é a distância entre o aspecto mais dorsocaudal do quarto ventrículo e os limites do FM.

### 2.3. Análise estatística

As alterações volumétricas elencadas foram comparadas através da análise variância ( $P < 0,05$ ) para os parâmetros morfométricos estudados, e quando houve significância, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). As características qualitativas foram comparadas entre si pelo teste de qui-quadrado ( $P < 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS

Os 120 animais do presente estudo foram divididos em dois grupos. O G1 composto por 60 cães braquicefálicos e o G2 por 60 cães não braquicefálicos. Todos eles possuíam algum tipo de sintomatologia neurológica para serem submetidos ao exame de RM no serviço hospitalar da instituição. Dependendo do tipo de conteúdo encontrado nas herniações foram classificados os resultados relativos aos tipos de Chiari conforme é feito para pacientes humanos.

Dos 120 cães estudados, 49 cães braquicefálicos apresentaram algum tipo de herniação pelo FM, isso corresponde a 81,7% dos pacientes do G1 e 40,8% do total. Em 60% (13) dos exames observou-se que a herniação foi de conteúdo encefálico com ou sem meningocele (Chiari Tipos I ou II), o que foi

estatisticamente superior ( $p < 0,001$ ) aos 21,7% (12) com a presença de apenas a meningocele (Chiari Tipo III) e 18,3% (11) não mostraram herniação. Em 37 exames de cães não braquicefálicos foi identificada essa herniação, representando 61,7% do G2 e 30,8% do total. Não houve diferença estatística entre os tipos de Chiari para o segundo grupo (33,3% apresentaram Tipo I ou II, 28,3% Tipo III e 38,3% sem MOC).

As alterações de dimensão encefálica encontradas foram divididas entre EM, Ventriculomegalia Lateral Moderada (VLM), VLM+EM, Ventriculomegalia Lateral Severa (VLS), VLS+EM e ainda aqueles pacientes sem alteração de dimensão evidente (SADE). O G1 apresentou 2 (3,3%) animais com apenas EM, 24 (60%) com VLM, 5 (8,3%) com VLM+EM, 12 (20%) com VLS, 6 (10%) com VLS+EM e 11 (18,3%) SADE. O G2 não teve casos com apenas EM, 17 (28,3%) animais apresentaram VLM, 4 (6,7%) VLM+EM, 12 (10%) VLS, 6 (10%) com VLS+EM e 21 (35%) SADE. A maior porcentagem de SADE em cães não braquicefálicos foi significativa ( $P = 0,0025$ ).

Foram comparadas as raças com os tipos de alteração dimensional encontradas nos exames. No G1, os cães das raças Lhasa Apso, Shih-Tzu e Pug apresentaram relação significativa dentre as alterações de dimensão encefálica ( $P < 0,0001$ ). Em 71,4% dos cães da raça Lhasa Apso foi observada alteração de dimensão encefálica (VLM: 38,1%, VLM+EM: 9,5%, VLS: 14,3%, VLS+EM: 9,5% / SADE: 28,6%), em 78,6% dos Shih-Tzu (VLM: 57,1%, VLS: 7,1%, VLS+EM: 14,3% / SADE: 21,4%) e em 92,3% dos Pug (VLM: 46,2%, VLM+EM: 7,7%, VLS: 38,5% / SADE: 7,7%); em 91,8% dos Boxes (EM: 16,4%, VLM: 16,7%, VLM+EM: 16,7%, VLS: 25%, VLS+EM: 16,7% / SADE: 8,3%), embora sem diferença estatística ( $P = 0,1381$ ) dentre elas.

Já no G2, todas as raças apresentaram alterações dimensionais com diferença estatística entre elas ( $P < 0,0001$ ). Em 65% dos Poodle foi vista alteração de dimensão encefálica (VLM: 25%, VLM+EM: 5%, VLS: 25%, VLS+EM: 10% / SADE: 35%), em 88,2% dos Pinscher (VLM: 41,2%, VLM+EM: 11,8%, VLS: 29,4%, VLS+EM: 5,9% / SADE: 11,8%), em 63,6% dos Dachshund (VLM: 36,4%, VLS: 18,2%, VLS+EM: 9,1% / SADE: 36,4%) e em 33,3% dos Labradores (VLM: 8,3%, VLM+EM: 8,3%, VLS+EM: 16,7% / SADE: 66,7%).

Quando comparados os grupos e as diferentes variáveis morfométricas estudadas, apenas a AFCD ( $P = 0,003$ ), o AEM ( $P = 0,001$ ) e comprimento do FM ( $P < 0,001$ ) obtiveram diferença estatística. A AFCD no G1 obteve em média  $653,8 \text{ mm}^2$  ( $DP = 145,5$ ) e  $576,5$  ( $DP = 310,8$ ) no G2; o AEM  $155,1^\circ$  ( $DP = 7,9$ ) no G1 e  $150,7$  ( $DP = 6,9$ ) no G2; e a abertura do FM  $19,2 \text{ mm}$  ( $DP = 2,6$ ) no G1 e  $17,3 \text{ mm}$  ( $DP = 3,4$ ) no G2. A tabela a seguir mostra a comparação entre os grupos e a média de todas as variáveis morfométricas analisadas no estudo.

**TABELA 1** Comparação entre os grupos de cães braquicefálicos e não braquicefálicos com variáveis morfométricas para MOC

	IO	ICC	IKM	AEM	APO	ATE	AFCR	AFCD	FM	Obex
<b>G1</b>	2,2 ± 1,1	9,4 ± 3,9	35,5 ± 14,1	155,1 ± 7,9	50,0 ± 6,8	2327,5 ± 572,7	1683,9 ± 462,1	653,8 ± 145,5	19,2 ± 2,6	2,7 ± 3,1
	1,9 ± 0,7	8,4 ± 2,9	32,8 ± 8,6	150,7 ± 6,9	49,5 ± 6,0	2205,5 ± 524,4	1628,9 ± 428,1	576,5 ± 310,8	17,3 ± 3,4	3,1 ± 1,6
<b>P</b>	0,146	0,135	0,212	0,001*	0,672	0,227	0,500	0,003*	<0,001*	0,237

\* Valores com alto grau de correlação

Legenda: IO: Indentação Occipital; ICC: Índice de Compressão Cerebelar; IKM: Índice de Kinking Medular; AEM: Ângulo de Elevação Medular; APO: Ângulo da Protuberância Occipital; ATE: Área Total Encefálica; AFCR: Área da Fossa Cranial; AFCD: Área da Fossa Caudal; FM: Forame Magno; Obex: Posição Obex.

Ao comparar as alterações de dimensão encefálicas com o conteúdo da herniação, a presença de porção do cerebelo com presença de meningocele (48,3%), apenas meningocele (21,7%) e apenas porção do cerebelo (11,6%) no G1 apresentaram importância significativa ( $P < 0,05$ ). No grupo 2, essa relevância foi notada dentre os animais sem herniação (38,3%) e com presença apenas de meningocele (28,3%).

Foram comparadas a presença de alteração dimensional com a presença ou ausência de SM. No primeiro grupo apenas 15 % dos animais apresentaram SM ( $P < 0,0001$ ), sendo que 55,6% desses indivíduos possuíam

VLS; Em 85 % das RM mostrou-se ausência deste quesito ( $P < 0,0001$ ). No segundo grupo 61,7% dos animais apresentaram SM ( $P = 0,0003$ ), sendo as maiores porcentagens entre aqueles com VLM (35,14%) e VLS (24,32%); em 38,33% ( $P < 0,0001$ ) não foi identificada a SM.

Os sinais clínicos mais encontrados foram: convulsão (64,2%), déficit proprioceptivo (35%), andar em círculos (25,8%) e Ataxia (31,7%). Outros sinais clínicos apareceram com menor frequência, como desequilíbrio (17,5%), andar compulsivo (16,7%), depressão (15,8%) alteração de comportamento (15%), diminuição da sensibilidade nasal (13,3%), diminuição do reflexo pupilar (13,3%), tetraparesia (12,5%), estrabismo (11,7%), paresia (11,7%), head tilt (10,8%), hipermetria (10%) e apatia (10%). Outros sinais clínicos apareceram com frequência menor que 10%. O “sinal de coceira fantasma” não foi descrito em nenhuma ficha clínica avaliada no estudo.

#### **4. DISCUSSÃO**

A presença de MOC entre cães braquicefálicos (81,7%) e não braquicefálicos (61,7%) foi alta, sendo a maior porcentagem com diferença significativa com a presença de Chiari tipo I ou II no G1. Neste mesmo grupo, quando comparada às alterações de dimensão encefálica, 48,3% dos casos herniaram conteúdo cerebelar com meningocele. Desta maneira, cães com sintomatologia neurológica e alteração dimensional encefálica parece ter mais predisposição para Chiari tipo II. Embora não classificada em qual tipo predominante em cães na literatura, em humanos a Malformação de Chiari Tipo I é a mais comumente encontrada e geralmente é um achado de imagem, já que a maioria desses casos é assintomática (MCCLUGAGE & OAKES, 2019).

As ventriculomegalias apresentaram maior porcentagem entre os cães braquicefálicos que os não-braquicefálicos. Embora essa patogenia não seja bem comprovada, teoriza-se que essa tendência venha de uma combinação da redução da absorção do líquido nessas raças pelos vasos linfáticos, pela diferença da complacência parenquimatosa neural, estenose venosa intracraniana, constrição de abertura de vias liquóricas laterais, alteração estrutural da junção cervicomedular e estenose do aqueduto mesencefálico

(DELAHUNTA, GLASS & KENT, 2014).

Se o fato de as alterações conjuntas à braquicefalia parecem predispor as ventriculomegalias (DELAHUNTA, GLASS & KENT, 2014) e baseando-se no fato de que a comparação alométrica do esqueleto é fidedigna (ALPAK, MUTUS & ONAR, 2004), os cães não braquicefálicos e com maior porte tendem a ter menos alterações ligadas à estase líquórica. Isso foi possível notar pelo menor índice de alterações de dimensão encefálica pontuado estar entre os labradores (33,3%), mas não entre os boxers (91,8%). Outra fonte que corrobora esse argumento foi um estudo volumétrico mostrando que cães da raça labrador possuíam volume das estruturas da fossa caudal menor que de braquicefálicos, incluindo CKCS (CROSS *et al.*, 2009), assim sua fossa caudal também parece acomodar melhor as estruturas neurais por ser mais alongada, usando uma comparação alométrica aos seus ossos longos. Isso também explicaria porque a AFCD dos cães braquicefálicos (G1:  $653,8 \pm 145,5$ ; G2:  $576,5 \pm 310,8$ ) foi maior no presente estudo, mesmo que com uma pequena diferença, mas de maneira significativa ( $P = 0,003$ ).

O tamanho da abertura do FM foi aferido no corte mais sagital, correspondendo à área de maior largura possível detectada em cada exame. Em média, a maior altura foi notada em cães de raças braquicefálicas, medindo 19,2 mm (DP = 2,6) no G1 em comparação a 17,3 mm (DP = 3,4) no G2, com significância estatística. Essa diferença possivelmente vem de encontro à presença de uma variação da conformação do FM em cães braquicefálicos, os quais apresentam uma concavidade em sua superfície dorsal, denominado “Dorsal Notch”, dando a ele uma aparência de fechadura. Os cães não braquicefálicos possuem em geral forames magnos de aspecto arredondado ou ovalado (CZUBAJ *et al.*, 2019).

Quanto mais pronunciada a braquicefalia, maior também é a rotação ventral do encéfalo. Consequentemente, por questão espacial dentro do crânio, maior é a altura encefálica e, por compressão interna, mais larga fica a fontanela bragmática (a do topo do crânio) e mais retardado o seu fechamento. Em contraponto, a orofaringe aparece deslocada caudalmente, deslocando caudodorsalmente o assoalho do encéfalo, formando um ângulo mais fechado em relação à medula (Knowler, Galea & Rusbridge, 2018). Se analisado como um espelho, isso explicaria o AEM na altura da medula oblonga ser mais aberto

em média, com significância estatística ( $P < 0,01$ ), em cães braquicefálicos quando comparado aos cães não braquicefálicos apresentados nesse estudo. Esse é mais um fator que contribui para coarctação caudal do encéfalo e predisponente à sua herniação pelo FM.

A crista occipital é menor e o osso supraoccipital é mais curto, além de posicionar-se mais verticalmente em cães braquicefálicos por falha na sua ossificação. Estas características, além de fazerem o osso atlas estar mais próximos do crânio, ajudam a coarctação da junção craniocervical (Knowler, Galea & Rusbridge, 2018). Embora essas alterações estruturais em braquicefálicos já tenham sido descritas por outros autores, no presente estudo não foi encontrada diferença significativa no APO e nem no ICC quando comparados os dois grupos. Também não foi notada alteração significativa no IKM entre os grupos. Embora apontado como um dos principais indicadores morfométricos para MOC (MARINO *et al.*, 2012), o IKM parece não ter relação com a braquicefalia quando comparados no presente estudo.

Os valores da posição de obex não tiveram diferença significativa entre o G1 e o G2, mas a maior média esteve entre os cães não braquicefálicos ( $3,1 \pm 1,6$  mm). Em cães CKCS, a posição obex  $\leq 3,5$  foi sensível e altamente específica para a presença de SM; os cães com SM possuíam em média posição obex  $4,1 \pm 0,8$  mm (CERDA-GONZALEZ, OLBY & GRIFFITH, 2015).

No primeiro grupo apenas 15% dos casos apresentaram SM, sendo que mais da metade desses casos ocorreram em cães com ventriculomegalia lateral severa. Aparentemente apenas o aumento acentuado das dimensões encefálicas predispõe a estenose dos canais liquóricos a ponto de diminuir o seu fluxo e levando à SM, conforme já havia sido suspeitado por outros autores (Rusbridge *et al.*, 2000). Cães com MOC, mas sem SM apresentam sinais clínicos sugestivos de dor neuropática diferente do visto em humanos, mas essa patogenia ainda permanece pouco explicada (SPARKS *et al.*, 2017).

O sinal clínico mais descrito na literatura em cães com MOC é o “sinal de coceira fantasma”, que não foi identificado nas fichas clínicas neurológicas dos animais compilados no presente estudo, assim como apneia, disfonia, paralisia facial e falha no reflexo de deglutição (Hechler & Moore, 2018). Em contrapartida, convulsão que não é descrito como um sinal da doença foi o mais encontrado, em 64,7% dos casos. Embora déficit proprioceptivo,

estrabismo e ataxia descritos como sinais clínicos de MOC foram constatados, outros sinais como desequilíbrio (17,5%), andar compulsivo (16,7%), depressão (15,8%), alteração de comportamento (15%), diminuição da sensibilidade nasal (13,3%), diminuição do reflexo pupilar (13,3%), tetraparesia (12,5%), paresia (11,7%), head tilt (10,8%), hipermetria (10%) e apatia (10%) surgiram em pelo menos 10% das fichas clínicas dos pacientes. Paralisia unilateral de língua apareceu apenas em 4,2% dos casos.

Levando em consideração que a maior porcentagem dos cães com MOC, aumento dimensional encefálico e maior abertura do FM estar entre os braquicefálicos e que os sinais clínicos mais observados nesse estudo não vieram de encontro aos mais descritos em animais com MOC, supõe-se que a herniação de conteúdo encefálico com ou sem a formação de meningocele é recorrente em cães braquicefálicos e que a MOC pode estar sendo pouco notificada ou camuflada nessas raças quando há presença de alguma doença que acometa o sistema nervoso capaz de causar sintomatologia neurológica.

Outro aspecto importante a se ponderar ao considerar o diagnóstico da MOC no Brasil é que tanto o uso de técnicas avançadas de imagem como a RM, quanto a inserção de raças braquicefálicas no cenário nacional é relativamente recente, e, neste segundo caso, massiva. Assim é necessário atentar-se durante a abordagem clínica para as alterações relativas à braquicefalia que antes não eram comumente vistas no atendimento local e adicionar a MOC e a SM como diagnósticos diferenciais em animais com sintomatologia neurológica para não deixar sinais como o de “coceira fantasma” também serem subnotificados. O autor acredita que esse seja o motivo pelo qual esse sinal não foi caracterizado nas fichas avaliadas nesse estudo.

Uma limitação encontrada foi que, por se tratar de um estudo retrospectivo baseado na casuística do hospital da instituição, todos os pacientes encaminhados para RM possuíam algum tipo de alteração neurológica para sugestão da realização do exame e esse fator limitou a formação de um grupo com animais hígidos para comparação. O fator retrospectivo também dificultou que os grupos fossem formados com o mesmo número de animais em cada raça ou que, por falta de quantidade de indivíduos, fossem formados um grupo de dolicocefálicos e outro de mesocefálicos ao

invés do grande grupo de cães não braquicefálicos.

Uma mesa redonda organizada pelo Clube do Cavalier King UK na Conferência Internacional de Siringomielia na Royal Veterinary College em Londres no Reino Unido, em 2006, discutiu a melhor maneira de nomear a doença em cães. Segundo a associação e os veterinários convidados para a discussão, a melhor maneira adotada seria, em inglês, *Chiari-like malformation* e *syringomyelia*, com as siglas CM/ SM. A razão seria porque o termo Chiari é o utilizado para descrever a doença na espécie humana e mais comumente utilizada nas publicações científicas, o *like* demonstra que é similar na espécie canina, que os nomes podem ser facilmente abreviados em CM/ SM, facilitando a comunicação entre criadores e tutores, e ainda que CM poderia ser usado separadamente para referir a casos de cães que não tivessem SM concomitante (CAPELLO & RUSBRIDGE, 2007).

Na Medicina Veterinária encontra-se certa resistência ao uso de substantivos próprios em nomes de doenças, principalmente no Brasil, além de o termo Chiari remeter fortemente esta alteração em humanos. Os cães ainda possuem uma grande variedade de tamanhos e conformações craniadas, com características nas variações raciais fortemente marcadas, abrindo uma grande lacuna de questionamentos sobre o quão importante a herniação cervicomedular é em cada uma delas e quais seriam os padrões morfométricos mínimos para se diagnosticar Chiari em um cão. Outro fator importante é a posição horizontal do corpo canino que retira o peso do encéfalo causado pela gravidade pelo posicionamento vertical do corpo humano.

Assim, são necessários estudos afim de estruturar o conceito da MOC em cães levando em consideração a grande variação anatômica craniana encontradas em indivíduos da mesma espécie, o tamanho da fossa caudal dos diferentes cães, a posição horizontal do corpo, a variação da abertura do FM associado a braquicefalia, a herniação de diferentes estruturas encefálicas e a sintomatologia nesses animais para que a classificação seja moldada de maneira fidedigna nesta espécie, pois a terminologia Chiari, mesmo em tom comparativo, parece muito genérica para os cães.

Também são necessários novos estudos prospectivos para avaliação da presença da MOC em cães braquicefálicos e não braquicefálicos hípidos para melhor elucidação desta condição como um achado imagiológico esperado

em cães braquicefálicos, para o refinamento diagnóstico clínico e maior auxílio no tratamento desses animais.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil (código de financiamento 001). Agradecemos também a todos os profissionais direta ou indiretamente relacionados a este projeto, mas principalmente a aqueles que contribuíram com sua experiência e entusiasmo para fazer pesquisa e gerar conhecimento.

## **CONFLITO DE INTERESSES**

Os autores declaram não ter conflito de interesse.

## **REFERÊNCIAS**

Mai W. Diagnostic MRI in dogs and cats. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2018. 778.

Chiari H. Concerning alterations in the cerebellum resulting from cerebral hydrocephalus. *Pediatr Neurosci* 1987;13:3–8.

Langston TH, Ulrich B. Chiari malformation and syringomyelia. *J Neurosurg Spine* 2019 31(5):619-628.

Cappello R, Rusbridge C. Chiari-Like Malformation and Syringomyelia Working Group. Report from the Chiari-Like Malformation and Syringomyelia Working Group round table. vol. 36. *Blackwell Publishing Inc* 2007:509–512.

Hechler AC, Moore, SA. Understanding and Treating Chiari-like Malformation and Syringomyelia in Dogs. *Topics in Companion Animal Medicine* 2018 33(1), 1-11.

Elliott I, Skerritt G. Handbook of Small Animal MRI. Hoboken, New Jersey: Wiley-Blackwell; 2010. 177 p.

Sachie K, Yuji U, Yasuho T, Munekazu N, Akira T, Hisashi I; Takafumi O. Magnetic Resonance Imaging of the Lateral Ventricles In Beagle-Type Dogs. *Vet Rad Ultr* 1997;38(6):430–433.

Kromhout K, Van Bree H, Broeckx BJB, Bhatti S, Decker S, Polis I, Gielen I. Low-Field Magnetic Resonance Imaging and Multislice Computed Tomography for the Detection of Cervical Syringomyelia in Dogs. *J Vet Intern Med* 2015; 29:1354-1359.

Marino DJ, Loughin CA, Dewey C W, Marino LJ, Sackman JJ, Lesser ML, Akerman MB. Morphometric features of the craniocervical junction region in dogs with suspected Chiari-like malformation determined by combined use of magnetic resonance imaging and computed tomography. *Americ J Vet Res* 2012;73:105.

Carrera I, Dennis R, Mellor DJ, Penderis J, Sullivan M. Use of magnetic resonance imaging for morphometric analysis of the caudal cranial fossa in Cavalier King Charles Spaniels. *Americ J Vet Res* 2009;70:340.

Cerda-Gonzalez S, Olby NJ, Griffith EH. Medullary Position at the Craniocervical Junction in Mature Cavalier King Charles Spaniels: Relationship with Neurologic Signs and Syringomyelia. *J Vet Int Med* 2015;29(3):882–886.

McCluggage SG, Oakes WJ. The Chiari I malformation. *J Neuros: Pediatrics* 2019;24(3):217–226.

DeLahunta A, Glass E, Kent M. Cerebrospinal Fluid and Hydrocephalus. In *Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology*. Saint Louis: Elsevier 2014. 101 p.

Alpak H, Mutuş R, Onar V. Correlation analysis of the skull and long bone

measurements of the dog. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger* 2004;186(4), 323–330.

Cross HR, Cappello R, Rusbridge C. Comparison of cerebral cranium volumes between cavalier King Charles spaniels with Chiari-like malformation, small breed dogs and Labradors. *Journal of Small Animal Practice* 2009;50:399–405.

Czubaj N, Sokolowski W, Barszcz K, Skibniewski M, Kinda W, Kupczynska M. Morphological variation of the osseous structures of the caudal cranial fossa (CCF) of dog's skulls assessed via computed tomography (CT). Presented in Basel, Switzerland: Abstracts Of The European Veterinary Diagnostic Imaging (Evidi) Congress 2019. *Wiley*. 20 p.

Knowler SP, Galea GL, Rusbridge C. Morphogenesis of Canine Chiari Malformation and Secondary Syringomyelia: Disorders of Cerebrospinal Fluid Circulation. *Front. Vet. Sci.* 2018, 5.

Rusbridge C, MacSweeney JE, Davies JV, Chandler K, Fitzmaurice SN, et al. Syringohydromyelia in Cavalier King Charles spaniels. *J Am Anim Hosp Assoc* 2000;36: 34–41.

Sparks CR, Cerda-Gonzalez S, Griffith EH, Lascelles BDX, Olby NJ. Questionnaire-based analysis of owner-reported scratching and pain signs in cavalier King Charles spaniels screened for chiari-like malformation and syringomyelia. *J Vet Intern Med* 2017;50:37–9.