

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**ESTUDO NEUROANATÔMICO DO ENCÉFALO BOVINO POR  
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

LAÍS MELICIO CINTRA BUENO

Botucatu, SP

Junho, 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**ESTUDO NEUROANATÔMICO DO ENCÉFALO BOVINO POR  
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

LAÍS MELICIO CINTRA BUENO

Dissertação apresentada junto ao programa de  
Pós-Graduação em Biotecnologia Animal  
para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Ass. Dra. Vânia Maria de Vasconcelos Machado

Botucatu, SP

Junho- 2015

Nome do Autor: Laís Melicio Cintra Bueno

Título: ESTUDO NEUROANATÔMICO DO ENCÉFALO BOVINO POR  
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

### COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Ass. Dra. Vânia Maria de Vasconcelos Machado

Presidente e Orientadora

Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária

FMVZ- UNESP- Botucatu

Profa. Dra. Maria Cristina Ferrarini Nunes Soares Hage

Membro

Departamento de Diagnóstico por Imagem

Universidade de São Paulo - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de  
Alimentos - Curso de Medicina Veterinária

Prof. Ass. Dr. Seizo Yamashita

Membro

Departamento de Doenças Tropicais e Diagnóstico por Imagem

FMB- UNESP- Botucatu

Exame de defesa: 22 de Junho 2015

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Paulo Cintra Bueno e Joceneine Maria Melicio Cintra Bueno, pelo apoio, confiança, incentivo e amor incondicional. Vocês são meu alicerce.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a DEUS que me abençoou tanto, fez muitos milagres em minha vida e provou que nada é impossível quando se tem fé.

Aos meus pais Paulinho e Jô pelo infinito apoio dado em toda a minha vida acadêmica, pelo incentivo a cada dia quando a dificuldade aparecia e por depois comemorar comigo todas as vitórias a cada passo dado. Se cheguei até aqui é porque vocês investiram na minha educação e me ensinaram a ser uma pessoa guerreira. Obrigada pelo exemplo maravilhoso de pessoas que lutaram e venceram honestamente. Vocês são o meu tudo. Obrigada pela paciência, aguentando a minha braveza e irritação em alguns momentos (quase todos). Por me ouvirem sempre e me darem o melhor para que eu pudesse ser essa pessoa que sou.

Aos demais da minha família também pelo apoio, ensinamentos de vida e carinho. Gratidão.

A minha orientadora Professora Dra. Vânia de Vasconcelos Machado por me oferecer a grande oportunidade de realizar esse mestrado nesta instituição e confiar no meu potencial para efetuar-lo. Por todas as oportunidades profissionais que me fizeram crescer imensamente neste dois anos. Por enfrentar comigo, sem me desamparar, todos os desafios da pesquisa mostrando os melhores caminhos a seguir e atitudes a tomar. Obrigada pela infinita dedicação.

Ao Professor Dr. Luiz Antônio de Lima Resende por imensa dedicação em me ensinar os conhecimentos neuroanatômicos, ensinar-me a verdadeira norma descritiva de estruturas baseada no modo alemão e japonês e tornar nossos momentos juntos tão agradáveis adicionando conhecimentos da história mundial, filosofias e conhecimentos gerais. Pela gentileza de ir buscar os encéfalos frescos na cidade de Penápolis-SP e aos cortes impecáveis dos encéfalos. Não esquecerei das muitas fichas de café quando a serotonina já não estava mais atuando, obrigada. Enfim, pela disponibilidade e paciência com a “Vaca Sagrada”.

Ao Heraldo André Catalan Rosa, técnico do Setor de Ressonância Magnética do Departamento de Diagnóstico por Imagem pela execução do trabalho com êxito e pelas explicações profundas desse método diagnóstico. Pela paciência e comprometimento com a pesquisa.

A Professora Dra. Maria Denise Lopes que despertou o meu interesse pela pesquisa, mostrou-me o caminho para o sucesso e me deu a oportunidade de realizar uma iniciação científica tão prazerosa. Obrigada por nunca me desamparar, estar sempre disposta a me ouvir e ao meu lado mesmo estando ocupada com os deveres de vice- diretora desta instituição.

As minhas amigas de departamento e pessoais por aguentarem os meus desabafos e minhas infinitas reclamações. Obrigada pela força, companhia e por me apoiarem nos momentos mais difíceis além dos cafezinhos e papos. Ao Moisés da Motta Pinheiro pela paciência quando estive dispersa, nervosa e sem tempo. Pelos diversos rodízios de comida japonesa para me alegrar.

A Universidade Estadual Paulista de Botucatu, minha segunda casa, por oferecer a oportunidade de realizar mestrado na área de Ressonância Magnética, primeira do Brasil.

Ao serviço de fotografia da Unesp, Silvio Manoel e Silvio Júnior pela disponibilidade e de realizar as fotografias com extrema qualidade. Obrigada pelo diferencial.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), fundação do Ministério da Educação (MEC), que desempenha papel fundamental na expansão e consolidação da pós-graduação stricto sensu (mestrado e doutorado) em todos os estados da Federação pela bolsa de mestrado concedida.

E, finalmente, a todos que, de uma certa forma ou de outra, me ajudaram a chegar até aqui. Muito obrigada.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 -** Em A e B, aspecto dos bulbos olfatórios de bovino adulto normal na RM (T1). Em C e D, região aproximada dos orifícios anatômicos que penetram no encéfalo (C, FLAIR; D, T2), mostrados nas peças anatômicas do mesmo encéfalo em vista inferior, após remoção dos bulbos olfatórios (setas). 31
- Figura 2 –** Em A e B, corte sagital mostrando que o prolongamento anterior do corno frontal do ventrículo lateral se continua até a região do orifício anatômico do bulbo olfatório (A, T1; B, T2), mostrado na peça anatômica em D (seta). Em C, corte transversal da região dos núcleos da base correspondente às inserções de pinças anatômicas na mesma região, mostradas em E e F (T2). 32
- Figura 3 –** 1. Fissura longitudinal superior; 2. Giros corticais (substância cinzenta); 3. Substância branca; 4. Giros frontais inferiores. 32
- Figura 4 –** 1. Esplênio do corpo caloso; 2. Pernas do fórnix; 3. Tálamos; 4. Cápsula interna. 33
- Figura 5 –** Aparelho de Ressonância Magnética *ESAOTE 0.25 T Vet-MR GRANDE e* 44

bobina *C-shaped coil*.

**Figura 6 -**

Técnico do Setor de Ressonância Magnética do Departamento de Diagnóstico por Imagem e aluna de pós-graduação. Computador com software de recepção para transferência das imagens para o sistema *Synapse® Pacs*.

44



## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	5
INTRODUÇÃO.....	6
REVISÃO DE LITERATURA.....	9
1 Neuroanatomia bovina.....	9
2 Ressonância magnética (RM).....	10
3 Enfermidades.....	13
3.1 Encefalopatia espongiforme bovina/Doença Creutzfeldt-Jakob.....	13
3.2 Polioencefalomalacia (PEM).....	15
3.3 Raiva.....	17
3.4 Listeriose encefálica.....	18
3.5 Abscesso.....	18
3.6 Enfermidades cerebelares.....	19
3.7 Tumores.....	19
4 Considerações finais.....	19
<b>CAPÍTULO 2 – Trabalho científico</b> .....	21
<b>FIGURAS</b> .....	34
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	33
<b>Anexos</b> .....	43

BUENO, L.M.C. **Estudo neuroanatômico do encéfalo bovino por ressonância magnética**. Botucatu, 2015. 69p. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

## RESUMO

A imagem originada por ressonância magnética (MRI) revolucionou a medicina veterinária na área de diagnóstico por imagem. Tecnologia considerada atualmente como a metodologia mais sensível para análise de tecidos moles, como o encéfalo, ultrapassando os demais métodos diagnósticos. Essa tecnologia fundamenta-se no fenômeno da ressonância magnética nuclear que ocorre quando os núcleos atômicos com propriedades magnéticas presentes no corpo dos humanos e dos animais são submetidos a um campo magnético intenso. Suas vantagens na produção de imagens do encéfalo são método não invasivo, caracteriza-se por alta resolução, intenso contraste, plano bidimensional, em tons de cinza, produz menos artefatos e não utiliza formatos ionizantes de energia eletromagnética. Não apresenta riscos comprovados para o paciente e profissionais submetidos ao exame. Apesar da MRI ser a técnica de eleição para examinar o encéfalo, essas informações são escassas quando relacionadas com características anatômicas encefálicas em ruminantes domésticos. A finalidade deste estudo é descrever neuroanatomia encefálica bovina (*Bos taurus domesticus*) normal objetivando correlações com achados normais de ressonância magnética. Este trabalho reveste-se de importância pois, a definição neuroanatômica normal propiciará diagnósticos acurados de diferentes enfermidades traumáticas, vasculares, infecciosas, degenerativas ou neoplásicas, dentre outras. Os cérebros foram cuidadosamente extraídos e fixados em formol para cortes anatômicos convencionais. Cortes transversais e sagitais de MRI foram obtidos de duas cabeças frescas de bovinos adultos pelo aparelho *ESAOTE 0.25 T Vet-MR GRANDE* através da bobina *C-shaped coil* nas sequências efetuadas no plano transversal T1 e T2 no plano sagital, T1 e T2 e no plano dorsal. Após a aquisição, imagens foram transferidas em formato DICOM para o aplicativo

*Synapse*<sup>®</sup> *Pacs* e analisadas por um observador pelo programa *ClearCanvas Workstation*. As estruturas neuroanatômicas de maior interesse clínico foram indicadas segundo metodologia de Yokoshi & Rohen e nomeadas segundo textos de neuroanatomia.

**Palavras-chave:** MRI, neurologia veterinária, ruminante

BUENO, L.M.C. **Neuroanatomical study of bovine brain using magnetic resonance imaging**. Botucatu, 2015. 69p. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista

## **ABSTRACT**

Magnetic resonance imaging (MRI) has revolutionized veterinary medicine in the field of diagnostic imaging. Technology currently considered as the most sensitive method for the analysis of soft tissues such as the brain, bypassing the other diagnostic methods. This technology is based on nuclear magnetic resonance phenomenon that occurs when atomic nuclei with magnetic properties present in the body of humans and animals are subjected to an intense magnetic field. Its advantages in the production of brain images are noninvasive, is characterized by high resolution, high contrast, two-dimensional plane, grayscale, produces less artifacts and does not use ionizing formats of electromagnetic energy. Presents no risk to the patient and proven professionals submitted to the examination. Although MRI is the preferred technique to examine the brain, this information is scarce when related brain anatomical features in domestic ruminants. The purpose of this study is to describe normal bovine brain neuroanatomy (*Bos taurus domesticus*) order correlations with normal magnetic resonance imaging findings. This research is of importance because, normal neuroanatomical definition will provide accurate diagnosis of different diseases traumatic, vascular, infectious, degenerative or neoplastic, among other. Brains were carefully extracted and fixed for conventional anatomical cuts. Transverse and sagittal MRI were obtained from two fresh heads of adult cattle at 0.25T ESAOTE Vet-MR GRANDE device through the coil C-shaped coil in the sequences performed in the transverse plane T1 and T2 sagittal, T1 and T2 and the plan dorsal. After the acquisition, images were transferred in DICOM format for Synapse® PACS application and analyzed by an observer at ClearCanvas Workstation program. The most

clinical interest neuroanatomical structures were set according to the methodology of Yokoshi & Rohen and named after neuroanatomy texts.

**Key words:** MRI, neurology veterinary, ruminant



# *Capítulo 1*

## INTRODUÇÃO

A Imagem por ressonância magnética (MRI) apresentou uma história extensa e notória de prêmios Nobel. Foi concedido a Isidor Isaac Rabi em 1944 "para seu método de ressonância magnética para gravação das propriedades dos núcleos atômicos". Seguiram-se Felix Bloch e Edward M. Purcell com o prêmio Nobel de física em 1952 (FRY, 2004). Aperfeiçoamentos progressivos da MRI alteraram significativamente diagnósticos por imagem na medicina humana, sobretudo a partir de 1980 (KASSAB, 2011). Em 1991 o prêmio Nobel de química foi atribuído a Richard Ernst, em 2002 a Kurt Wüthrich, por trabalhos relacionados a ressonância. O Prêmio Nobel de medicina de 2003 foi atribuído a Paul C. Lauterbur e Peter Mansfield por avanços da MRI (FRY, 2014).

MRI é a modalidade diagnóstica de eleição para muitas das enfermidades encefálicas para pacientes humanos e está cada vez mais acessível no exercício veterinário. Benefícios da MRI sobre a tomografia computadorizada (CT) abrangem melhor resolução de contraste, aquisição de imagem multiplanar, escolha específica de sequências a serem realizadas e uso de radiação não-ionizante. É a modalidade de diagnóstico por imagem superior na avaliação das muitas desordens intracranianas (HECHT & ADAMS, 2010).

MRI é método diagnóstico com elevada acurácia, que avalia com riqueza de detalhes diferentes órgãos, como o encéfalo (HAGE et al. 2010). MRI tornou-se método de escolha por ser exame não invasivo, que permite avaliações anatômicas de todo o corpo, em diferentes estágios de doença. Esse avanço da MRI foi veloz se comparado a outras técnicas de imagem, relacionando-se a grandes progressos recentes na física e na computação (MCGOWAN, 2008).

MRI gera, em alta resolução, imagens axiais milimétricas das extremidades e do crânio. Essas imagens podem ser realizadas em vários planos, axial, sagital e dorsal. O número dos cortes e espessuras pode variar dependendo da região anatômica de interesse; conforme a sequência de

cortes escolhida, informações anatômicas serão obtidas em menor tempo (TUCKER & SAMPSON, 2007).

Viabilidade do uso da MRI para diagnosticar diferentes enfermidades encefálicas bovinas tornou-se um método diagnóstico favorável na medicina veterinária (TSUKA & TAURA, 1999; TSUKA et al., 2009).

Enfermidades cerebrais inflamatórias podem acometer o parênquima cerebral (encefalite), meninges (meningite), ou ambos (meningoencefalite) e dependendo do agente subjacente, comprometimento da medula espinhal (mielite/ meningomielite). Encefalites podem não apresentar irregularidades visíveis na MRI, ou pode mostrar-se como lesões multifocais frequentemente hiperintensas nas imagens ponderadas em T2 (T2-W), e hipointensas nas imagens em T1 (T1-W). Na sequência de recuperação inversa de fluidos (FLAIR) há uma alta sensibilidade do que nas sequências spin-eco (HECHT & ADAMS, 2010). Meningite bacteriana é costumeiramente relatada em bovinos adultos, mas tem incidência em ser uma enfermidade clínica de relevância nos recém-nascidos (FECTEAU & GEORGE, 2004).

Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE) ou "doença da vaca louca" é neurodegeneração progressiva e letal em bovinos. Acúmulo de proteína priônica celular hospedeiro-codificada (PrP<sup>C</sup>), vacuolização e encefalopatia podem ser observados no encéfalo (MUHAMMAD & MAHMOOD, 2011). Curiosamente a MRI foi pouco realizada nesta doença.

Doença de Creutzfeldt-Jakob (CJD) é uma enfermidade rara e letal causada por um distúrbio neurodegenerativo que incide em quatro tipos: esporádico, iatrogênico, familiar e variante (ZEIDLER et al., 2000). É uma das encefalopatias espongiformes em humanos. Diversas formas de CJD são conhecidas, a mais recente variante está em alerta devido à crescente conexão com a BSE nos bovinos, com imenso impacto internacional, econômico e com consequências para a saúde pública. Uma sequência de medidas foram adotadas pelo Reino Unido e países para erradicar a BSE e evitar a infecção na cadeia alimentar humana (BROWN et al., 2001). Alterações na MRI em CJD foram distinguidas desde 1988 (COLLIE et al., 2001).

Polioencefalomalacia (PEM), é a necrose do córtex cerebral caracterizada pelo amolecimento da massa cinzenta. Ruminantes de todas as



idades podem ser acometidos, os mais jovens são mais susceptíveis (AMAT et al., 2013). Enfermidade neurológica não infecciosa que colabora vultuosamente para a perda econômica na indústria pecuária (SANT'ANA & BARROS, 2010). Na MRI apresenta hipersinal em T1 e T2 da substância cinzenta do lobo temporal e parietal com realce de contraste leve (HECHT & ADAMS, 2010).

Raiva é enfermidade infecciosa causada pelo vírus do gênero *Lyssavirus*, da família *Rhabdoviridae* que afeta o sistema nervoso central (SNC), sendo fatal em animais e humanos. Enfermidade que mais acomete bovinos no Brasil (LEMOS, 2005). MRI em pacientes humanos com raiva paralítica possuem sinal hiperintenso em T2 na medula espinhal, tronco cerebral e hipotálamo (KALITA et al., 2014). Nos cães com T2 hiperintenso em hipocampo, hipotálamo, tronco cerebral e da medula espinhal (LAOTHAMATAS et al., 2008).

Listeriose encefalítica, enfermidade mais frequente relacionada com déficits de nervos cranianos e lesões de tronco encefálico em ruminantes. O agente etiológico determinante é *Listeria monocytogenes*, é vastamente difundida nos habitat bovino. A taxa de letalidade é elevada. É uma enfermidade preocupante pois, é uma das doenças bovinas mais transmitidas pelos alimentos. BSE é um diagnóstico diferencial notório para o bovino nos países afetados (MORIN, 2004). MRI em humanos apresenta sinal irregular hiperintenso ao longo da medula e pedúnculo cerebelar em T2 com agregação de pontos hipointensos (micro abscessos) quando contrastado no rombencéfalo (SOULIÉ et al., 1996).

Emprego da MRI para o diagnóstico de enfermidades encefálicas bovinas é emergente e promissor como método diagnóstico (TSUKA & TAURA, 1999). O objetivo deste estudo é descrever a neuroanatomia encefálica bovina normal objetivando correlações com achados normais de ressonância magnética. Este trabalho reveste-se de importância porque a definição neuroanatômica normal propiciará diagnósticos acurados de diferentes enfermidades traumáticas, vasculares, infecciosas, degenerativas ou neoplásicas, dentre outras.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1 Neuroanatomia bovina

O sistema nervoso central (SNC) exibe um arranjo longitudinal, com partes filogeneticamente antigas localizadas caudalmente e dimensões mais recentes, rostralmente. O SNC pode ser dividido em seis regiões fundamentais do cérebro. De caudal para rostral, esses locais cerebrais são: medula oblonga (bulbo), ponte, mesencéfalo, diencéfalo e telencéfalo. A medula oblonga, ponte e mesencéfalo compõem o tronco cerebral; o diencéfalo e o telencéfalo compõem o cérebro anterior. A medula espinhal está situada na região mais caudal do SNC e os potenciais de ação dos neurônios sensoriais são enviados à medula, iniciando-se nos receptores de pele, músculos, tendões, articulações e órgãos viscerais. Medula possui tratos de axônios que dirigem comandos sensoriais para o cérebro e sinais motores do cérebro para os neurônios motores, também possui domínio sobre a ocorrência de reflexos simples (KLEIN & CUNNINGHAM, 2008).

O encéfalo bovino é relativamente pequeno. A parte dorsal do rombencéfalo, o cerebelo, é bem mais complexo e irregular quando comparado com o homem, e o vermis não apresenta muita relevância. O mesencéfalo apresenta quatro proeminências dorsais, o colículo rostral e o caudal. O par do colículo caudal é o menor. Na superfície o crus cerebral é ventral. O diencéfalo está unido por meio do hipotálamo com o infundíbulo da hipófise. Caudalmente ao infundíbulo encontra-se o corpo mamilar. A glândula pineal projeta-se dorsalmente ao diencéfalo. A maior região do telencéfalo (cérebro) é o hemisfério que incide no córtex e a substância branca. Ele é torcido em sua superfície (pregas, sulcos) e possui giros (ranhuras). Os herbívoros tem modificáveis e mutáveis sulcos adicionais que tornam o encéfalo mais complexo quando comparado com o encéfalo de

carnívoros. No rinencéfalo, o bulbo olfatório é menor quando comparado com o cão e o cavalo. Ele é contínuo e caudalmente ao pedúnculo olfatório, que ramifica em tratos olfatórios lateral e medial (BUDRAS & HABEL, 2003).

No sistema ventricular, o teto do quarto ventrículo, o véu medular, é caudal e é invaginado pelo plexo coroide. O terceiro ventrículo está comprimido no plano mediano; rodeia a adesão intertalâmica, e com o plexo coroide, se alonga sobre a glândula pineal como recesso suprapineal. O terceiro ventrículo ao mesmo tempo se alonga para a glândula pineal. O aqueduto cerebral une o terceiro e o quarto ventrículo. Rostralmente, o terceiro ventrículo comunica-se em cada um dos lados por meio de um forame interventricular com o ventrículo lateral, que possui um plexo coroide que é consecutivo com o terceiro ventrículo. Um extenso processo lateral do ventrículo se alonga até o bulbo olfatório (BUDRAS & HABEL, 2003).

## **2 Ressonância magnética (RM)**

Primeira pesquisa relacionada com a ressonância magnética (RM) foi concretizada em 1946 por dois grupos autônomos: Purcell em Harvard, que pesquisava os sólidos e Bloch em Stanford, que pesquisava os líquidos (BLOCH et al., 1946; PURCELL et al., 1946). Na década de 60, Raymond Damadian iniciou uma pesquisa para desenvolvimento do aparelho RM. Primeira MRI foi determinada por Lauterbur em 1973 (SCHERZINGER & HENDEE, 1985). Em 1976, Mansfield, da Universidade de Nottingham, determinou as primeiras imagens da parte do corpo humano: um dedo. O primeiro exame de MRI na América Latina foi obtido no Hospital Israelita Albert Einstein em 1986, em São Paulo, Brasil (HAGE & IWASAKI, 2009).

A MRI em humanos, é repetidamente empregada para imagiologia do SNC. Sua competência na produção de imagens do encéfalo não é invasiva, caracteriza-se por alta resolução, intenso contraste, plano bidimensional, em tons de cinza e sem a utilização de formatos ionizantes de energia eletromagnética (ARENCIBIA et al., 2005). Além de que, a anatomia difícil

patológica e as alterações do encéfalo são mais visíveis com o uso da MRI quando comparada com a radiologia convencional, a cintilografia ou a tomografia computadorizada (TC). A resolução de contraste é mais elevada em tecidos moles na utilização da MRI auxiliando o diagnóstico de muitas lesões do SNC, incluindo neoplasias e outras anormalidades degenerativas (CHAFFIN et al., 1997).

Em síntese a obtenção da imagem de MRI é formada das seguintes formas: o paciente é colocado no interior do magneto do equipamento de RM; os núcleos atômicos do paciente se alinham ao longo do campo magnético imposto, provocando um vetor de magnetização; gradientes de campo magnético sequenciais são justapostos para localização espacial dos sinais a serem adquiridos; os pulsos de excitação são aplicados e os núcleos absorvem energia; após os pulsos, ocorrem fenômenos de relaxação; os núcleos passam a induzir o sinal de RM nas bobinas receptoras; o sinal de RM é adquirido; o sinal de RM é processado por meio da transformada de Fourier; a imagem é formada ponto a ponto numa matriz (BLOCH et al., 1946; PURCELL et al., 1946; PYKETT et al., 1982; VILLAFANA, 1988; MAGALHÃES, 1999).

Conforme o formato e o tempo em que os átomos são excitados, as imagens são mais sensíveis distintas propriedades dos tecidos como por exemplo sequências ponderadas em T1 e T2 (JÚNIOR & YAMASHITA, 2001). As sequências e planos de imagem utilizados em MRI são fundamentados no anseio de estipular um extraordinário contraste de imagem e da resolução espacial entre a normalidade e anormalidade dos tecidos, diminuindo a duração do exame, principalmente devido a anestesia geral. Um computador com software de recepção é indispensável para abordar o tempo desses acontecimentos e também pode fornecer a imagem (WINTER, 2012).

O protocolo básico de MRI para o exame do encéfalo em grandes animais como bovinos e equinos utiliza-se de sequências *spin eco* chamadas de imagens ponderadas em T1 e T2 (TSUKA & TAURA, 1999; FERRELL et al., 2002; SCHMIDT et al., 2009; SCHMIDT et al., 2012).

As sequências ponderadas em T1 proporcionam uma melhor resolução espacial e detalhe anatômico, no tempo em que, as sequências ponderadas

em T2 admitem uma melhor distinção entre a substância branca e cinzenta (característica que se deve especialmente pela propriedade da substância branca possuir um grande conteúdo de lipídeos e sua densidade de prótons móveis ser em torno de 10% menor quando comparado com a substância cinzenta) (COLAÇO et al., 2003).

As imagens ponderadas em T1 exibem as estruturas anatômicas. Essa MRI são em escala de cinza e está exatamente pertinente com a intensidade do sinal. Em imagens ponderadas em T1 como a cortical óssea, o ar, o sangue fluindo velozmente emitem sinais insignificantes. A gordura, medula óssea e pele que envolve o crânio emitem sinais de intensidade muito alta e o tecido cerebral emite um sinal de intensidade intermediária, com a massa cinzenta aparecendo um pouco mais escura quando comparada a substância branca (VAZQUEZ et al., 2001). A substância cinzenta aparenta característica hipointensa em relação à substância branca e o fluido cérebro-espinhal, contido no espaço subaracnóideo e dentro do sistema ventricular, possuem uma intensidade de sinal insignificante. Utilizando-se a sequência T1, é possível a verificação de uma relevante representação do encéfalo e de porções associadas a ele. Os segmentos cranioencefálicos como mielencéfalo, verme cerebelar, mesencéfalo, hemisfério cerebelar, tálamo, hipotálamo, hipocampo, glândula pituitária, fórnix e músculos da cabeça surgem na imagem com tons acinzentados e com intensidade de sinal intermediária (ARENCIBIA et al., 2001).

A sequência T2 fornece o detalhamento do encéfalo e de suas estruturas. É a sequência de escaneamento de enfermidades, uma vez que o acúmulo de líquido e crescimento anormal de tecidos, exibe-se de forma hiperintensos. São exibidas com baixa intensidade de sinal porções cerebrais e músculos da cabeça. A substância branca possui natureza hipointensa em relação à cortical da substância cinzenta. Essa sequência exibe de forma indefinida o fluido cérebro-espinhal que caracteriza-se por apresentar alto sinal de intensidade (ARENCIBIA et al., 2001).

Não são notórios riscos os biológicos exibidos em campos magnéticos ou impulsos de radiofrequência empregadas na MRI. Riscos expressivos são observados para objetos metálicos no interior do recinto de

MRI (Gaiola de Faraday) e em animais com chips, fragmentos metálicos, clips ferromagnético e próteses metálicas (COGBILL & ZIEGELBEIN, 2011).

### 3 Enfermidades

O bovino pode ser infectado por variedade de enfermidades do sistema nervoso central (SNC), como bactérias, protozoários, infecções virais, toxinas, distúrbios metabólicos, trauma e neoplasias (STOKOL et al., 2009). Envolvem grupo de doenças responsáveis por consideráveis prejuízos econômicos em todo mundo (GALIZA et al., 2010).

#### 3.1 Encefalopatia espongiforme bovina (BSE)/ Doença Creutzfeldt-Jakob (CJD)

Encefalopatias espongiformes transmissíveis (TSE) ou doenças priônicas são enfermidades neurodegenerativas fatais que afetam animais e humanos a encefalopatia espongiforme bovina (BSE) em bovinos e doença variante de Creutzfeldt-Jakob (vCJD) em humanos são doenças provocadas por príon determinados pela exposição direta a agentes TSE (BÖHNLEIN et al., 2012; BROWN & FRAISER, 2003). Caracterizam-se pelo acúmulo de isoformas anormais (PrP<sup>Sc</sup>) de proteína priônica celular hospedeiro-codificada (PrP<sup>C</sup>) no SNC (MARTUCCI et al., 2009).

O primeiro caso da BSE possui origem desconhecida. Sua epidemia depois do primeiro caso é conhecida, mas conserva-se algumas dúvidas, a reciclagem de carne e ossos bovinos na alimentação do gado é a elucidação mais aceitável para a manutenção da enfermidade e sua dispersão. Os casos iniciais confirmados da BSE ocorreram na Grã-Bretanha em 1986, posteriormente a uma avaliação da amostra de cérebro de duas vacas com sinais neurológicos progressivos raros foram investigados no sul da Inglaterra pelo laboratório do Departamento de Patologia Veterinária Central. BSE foi

reconhecida como encefalopatia espongiforme devido semelhança neuropatológica com a chamada *Scrapie* em ovelhas (SMITH & BRADLEY, 2003).

Na BSE os príons são codificados por amparo de proteínas que sofreram transformações em sua conformação e possuem características biológicas e físico-químicas que diferem expressivamente dos demais agentes infecciosos. Sinais clínicos da BSE são alteração de comportamento, incoordenação, tremores, alterações de marcha, ataxia, hiper-reatividade a estímulos, dificuldades cognitivas, diminuição da produção de leite e/ou perda de peso corporal. Tempo médio de incubação é de 4 a 6 anos e todos os animais infectados podem contrair a enfermidade. Posteriormente a manifestação dos sinais clínicos, condição do animal deteriora-se até a morte ou até sua eliminação (RICHT et al., 2007; DAVIS et al., 1991). Fase terminal da enfermidade, príons BSE podem também ser encontrados na medula espinal, retina, íleo, glândulas suprarrenais, amígdalas, medula óssea, nervos periféricos, raiz dorsal gânglios, gânglio trigeminal e gânglios torácicos (MUHAMMAD & MAHMOOD, 2011). Patologicamente BSE é análoga a *Scrapie*, possui astrogliose, formação de vacúolos e perda das placas amiloides neuronais intracelular (BRUN & TORRES, 2000).

A segunda fase da história da BSE é transmissão da infecção dos bovinos para os humanos, sob a forma vCJD. Tecidos infecciosos não cerebrais na BSE são retina, o gânglio trigeminal e paravertebral, íleo e medula óssea. O músculo e o leite particularmente não possuem transmissibilidade. Principal produto indiciado pela contaminação da carne bovina é separado mecanicamente em frigoríficos. Forma-se uma pasta comprimida de derivados de carcaça dos quais outros tecidos consumíveis são separados manualmente. Esse produto foi legalmente determinado como carne e aprovado para ser incluído em produtos com base de carne nos alimentos industrializados. Dezembro de 1995, foi proibida a inclusão da coluna vertebral com a medula e os gânglios no processo de carne mecanicamente separadas (BROWN, 2001).

Doenças priônicas foram relatadas primeiramente em 1920 por Creutzfeldt Jakob, na qual é nomeada a forma mais corriqueira em humanos (IRONSIDE, 1998).

São caracterizadas pelo convertimento da proteína priônica normal (PrP<sup>c</sup>) para um isômero patogénico (PrP<sup>Sc</sup>). Distintas conformações de PrP<sup>Sc</sup> estão relacionadas com diferentes subtipos de doenças de príon. É uma fração resistente a proteases e está correlacionada com enfermidades transmissíveis (WONG et al., 2001).

MRI pode ser utilizada no diagnóstico da CJD. Nos Estados Unidos investigou-se através MRI, aparecimento de hiperintensidade nos gânglios basais com anormalidades de simetria bilateral em imagens ponderadas em T2 em pacientes patologicamente confirmados com essa enfermidade. Hiperintensidade e anormalidades nos gânglios basais podem ser observadas em outras enfermidades, mas a clínica, exames laboratoriais e de imagem resultam nas características para o diferencial na CJD (FEATHERSTONE, 1996).

### 3.2 Polioencefalomalacia (PEM)

A polioencefalomalacia foi relatada pela primeira vez em 1956 por Jensen et al. no Colorado, EUA. PEM é o amolecimento (malácia) da matéria cinzenta (poliomielite) no cérebro (encéfalo) (BURGESS, 2008; CUNHA, et al., 2010).

Enfermidade cérebro cortical degenerativa de ruminantes, terminologia indicada para necrose laminar da massa cinzenta do córtex havendo diversos fatores relacionados na sua ocorrência. Segundo a literatura internacional um dos fundamentais agentes da PEM é intoxicação por enxofre, mas também é relatada relacionada a deficiência de tiamina, cloreto de sódio na carência de água, chumbo, melão, plantas ricas em tiaminases (CUNHA et al., 2011).

PEM acomete especialmente bovinos jovens, a partir de 3 meses a um ano de idade. Ocorre de forma aguda ou crônica. Clinicamente essa condição está correlacionada na cegueira, apatia, inapetência, ataxia, depressão, pressão da cabeça contra obstáculos, opistótono, estrabismo dorso medial, excitabilidade, mastigação repetitiva, fasciculação dos músculos da face e decúbito lateral e conseqüentemente morte. Embora a falta de reflexo de



ameaça visual, o reflexo pupilar está presente na cegueira devido a lesão do córtex occipital. Enfermidade com grande impacto sobre um grande número de animais. (KUL et al., 2006; MENDES et al., 2007).

Outra causa da PEM em bovinos é a infecção por herpes vírus bovino (BoHV) relatada por diferentes regiões do Brasil. Ocorre especialmente em bovinos jovens que passaram por circunstâncias de estresse. Clinicamente são idênticas da enfermidade tradicional, mas lesões inflamatórias não supurativas cerebrais com corpo de inclusão intranuclear ocasional em neurônios e células gliais ocorrem na infecção por BoHV (SANT'ANA; BARROS, 2010).

Schenk et al. (2007), pesquisaram distúrbios metabólicos e tóxicos em pequenos ruminantes por MRI e observaram imagens ponderadas em T1 uma área hipointensa bilateral simétrica no córtex frontoparietal. Hiperintensa em relação ao parênquima normal cerebral, que correspondeu com áreas hipointensas nas sequências ponderadas em T1, foi visto nas sequências ponderadas em T2 nos planos transversais. Demonstrou-se no plano dorsal, alto sinal na área entre o córtex parietal direito e occipital resultando no teor elevado de fluido na matéria cinzenta destas áreas. Esses achados de MRI sugere lesões causadas por polioencefalomalacia.

Tsuka e colaboradores, 2008 realizaram MRI em vaca com suspeita de PEM baseado nos sinais clínicos e achados hematológicos, observaram em T1 que encéfalo reteve estrutura simétrica nos hemisférios direito e esquerdo sem efeito de massa, dilatação cerebral dos ventrículos e de diferença intensidade entre substância branca e cinzenta. Em T2 regiões hiperintensas prolongadas ao longo do córtex cerebral e simétricas entre os hemisférios direito e esquerdo. No plano dorsal, observou-se linha hiperintensa estendendo dos lobos laterais para lobos occipitais do córtex cerebral. No plano sagital observou-se hiperintensidade dos lobos parietal para o occipital.

### 3.3 Raiva

Virose notória para pecuária e para saúde pública no Brasil. Por volta de 850.000 cabeças são perdidas, equivalente a 17 milhões de dólares (GALIZA et al., 2010).

Encefalomielite não supurativa viral extremamente letal. Faz parte do gênero *Lyssavirus* da família *Rhabdovirus*, vírus RNA envelopado. Sinais clínicos não são superiores a 10 dias e incluem febre, diminuição do apetite, parestesia, ataxia, atividade mental alterada, paralisia, coma e morte. Raiva paralítica caracteriza-se por ataxia aumentando gradualmente, paresia, e paralisia das extremidades. Bovinos comumente evidenciam marcha instável e cauda flácida. Pode ocorrer hipoestesia, salivação devido paralisia da faringe progressiva ou paralisia e vocalização alterada. Coma e morte acontecem dentro de 1 a 2 dias após o decúbito. Raiva furiosa caracteriza-se por distúrbios mentais, hiperexcitabilidade, hiperestesia, responsabilidade excessiva ou de forma agressiva a estímulos externos e mugido alto (CALLAN & METRE, 2004).

Lesões microscópicas são restritas ao SNC, compreendendo meningoencefalite, meningomielite não-supurativas com ganglioneurite dos gânglios e nervos cranianos e espinhais. Pode ocorrer neuromiofagia de neurônios individuais, malácia e hemorragia macroscópica. Inclusões acidofílicas intracitoplasmáticas, chamadas corpúsculos de Negri, são particularidades dessa enfermidade (LANGOHR et al., 2003).

Raiva enfermidade transmissível temida pela humanidade por ser letal. MRI realizada em paciente humano 1 dia após a comprovação observou-se hiperintensidade simétrica bilateral no tálamo, gânglios basais, mesencéfalo, ponte e medula em imagens ponderadas em T2. Observou-se essas alterações apenas na matéria cinzenta.

Normalmente a neuroimagem não é realizada devido sinais clínicos clássicos e evolução progressiva (MANI et al., 2003).

### 3.4 Listeriose encefalítica

Causada por *Listeria monocytogenes*, bactéria gram-positiva (GASS et al., 2000; MORIN, 2004). Relatada em 1926 como causa de surto de epizootia em cobaias e coelhos (SWAMINATHAN & SMIDT, 2007).

Ocorre encefalite ou meningite em cérebro e tronco. Nos bovinos, romboencefalite é mais relatada (SANCHES et al., 2000). Histologicamente apresenta necrose focal, micro abscessos, manguitos perivasculares e gliose com presença de macrófagos e / ou neutrófilos (CAMPERO et al., 2002). Sinais clínicos são caracterizados por múltiplos déficits de nervos cranianos unilaterais e depressão (MORIN, 2004).

Pesquisas realizadas para discernir episódio de enfermidades neurológicas em bovinos, relataram listeriose bovina de 0,98% (3/305) no Rio Grande do Sul, sul do Brasil e 0,9% (1/111) em Paraíba, nordeste do Brasil (GALIZA et al., 2010). Advém em todo mundo, mas relatos de conhecimento listeriose bovina no Brasil é escassa (HEADLEY et al., 2014).

Infecta também humanos e é relacionada devido ingestão de leite contaminado e / ou produtos derivados do leite (OEVERMANN et al., 2010; HEADLEY et al., 2013).

Estudos de neuroimagem para essa enfermidade são escassos para os bovinos.

### 3.5 Abscesso

Abscesso pituitário caracteriza-se pelo desenvolvimento de massas no complexo vascular, sobre o osso base esfenóide que podem se estender e afetar a pituitária ou estruturas adjacentes, como base do encéfalo e desenvolver de meningite supurativa, localizada na face ventral do encéfalo e assoalho da cavidade craniana. Sinais clínicos são neurológicos relacionados a lesões no tronco encefálico ou relacionados a déficits de nervos cranianos (LORETTI et al., 2003).

Cerebrite Inflamação aguda e mal definida no cérebro, aumento de permeabilidade de vasos sanguíneos locais com ausência de vascularização e angiogênese. Possui diversas etiologias, mais relevante infecção piogênica. Que senão tratada evolui para abscesso cerebral piogênico (RATH et al., 2012).

### 3.6 Enfermidades cerebelares

Hipoplasia cerebelar, enfermidade congênita de bezerros recém-nascidos determinado por desordem hereditária ou infecção viral intrauterina. Distúrbio hereditário de bezerros da raça Hereford, Shorthorn, Angus, Guernsey, Ayrshire e Holandesa. Sinais clínicos severos são incapacidade de se levantar, opistótonos, rigidez dos extensores e de todos os membros e moderados são ampla base de apoio, ataxia, hipermetria e tremores de cabeça (SCARRATT, 2004).

Malformação de Chiari (ACM), relatada por Cleland 1883 e por Chiari 1891, anomalia rara do cerebelo e tronco cerebral caudal. Acontece esporadicamente em bovinos de diversas raças. Definida como herniação do cerebelo para o canal espinhal cervical anterior, próximo com deslocamento caudal e alongamento do tronco cerebral (MADARAME et al., 1991).

ACM, espinha bífida, disrafismos de medula e fenda palatina são malformações comum em bovinos. Estas malformações em bovinos raramente é relatada (GÜLBAHAR et al, 2005).

### 3.7 Tumores

Tumores primários do SNC em bovinos são raros, compondo apenas 0,33% a 2,5% das enfermidades neurológicas (SANCHES et al., 2000). Abscesso, hidrocefalia e/ou cisto intracraniano são diagnósticos diferenciais (EL-KHODERY, 2008).

TSUKA e TAURA (1999) relataram um caso de bezerro fêmea, 3 meses de idade, raça preta japonesa de 72kg que chegou ao Hospital Veterinário da Universidade Yamaguchi com histórico disfunção neurológica logo após o nascimento. Sinais clínicos de paresia, depressão, movimentos em círculos para a esquerda e desvio de pescoço obliquamente também para esquerda. Exame MRI foi usado para confirmar desordem cerebral e suas lesões. Achados característico em imagens ponderadas em T1 e T2 indicaram abundantes conteúdos proteicos em formação de massa.

#### **4 Considerações finais**

Nos últimos anos surgiu a necessidade de estudarmos neuroanatomia normal, por ressonância magnética, para viabilizar diagnósticos de diferentes enfermidades do sistema nervoso central de bovino. A descrição de tais estruturas, pela ressonância magnética, reveste-se de importância, porque irá contribuir para ensino e pesquisa na área específica em medicina veterinária.



## *Capítulo 2*

## TRABALHO CIENTÍFICO

### Trabalho enviado para **Veterinary Radiology and Ultrasound**

Title: Neuroanatomical Study of the Bovine Brain by Magnetic Resonance

Keywords: MRI, neurology veterinary, ruminant

Running head: Bueno et al. Neuroanatomical of Bovine Brain by MRI

Funding source: Higher Education Personnel Training Coordination (Capes)

#### ABSTRACT

Neuroanatomical data<sup>1</sup> on magnetic resonance imaging (MRI) are lacking in ruminants. MRI employment is emerging and promising in veterinary medicine. The objective of this study was to correlate brain neuroanatomy of bovines (*Bos taurus domesticus*) with normal MRI findings. Specimens were carefully extracted and fixed in formalin for conventional anatomical slices. Transverse and sagittal MRI were obtained in a *0.25 ESAOTE Vet-MR Grande* equipment. Sequences of spin-echo images with 6mm thickness and with intervals of 0.3 mm were obtained. Sequences T1 and T2 in the transverse, dorsal and sagittal planes were performed. Images were transferred in DICOM format for Synapse® PACS application and analyzed by an observer at ClearCanvas Workstation program. Accurate correlations between conventional anatomical studies and MRI data was observed. This study provides neuroanatomical description by MRI for different clinical diagnosis.

## INTRODUCTION

MRI in veterinary medicine is emergent for brain diseases diagnosis in bovines, and is considered a gold standard exam for evaluation of many intracranial diseases<sup>1</sup>. MRI has high accuracy to evaluate in details small anatomic structures<sup>2</sup> and is relating to major recent advances in physics and informatics<sup>3</sup>.<sup>4</sup>. Published papers on bovine brain using MRI are scanty but promising for different diagnosis<sup>5</sup>. The aim of this study was to provide neuroanatomical descriptions on the bovine brain by MRI.

## METHODS

After approval by the Ethics Committee on Animal Experimentation of our Institution (protocol 28/ 2015- CEUA), two brain specimens of female adult cow were fixed in formalin for 5 to 6 mm thickness cross sectional anatomical study. The cross sections obtained were placed in craniocaudal sequence for photographs, and paired with similar MRI slices.

Two Bovine heads were positioned in dorsal recumbency and a Coil C- shape was positioned to corresponding brain area. Sequences T1 and T2 were performed in transverse, dorsal and sagittal planes, spin-echo images with 6mm thickness and 0.3 mm intervals.

The sequences included 5 mm thickness were: transverse and sagittal spin echo T1-weighted (T1W): (TR: 500, TE: 18), transverse and sagittal fast spin echo T2-weighted (FT2W): (TR: 4300, TE: 90). Volumetric reconstruction sequence was performed in the transverse plane, without the use of contrast. The field of view was 24 x 24 cm in all sequences. After the acquisition, images were transferred in DICOM format for Synapse® PACS application and



analyzed by an observer at ClearCanvas Workstation program. MRI exams were obtained in a low-field unit (ESAOTE 0.25 T Vet-MR GRANDE, Genoa, Italy) equipment. The most relevant structures were named according to the nomenclature of neuroanatomical textbooks (Parent; Yokoshi & Rohen.).

## RESULTS

The anatomic structures of both cattle brains were normal and similar. In the T1 weighted sequence, superior longitudinal fissure, white matter inside the semi-oval center, corpus callosum, pellucid septum, thalamus, internal and external capsule were identified and similar to the conventional anatomical data (Figure 1).

Corpus callosum, lateral ventricles, third ventricle, white matter, piriform lobe (shown in dotted lines) were also identified (Figure 2). Parietal cortical gyrus, olfactory bulb, corpus callosum divided into rostrum, knee, body and splenium shown in dotted lines, thalamus, midbrain and cerebral aqueduct, medula oblonga, cerebellum and spinal cord were clearly observed (Figure 3).

Continuity between the extension of the anterior horn and the olfactory bulb was seen (Figure 4). Fissures prima and horizontal and cerebellar white matter were identified (Figure 5).

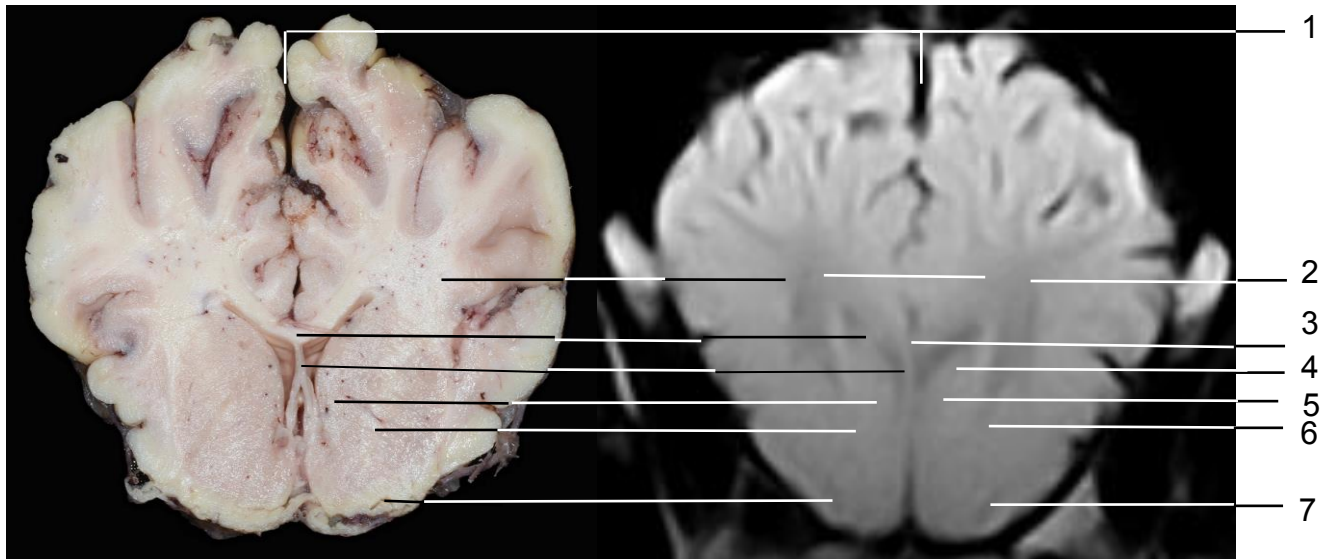


Figure 1 – Brain in transversal section - 1. Superior longitudinal fissure, 2. White matter (semi-oval center); 3. Corpus callosum; 4. Septum pellucidum; 5. Thalamus; 6. Internal capsule; 7. External capsule.

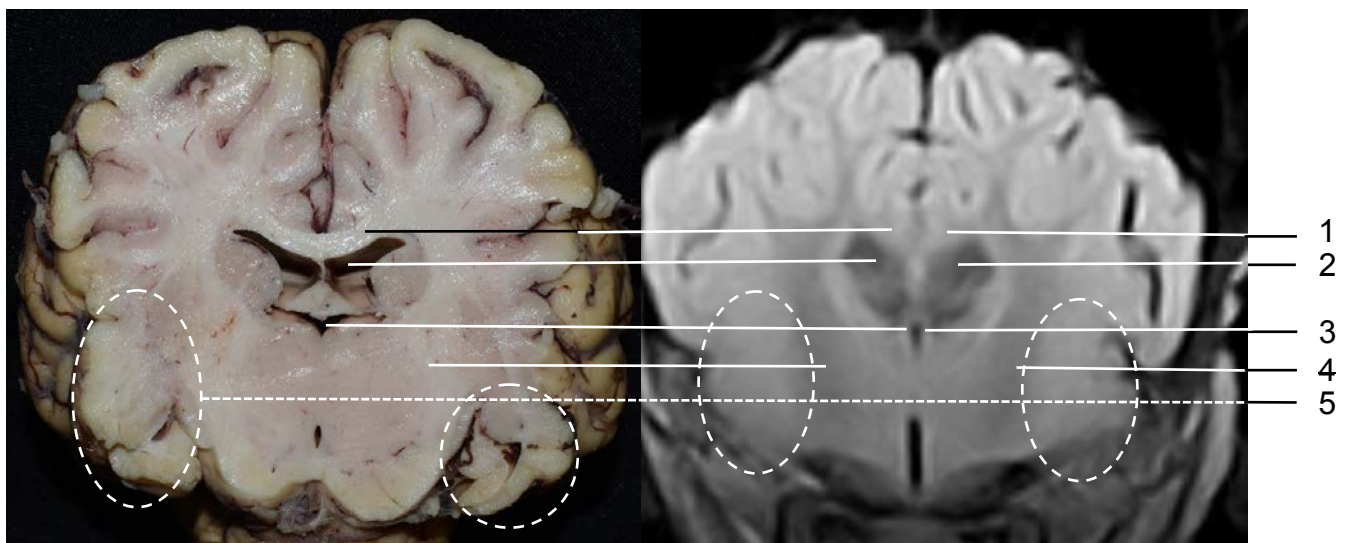


Figure 2 - Brain in transversal section - 1. Corpus callosum; 2. Lateral ventricles; 3. Third ventricle; 4. White matter; 5. Piriformis lobe (in dotted lines).

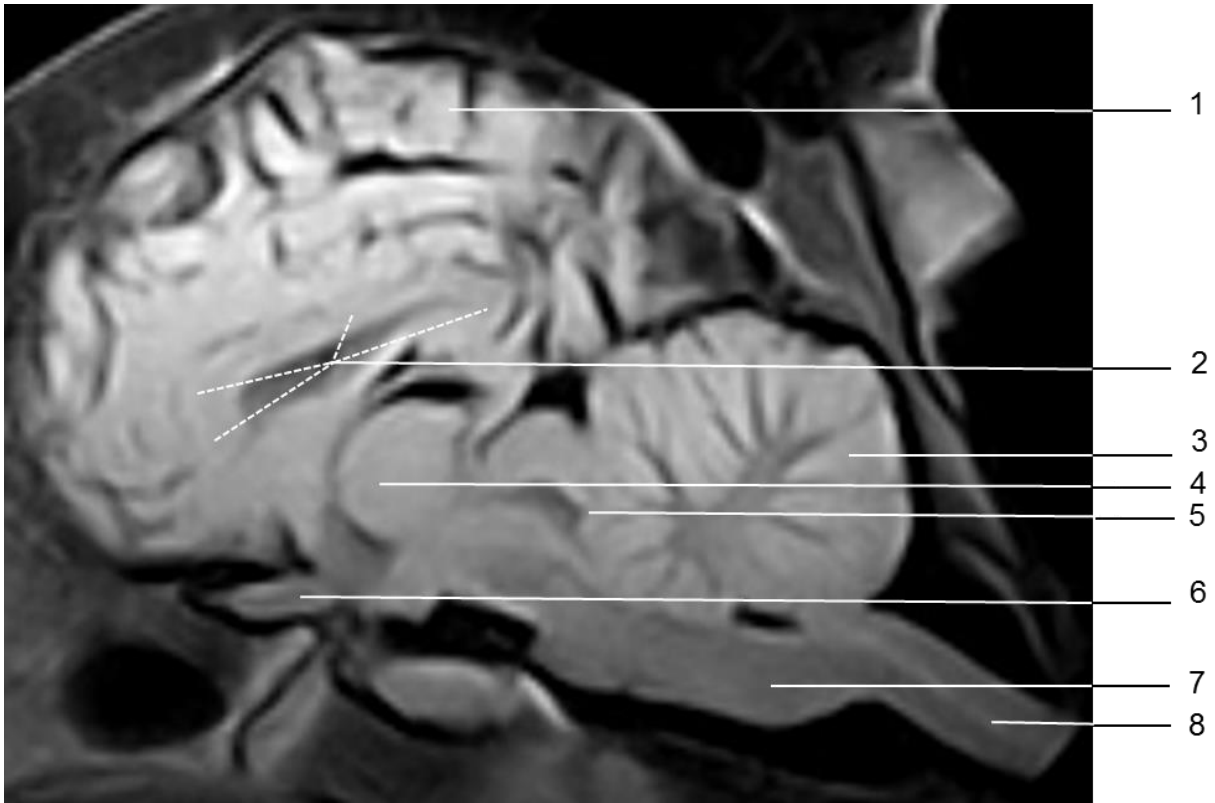


Figure 3 - Brain and cerebellum in parasagittal section - 1. Parietal gyrus; 2. Corpus callosum (rostrum, knee, body and splenium in dotted lines); 3. Cerebellum; 4. Thalamus; 5. Midbrain and cerebral aqueduct; 6. Probable olfactory bulb (in paramedian cut); 7. Medula oblonga; 8. Spinal cord.

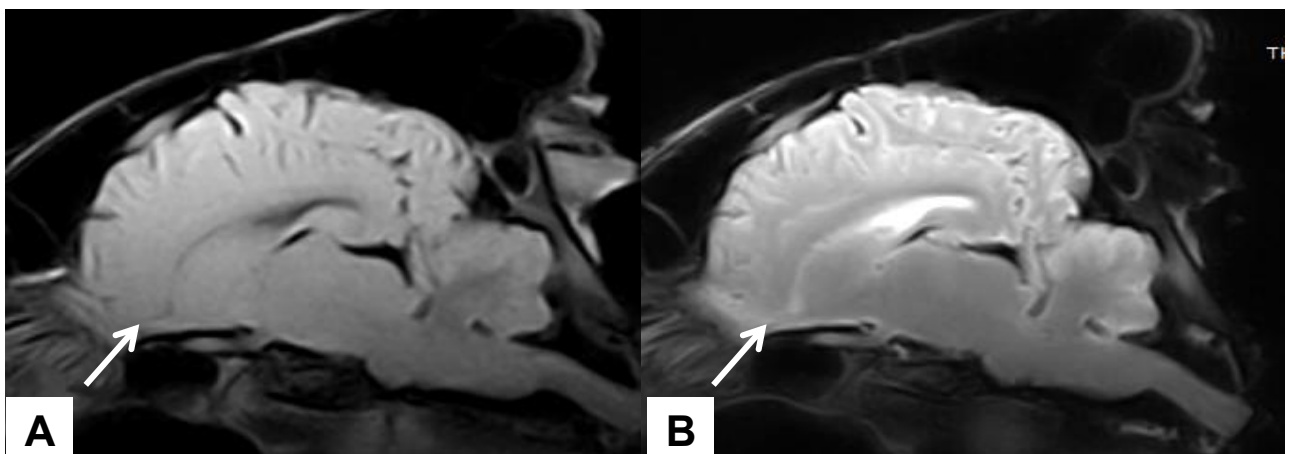


Figure 4 – Brain in parasagittal plane, showing continuity between the anterior extension of the anterior horn and the olfactory bulb (arrows, A, T1, B, T2).

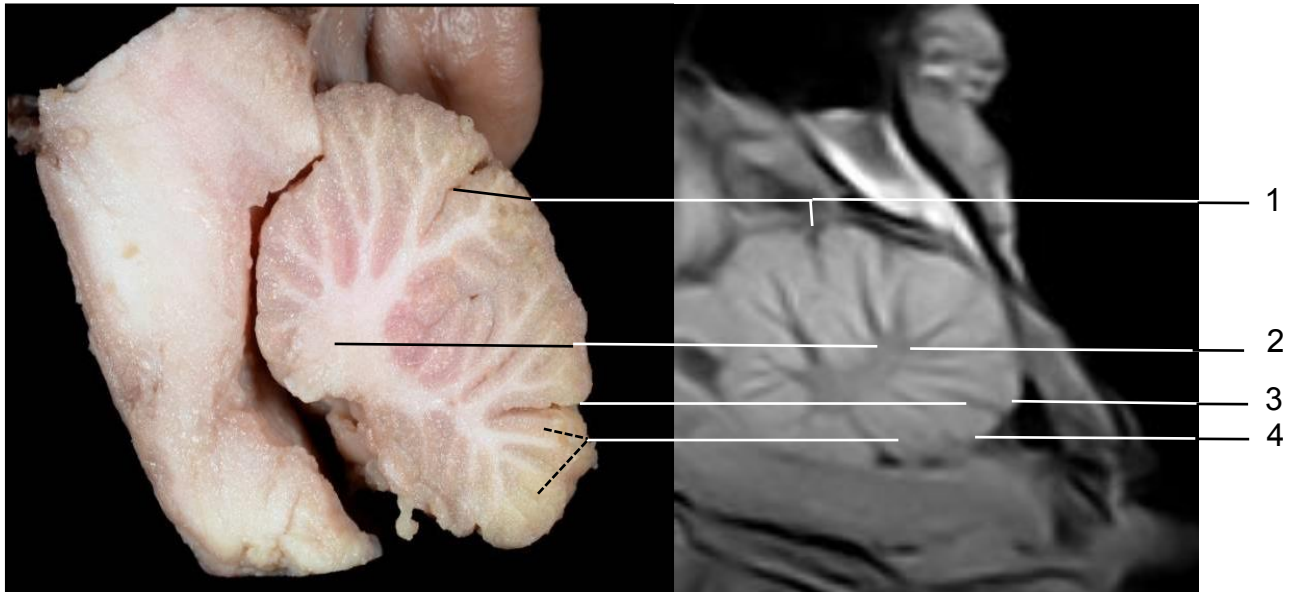


Figure 5 - Cerebellum in sagittal section. 1. Fissure prima; 2. White matter of the cerebellum; 3. Horizontal fissure; 4. Cerebellar cortex.

## DISCUSSION

This study provides detailed correlation between anatomical data and MRI images of the central nervous system structures<sup>8</sup>.

MRI for human diagnosis are usual for different diseases, but scanty in bovines<sup>9</sup>. Bovine brain disorders are usually diagnosed by necropsies<sup>10</sup>. Basal bovine brain and other subcortical structures showed great similarity to the human anatomical descriptions.

Sagittal and parasagittal planes revealed anatomical structures of high relevance as midbrain and cerebellum showing perfect correspondence between anatomical cross-sectional with MRI. Additionally it was observed

continuity between the olfactory bulb and the anterior projection of the frontal horn recess.

In T1 and T2-weighted sequences, the olfactory bulb show communication with the ventricular system (Figure 4). This finding shows similarities to the structure and organization of other mammals brain, as previously reported <sup>8, 11</sup>.

This work contributes to clarify correlations between MRI findings and bovine neuroanatomy, so different bovine diagnosis will be possible.

#### ACKNOWLEDGMENT

The authors thank Dr. Adilson Janjacomo, the city Penápolis (SP), which provided the heads of fresh cattle for our study.

This study was funded by Higher Education Personnel Training Coordination (Capes)

#### REFERENCES

1. Hecht S, Adams WH. MRI of Brain Disease in Veterinary Patients Part 1: Basic Principles and Congenital Brain Disorders. *Vet Clin Small Anim* 2010; 40:21–38.
2. Hage MCFNS, Iwasaki M, Rabbani SR, Kamikawa L, Cervantes HJR, Bombonato PP, Sterman FA, Otaduy MCG. Magnetic resonance imaging in the investigation of dogs head. *Pesq Vet Bras*. 2010; 30:7.

3. McGowan JC. Basic Principles of Magnetic Resonance Imaging. *Neuroimag Clin N Am*. 2008; 18: 623–36.
  
4. Tucker RL, Sampson SN. Magnetic resonance protocols for the horse. *Clin Tech Equine Pract*. Elsevier 2007; 6: 2-15.
  
5. Tsuka T, Hasegawa K, Morimoto M, Hayashi T, Okamoto Y, Minami S, Imagawa T, Taura Y. Quantitative investigation and classification by MRI of residual cleft cysts in the pituitary glands of cows. *Vet Record* 2009; 164: 588-591.
  
6. Rohen JW, Yokoshi C. *Color Atlas of Anatomy. A Photographic Study of Human Body*. Stuttgart: F.K. Schatauer Verlag, 1989.
  
7. Parent A. *Carpenter's Human Neuroanatomy*. 9<sup>th</sup> ed, Hagerstown: Williams & Wilkins, 1996.
  
8. Ferrell E, Gavin RP, Tucker RL, Sellon DC, Hines MT. Magnetic resonance for evaluation of neurologic disease in 12 horses. *Vet Rad Ultrasound* 2002; 43(6): 510-516.

9. Schmidt M J, Pilatus U, Wigger A, Kramer M, Oelschläger H A, Neuroanatomy of the Calf Brain as Revealed by High-Resolution Magnetic Resonance Imaging. *Journal of morphology* 2009; 270: 745–758.
  
10. Tsuka T, Taura Y, Abscess of Bovine Brain Stem Diagnosed by Contrast MRI Examinations. *J Vet Med Sci* 1999; 61(4): 425–427.
  
11. Schmidt MJ, Langen N, Klumpp S, Nasirimanesh F, Shirvanchi P, Ondreka N, Kramer M. A study of the comparative anatomy of the brain of domestic ruminants using magnetic resonance imaging. *The Veterinary Journal* 2012; 191: 85–93.

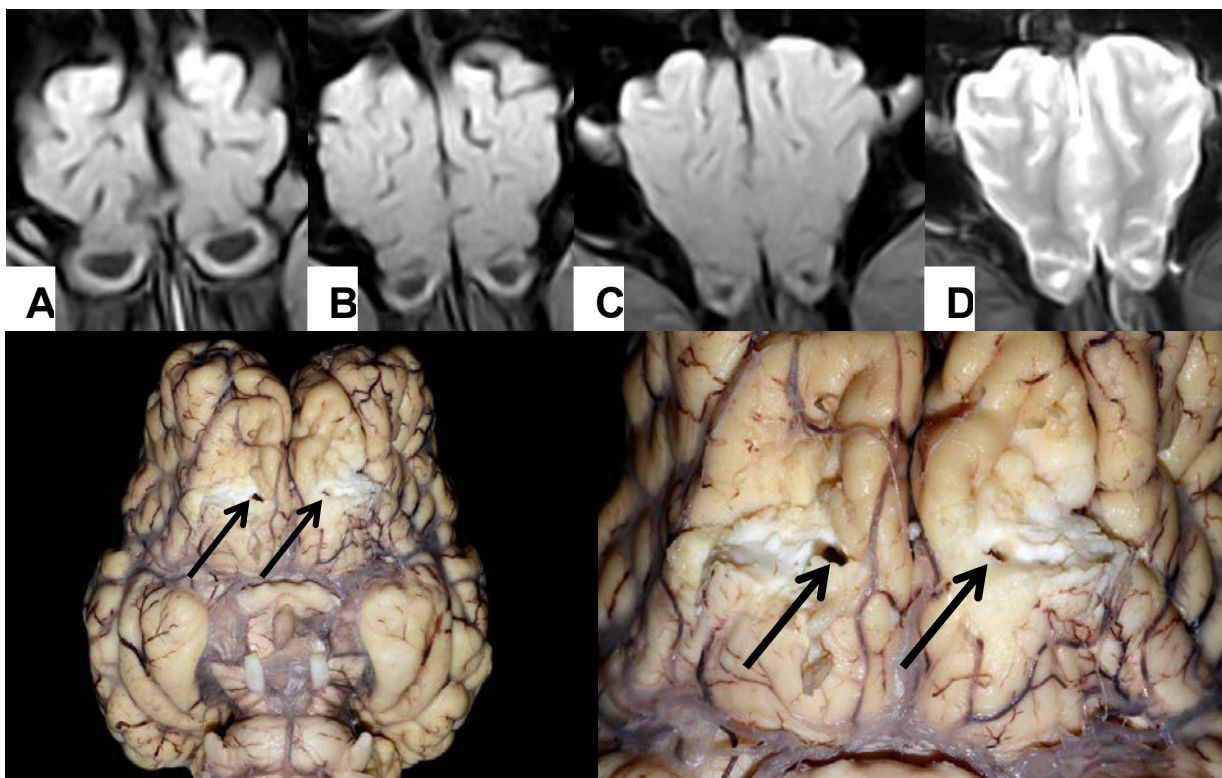
**Figuras**

Figura 1 – Em A e B, aspecto dos bulbos olfatórios de bovino adulto normal na RM (T1). Em C e D, região aproximada dos orifícios anatômicos que penetram no encéfalo (C, FLAIR; D, T2), mostrados nas peças anatômicas do mesmo encéfalo em vista inferior, após remoção dos bulbos olfatórios (setas).



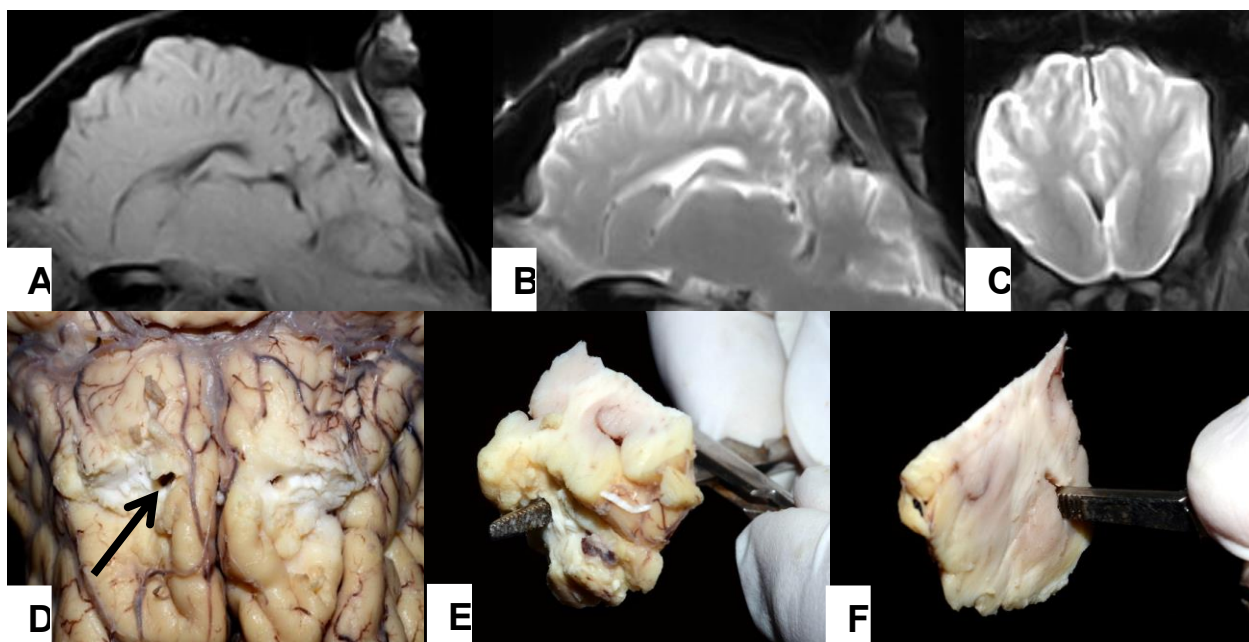


Figura 2 – Em A e B, corte sagital mostrando que o prolongamento anterior do corno frontal do ventrículo lateral se continua até a região do orifício anatômico do bulbo olfatório (A, T1; B, T2), mostrado na peça anatômica em D (seta). Em C, corte transversal da região dos núcleos da base correspondente às inserções de pinças anatômicas na mesma região, mostradas em E e F (T2).

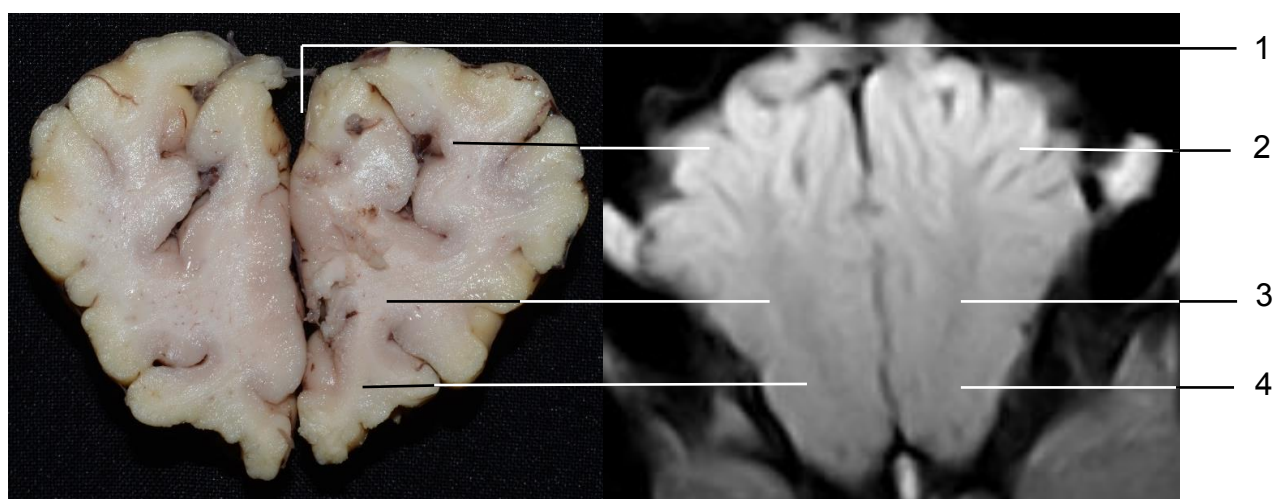


Figura 3 – 1. Fissura longitudinal superior; 2. Giros corticais (substância cinzenta); 3. Substância branca; 4. Giros frontais inferiores.

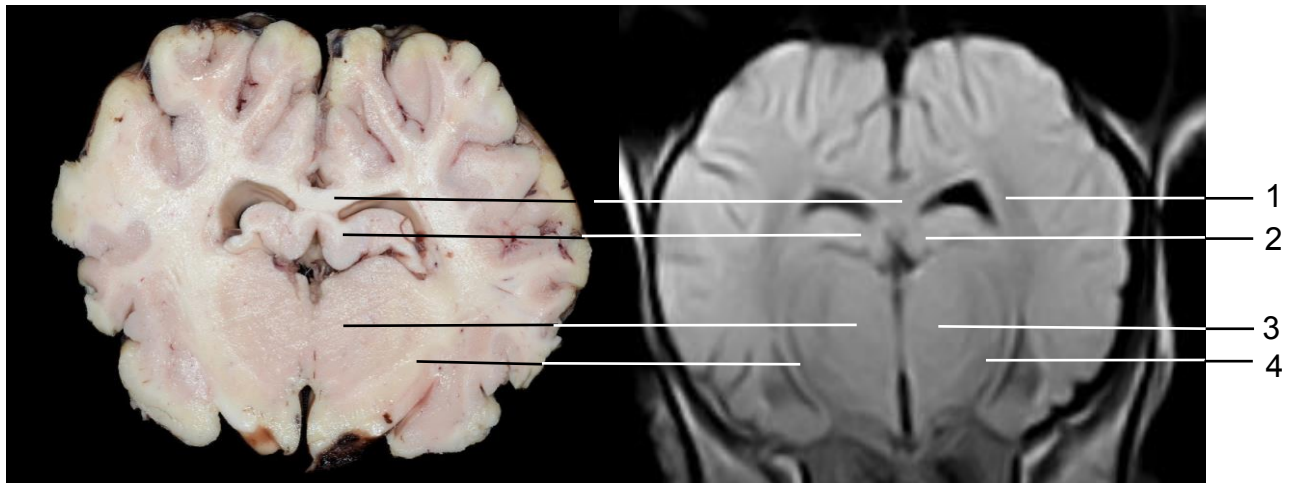


Figura 4 – 1. Esplênio do corpo caloso; 2. Pernas do fórnix; 3. Tálamos; 4. Cápsula interna.

## BIBLIOGRAFIAS

AMAT, S., OLKOWSKI, A. A.; ATILA, M.; O'NEILL, T.J. A review of polioencephalomalacia in ruminants: is the development of malacic lesions associated with excess sulfur intake independent of thiamine deficiency? **Veterinary Medicine and Animal Sciences**, 2013. Disponível em: <http://www.hoajonline.com/journals/pdf/2054-3425-1-1.pdf>. Acessado em Janeiro de 2015.

ARENCIBIA, A.; VAZQUEZ, J.M.; RAMIREZ, J. A.; RAMIREZ, G.; VILAR, J.M.; RIVERO, M. A.; ALAYON, S.; GIL, F. Magnetic resonance imaging of the normal equine brain. *Vet Radiology & Ultrasound*, v. 42, n. 5, p. 405-408, 2001.

ARENCIBIA, A.; RIVERO, M. A.; GIL, F.; RAMIREZ, J. A; CORBERA, J. A. RAMIREZ, G.; VAZQUEZ, J. M. Anatomy of the Cranioencephalic Structures of the Camel (*Camelus dromedarius* L.) by Imaging Techniques: A Magnetic Resonance Imaging. **Study Anat Histol Embryol**, v.34, p. 52–55, 2005.

BÖHNLEIN, C.; GROSCHUP, M. H.; MAERTLBAUER, E.; PICHNER, R.; GAREIS, M. Stability of Bovine Spongiform Encephalopathy Prions: Absence of Prion protein Degradation by Bovine Gut Microbiota. **Zoonoses and Public Health**, v. 59, p.251–255, 2012.

BUDRAS K.D.; HABEL R.E. *Bovine Anatomy*. Schlütersche, GmbH & Co., 1 edição, 2003, pág. 50.

BURGESS, B. A. Polioencephalomalacia. **Large Anim.Vet**, v. 8, n.3, p. 1-6 2008.

BLOCH, F.; HANSEX, W. L. V.; PACKARD, M. The nuclear induction experiment. **Physical Review**, v.70, n.7-8, p.474-485, 1946.

BROWN, P. Bovine spongiform encephalopathy and variant Creutzfeldt-Jakob disease. **BMJ**, v.322, p.841–4, 2001.

BROWN, D. A.; FRAISER, J. R. Comparison of the neuropathological Characteristics of bovine spongiform encephalopathy (BSE) and variant Creutzfeldt–Jakob disease (vCJD) in mice. **Neuropathology and Applied Neurobiology**, v.29, p.262–272, 2003.

BROWN, P.; WILL, R. G.; BRADLEY, R.; ASHER, D. M.; DETWILER, L. Bovine Spongiform Encephalopathy and Variant Creutzfeldt - Jakob disease: Background, Evolution, and Current Concerns. **Eme Inf Dise**, v. 7, n. 1, 2001.

BRUN, A.; CASTILLA, J.; TORRES, J. M. Encefalopatías espongiformes transmisibles en animales. **REV NEUROL**, v.31; n.2, p.133-137 ,2000.

CALLAN, R. J.; METRE, D. C.V. Viral diseases of the ruminant nervous System. **Vet Clin Food Anim**, v.20, p.327–362, 2004.

CAMPERO, C. M.; ODEO'N, A. C.; CIPOLLA, A. L.; MOORE, D. P.; POSO, M. A.; ODRIOZOLA, E. Demonstration of *Listeria monocytogenes* by Immunohistochemistry in Formalin-Fixed Brain Tissues from Natural Cases of Ovine and Bovine Encephalitis. **J. Vet. Med. B**, v.49, p. 379–383, 2002.

COGBILL, T. H.; ZIEGELBEIN, K.J. Computed Tomography, Magnetic Resonance, and Ultrasound Imaging: Basic Principles, Glossary of Terms, and Patient Safety. **Surg. Clin N. Am.** Elsevier, v.91, p. 1–14, 2011.

COLAÇO, B.; FERREIRA, D.; ORDÉN, M. G.; LACILLA, J.M.V. A aplicação da ressonância magnética no estudo anatômico do encéfalo de cães. **RPCV**, v.98, n.548, p.159-165, 2003.

COLLIE, D. A.; SELLAR, R. J.; ZEIDLER, M.; COLCHESTER, A. C. F.; KNIGHT, R.; WILL, R. G. MRI of Creutzfeldt-Jakob Disease: Imaging Features and Recommended MRI Protocol. **Clinical Radiology**, v.56, p.726-739, 2001.

CUNHA, P. H. J.; BANDARRA, P. M.; DIAS, M. M.; BORGES, A. S.; DRIEMEIER, D. Surto de polioencefalomalacia por ingestão excessiva de enxofre na dieta em bezerros no Rio Grande do Sul. **Pesq. Vet. Bras.**, v.30, n.8, p.613-617, 2010.

CUNHA, P. H. J.; BADIAL, P. R.; CAGNINI, D. Q.; FILHO, J. P. O.; MOARES, L. F.; TAKAHIRA, R. K.; AMORIM, R.; BORGES, A. S. Polioencefalomalacia experimental em bovinos induzida por toxicose por enxofre. **Pesq. Vet. Bras.**, v.31, n.1, p. 41-52, 2011.

CHAFFIND, M. K.; WALKER, D. M.; MCARTHUR, N.; PERRIS, D.E.; MATTHEWSON, N. Magnetic resonance imaging of the brain of normal Neonatal foals. **Radiology & Ultrasound**, v.38, n.2, p.102-111, 1997.

DAVIS, A. J.; JENNY, A. L.; MILLER, L. D. Diagnostic characteristics of bovine spongiform encephalopathy. **J Vet Diagn Invest**, v.3, p.266-271, 1991.

EL-KHODERY, S.; YAMADA, K.; AOKI, D.; KAMIO, K.; KISHIMOTO, M.; SHIMIZU, J.; KOBAYASHI, Y.; ISHII, K.; INOKUMA, H.; YAMAUCHI, S. MATSUI, T. Brain Abscess in a Japanese Black Calf: Utility of Computed Tomography (CT). **J. Vet. Med. Sci.**, v.70, n.7, p.727–730, 2008.

FEATHERSTONE, T. Magnetic resonance imaging may have a role in diagnosing Creutzfeldt-Jakob disease. **BMJ**, v.312, p. 20, 1996.

FECTEAU G.; GEORGE L. W. Bacterial meningitis and encephalitis in ruminants. **Vet Clin Food Anim**, v. 20, p. 363–377, 2004.

FERRELL, E.; GAVIN, R. P.; TUCKER, R. L.; SELLON, D. C.; HINES, M. T. Magnetic resonance for evaluation of neurologic disease in 12 horses. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.43, n.6, p. 510-516, 2002.

FRY C.G. The Nobel Prize in Medicine for Magnetic Resonance Imaging. **Jour of Chem Educ**, v.81, n.7, 2004.

GALIZA, G. J.N.; SILVA, M. L.C.R.; DANTAS, A. F.M.; SIMÕES, S.; V.D.; CORREA, F. R. Doenças do sistema nervoso de bovinos no semiárido nordestino. **Pesq. Vet. Bras.**, v.30, n.3, p.267-276, 2010.

GASS, A.; FILIPPI, M.; GROSSMANC, R. I. The contribution of MRI in the differential diagnosis of posterior fossa damage. **Journal of the Neurological Sciences**, v.172, p. S43–S49, 2000.

GÜLBAHAR, M. Y.; YÜKSEL, H.; OYGÜDER, Z; ERÇÜN, Ö. F. Dicephalus, Arnold-Chiari Malformation, Spinal Dysraphism and Other Associated Anomalies in a Newborn Holstein Calf. **Turk J Vet Anim Sci**, v. 29, p.565-570, 2005.

HAGE, M. C. F. N.; IWASAKI, M. Imagem por ressonância magnética: princípios básicos. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p.1287-1295, 2009.

HAGE, M.C.F.N.S.; IWASAKI, M.; RABBANI, S.R.; KAMIKAWA, L.; CERVANTES, H.J.R.; BOMBONATO, P.P.; STERMAN, F. A.; OTADUY, M. C.G. Imagem por ressonância magnética na investigação da cabeça de cães. **Pesq. Vet. Bras**, v.30, n.7, 2010.

HEADLEY, S. A.; BODNAR, L.; FRITZEN, J. T. T.; BRONKHORST, D. E.; ALFIERI, A. F.; OKANO, W.; ALFIERI, A. A. Histopathological and molecular characterization of encephalitic listeriosis in small ruminants from northern Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 44, n.3, p.889-896, 2013.

HEADLEY, S. A.; FRITZEN, J. T. T.; QUEIROZ, G. R.; OLIVEIRA, R. A. M., ALFIERI, A. F.; SANTIS, G. W.; LISBÔA, J. A. N.; ALFIER, A. A. Molecular characterization of encephalitic bovine listeriosis from southern Brazil. **Trop Anim Health Prod**, v.46, p.19–25, 2014.

HECHT, S.; ADAMS, W. H. MRI of Brain Disease in Veterinary Patients Part 1: Basic Principles and Congenital Brain Disorders. **Vet Clin Small Anim**, v. 40, p. 21–38, 2010.

HECHT, S.; ADAMS, W. MRI of Brain Disease in Veterinary Patients Part 2: Acquired Brain Disorders. **Vet Clin Small Anim**, v.40 p.39–63,2010.

IRONSIDE, J. W. Prion diseases in man. **J. Pathol**, v. 186, p. 227–234, 1998.

JENSEN, R.; GRINER, L.A.; ADAMS O.R. Polioencephalomalacia of cattle and sheep. **J. Am. Vet. Med. Assoc.**, v.129, p.311-321, 1956.

JÚNIOR. E. A.; YAMASHITA, H. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. **Rev Bras Psiquiatr**, v.23. n.1, p.2-3, 2001.

KALITA, J.; BHOI, S.K.; BASTIA, J.K.; LASHKAR S.; MAHADEVAN, A.; MISRA, U.K. Paralytic rabies: MRI findings and review of literature. **Neuro India**, v.62, n.6, p.662-664, 2014.

KASSAB, A. Magnetic resonance image and cross sectional anatomy of the normal brain of goat (*Capra hircus*). **Emir. J. Food Agric**, v.23, n.4, p. 375-380, 2011.

KUL, O.; KARAHAN, S.; BASALAN, M.; KABAKCI, N. Polioencephalomalacia in Cattle: A Consequence of Prolonged Feeding Barley Malt Sprouts. **J. Vet. Med. A**, v.53, p.123–128, 2006.

KLEIN B.G.; CUNNINGHAM J.G. *Tratado de fisiologia veterinária*. Saunders, Elsevier, 4 edição, 2008, pág.710.

LANGOHR, I. M.; IRIGOYEN, L. F.; LEMOS, R. A. A.; BARROS, C. S. L. Aspectos epidemiológicos, clínicos e distribuição das lesões histológicas no encéfalo de bovinos com raiva. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.125-131, 2003.

LAOTHAMATAS, J.; WACHARAPLUESADEE, S.; LUMLERTDACHA, B.; AMPAWONG, S.; TEP SUMETHANON, V.; SHUANGSHOTI, S.; PHUMESIN, P.; ASAVAPHATIBOON, S.; WORAPRUEKJARU, L.; AVIHINGSANON, Y.; ISRASENA, N.; LAFON, M.; WILDE, H.; HEMACHUDHA, T. Furious and paralytic rabies of canine origin: Neuroimaging with virological and cytokine studies. **Journal of NeuroVirology**, v.14, n. 2, p.119-129, 2008.

LEMOS. R. A. A. *Enfermidades do sistema nervoso de bovinos de Corte das regiões centro-oeste e sudeste do Brasil*. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal, 149p. (Tese de Doutorado), 2005.

MANI, J; REDDY, B. C.; BORGOHAIN, R.; SITAJAYALAKSHMI, S.; SUNDARAM, C.; MOHANDAS, S. Magnetic resonance imaging in rabies. **Postgrad Med J**, v.79, p.352–354, 2003.

MADARAME, H.; AZUMA, K.; NOZUKI, H.; KONNO, S. Cerebellar Hypoplasia Associated with Arnold-Chiari Malformation in a Japanese Shorthorn Calf. **J Comp Path**, v.104,1991.

MAGALHÃES, A. C. A. Ressonância magnética do sistema nervoso central. **Atheneu**, p.1-26,1999.

MARTUCCI, F.; ACUTIS, P.; MAZZA, M.; NODARI, S.; COLUSSI, S.; CORONA, C.; BAROCCI, S.; GABRIELLI, A.; CARAMELLI, M. CASALONE, C. MORONCINI, G. Detection of typical and atypical bovine spongiform encephalopathy and scrapie prion strains by prion protein motif-grafted antibodies. **Journal of General Virology**, v.90, p.1048–1053, 2009.

MENDES, L.C.N.; BORGES, A.S.; PEIRÓ, J.R.; FEITOSA, F.L.F.; ANHESINI, C.R. Estudo retrospectivo de 19 casos de polioencefalomalácia, em bovinos, responsivos ao tratamento com tiamina. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, n.1, p.239-241, 2007.

MORIN, D. E. Brainstem and cranial nerve abnormalities: listeriosis, otitis media/interna, and pituitary abscess syndrome. **Vet Clin Food Anim**, v.20, p.243–273,2004.

MUHAMMAD, I.; MAHMOOD, S. An overview of animal prion diseases. **Virolog Jour**, v.8, n.493, 2011.

MCGOWAN. J. C. Basic Principles of Magnetic Resonance Imaging. **Neuroimag. Clin. N. Am.** Elsevier, v. 18, p. 623–636, 2008.

OEVERMANN, A., DI PALMA, S., DOHERR, M.G., ABRIL, C., ZURBRIGGEN, A., VANDEVELDE, M. Neuropathogenesis of naturally occurring encephalitis caused by *Listeria monocytogenes* in ruminants. **Brain Pathology**, v.20, p.378–390, 2010.



PURCELL, E. M.; TORREY, H. C.; POUND, R. V. Resonance absorption by nuclear magnetic moments in a solid. **Physical Review**, v.69, n.1-2, p.37-38, 1945.

PYKETT, I.L.; NEWHOUSE, J. H.; BUONANNO, F. S., BRADY, T. J., GOLDMAN, M. R.; KISTLER, J. P.; POHOST, G. M. Principles of nuclear magnetic resonance imaging. **Radiology Linois**, v.143, p.157-168, 1982.

RATH, T. J.; HUGHES, M.; ARABI, M.; SHAH, G. V. Imaging of Cerebritis, Encephalitis, and Brain Abscess. **Neuroimag Clin N Am**, v.22, p.585–607, 2012.

RICHT, J. A.; KUNKLE, R.; ALT, D.; NICHOLSON, E. M.; HAMIR, A. N.; CZUB, S.; KLUGE, J. DAVIS, A. J. S.; HALL, M. Identification and characterization of two bovine spongiform encephalopathy cases diagnosed in the United States. **J Vet Diagn Invest**, v.19, p.142–154, 2007.

SANCHES, A.W.D., LANGOHR, I.M., STIGGER, A.L., BARROS, C.S.L. Diseases of the central nervous system in cattle of southern Brazil. **Pesq Vet Bras**, v.20, p.113–118, 2000.

SANT'ANA, F. J. F.; BARROS, C.S.L. Polioencephalomalacia in ruminants in Brazil. **Braz J Vet Pathol**, v.3, n.1, p.70-79, 2010.

SOULIÉ, D.; MEYER, P.; RAYNAUD, M.; BERGE, J.; DOUSSET, V. MRI and *Listeria monocytogenes* rhombencephalitis. **Journal de Radiologie**, v.77, n.7, p.489-496, 1996.

SCARRATT, W. K. Cerebellar disease and disease characterized by dysmetria or tremors. **Vet Clin Food Anim**, v.20, p. 275–286, 2004.

SCHENK, H. C.; GANTER, M.; SEEHUSEN, F.; SCHROEDER, C.; GERDWILKER, A.; BAUMGAERTNER, W.; TIPOLD, A. Magnetic Resonance Imaging Findings in Metabolic and Toxic Disorders of 3 Small Ruminants. **J Vet Intern Med**, v.21, p.865–871, 2007.

SCHERZINGER, A.L.; HENDEE, W.R. Basic principles of magnetic resonance imaging-An update. **West J Med Dec**, v.143, p.782-792, 1985.

SCHMIDT, M.J.; LANGEN, N.; KLUMPP, S.; NASIRIMANESH, F.; SHIRVANCHI, P.; ONDREKA, N.; KRAMER, M. A study of the comparative anatomy of the brain of domestic ruminants using magnetic resonance imaging. **The Vet Jour**, v.191, p.85–93, 2012.

SCHMIDT, M. J.; PILATUS, U.; WIGGER, A.; KRAMER, M.; OELSCHLÄGER, H. A. Neuroanatomy of the Calf Brain as Revealed by High-Resolution Magnetic Resonance Imaging. **Journal of morphology**, v. 270, p. 745–758, 2009.

SCHMIDT, M.J.; LANGEN, N.; KLUMPP, S.; NASIRIMANESH, F.; SHIRVANCHI, P.; ONDREKA, N.; KRAMER, M. A study of the comparative anatomy of the brain of domestic ruminants using magnetic resonance imaging. **The Veterinary Journal**, v.191, p. 85–93, 2012.

SMITH, P. G.; BRADLEY, R. Bovine spongiform encephalopathy (BSE) and its epidemiology. **British Medical Bulletin**, v.66, p.185–198, 2003.

STOKOL, T.; DIVERS, T. J.; ARRIGAN, J. W.; MCDONOUGH, S. P. Cerebrospinal fluid findings in cattle with central nervous system disorders: a retrospective study of 102 cases (1990–2008). **Vet Clin Pathol**, v.38, n.1, p.103–112, 2009.

SWAMINATHAN, B.; SMIDT, P. G. The epidemiology of human listeriosis. **Microbes and Infection**, v. 9, p. 1236-1243, 2007.

TUCKER, R.L.; SAMPSON.S.N. Magnetic resonance protocols for the horse. **Clin. Tech. Equine Pract.** Elsevier, v.6, p. 2-15, 2007.

TSUKA, T.; TAURA, Y. Abscess of Bovine Brain Stem Diagnosed by Contrast MRI Examinations. **J Vet Med Sci**, v.61, n.4, p. 425–427, 1999.

TSUKA, T.; TAURA, Y.; OKAMURA, S.; TAMURA, H.; OKAMOTO, Y.; OKAMURA, Y.; MINAMI, S. Imaging diagnosis-polioencephalomalacia in a calf. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.49, n. 2, p.149–151. 2008.

TSUKA, T.; HASEGAWA, K.; MORIMOTO, M.; HAYASHI, T.; OKAMOTO, Y.; MINAMI, S.; IMAGAWA, T.; TAURA Y. Quantitative investigation and classification by MRI of residual cleft cysts in the pituitary glands of cows. **Vet. Record**, v.164, p.588-591, 2009.

VAZQUEZ, J.M.; RIVERO, M.; GIL, F.; RAMIREZ, J.A.; RAMIREZ, G.;VILLAR, J.M.; ARENCIBIA, A. Magnetic resonance imaging of two normal equine brains and their associated structures. **Veterinary Record**, v.148, p.229-232, 2001.

VILLAFANA, T. Fundamental physics of magnetic resonance imaging. **Radiologic Clinics of North America**, v.26, n.4, p.701-715, 1988.

ZEIDLER, M.; SELLAR, R.J.; COLLIE, D.A.; KNIGHT, R.; STEWART, G.; MACLEOD, M.A.; IRONSIDE, J.W.; COUSEMS, S.; COLCHESTER, A.F.C.; HADLEY, D.M.; WILL, R.G. The pulvinar sign on magnetic resonance imaging in variant Creutzfeldt-Jakob disease. **The Lancet**, v.355, 2000.

WINTER.M.D. The Basics of Musculoskeletal Magnetic Resonance Imaging terminology, Imaging Sequences, Image Planes, and Descriptions of Basic Pathologic Change. **Vet. Clin. Equine**, v. 28, p. 599–616, 2012.

WONG, B.; CHEN, S. G.; COLUCCI, M.; XIE, Z.; PAN, T.; LIU, T.; LI, R.; GAMBETTI, P.; SY, M.; BROWN, D. Aberrant metal binding by prion protein in human prion disease. **J. Neurochem**, v. 78, p.1400±1408, 2001.

## ANEXO

## Figuras



Figura 5 - Aparelho de Ressonância Magnética *ESAOTE 0.25 T Vet-MR GRANDE* e bobina *C-shaped coil*.



Figura 6 – Técnico do Setor de Ressonância Magnética do Departamento de Diagnóstico por Imagem e aluna de pós-graduação. Computador com software de recepção para transferência das imagens para o sistema *Synapse® Pacs*.

## Author Guidelines

### Scope and Aims

*Veterinary Radiology & Ultrasound* is a bimonthly, international, peer-reviewed, research journal devoted to the fields of veterinary diagnostic imaging and radiation oncology. It is the official journal of the American College of Veterinary Radiology, Australasian Association of Veterinary Diagnostic Imaging, European College of Veterinary Diagnostic Imaging, European Association of Veterinary Diagnostic Imaging, and International Veterinary Radiology Association. *Veterinary Radiology & Ultrasound* is also represented on the Committee on Publication Ethics.

The mission of *Veterinary Radiology & Ultrasound* is to serve as a leading resource for high quality articles that advance scientific knowledge and standards of clinical practice in the areas of veterinary diagnostic radiology, computed tomography, magnetic resonance imaging, ultrasonography, nuclear imaging, radiation oncology, and interventional radiology. Manuscript types include original investigations, imaging diagnosis reports, review articles, editorials and letters to the Editor. Acceptance criteria include originality, significance, scientific quality, reader interest, composition and adherence to author guidelines.

The time from submission to first decision averages less than 30 days. Currently papers are published online with a DOI and Pubmed ID on Wiley-Blackwell's "EarlyView" within 60 working days from the date of final edit.

### Editorial Policy

In general, *Veterinary Radiology & Ultrasound* follows the "Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals" published by the International Committee of Medical Journal Editors <http://www.icmje.org>. *Veterinary Radiology & Ultrasound* also adheres to the WAME Principles of Transparency <http://www.wame.org/News/Details/2> and Best Practice in Scholarly Publishing (<http://www.wame.org/resources/principles-of-transparency-and-best-practice-in-scholarly-publishing>.) Manuscripts of original research are accepted with the understanding that they are contributed solely to this journal. Text, figures and tables must not be under consideration by another publication. We reserve the right to reject any material submitted for publication, including advertisements. The Editor and Associate Editors accept no responsibility for opinions expressed by

contributors. Editors reserve the right to introduce changes to make manuscripts conform to the editorial standards of *Veterinary Radiology & Ultrasound*. This journal employs a plagiarism detection system. By submitting a manuscript to this journal the authors accept that it will be screened for plagiarism against published works. Authors must state any direct or indirect financial interest they may have in the subject matter of a submitted manuscript. Written permission from the publisher (and the author when applicable) is required to reproduce any previously published figures and tables. Any such material must be clearly noted and its source given in the manuscript. Authors must affirm their compliance with NIH guidelines for use of animals or approval by the appropriate institutional review board or animal care committee for studies involving animals.

### **Ethical Considerations**

As part of Wiley-Blackwell's commitment to providing guidance and support to journal Editors in handling actual or suspected infringements of publication ethics, *Veterinary Radiology & Ultrasound* is a member of the **Committee on Publication Ethics (COPE)**. COPE was founded 10 years ago by a group of medical journal editors concerned about publication misconduct, e.g. plagiarism, attempted or actual redundant publication, attempts to pass off fraudulent data, unethical research, breaches of confidentiality, and so on. The journal's membership on COPE sends a signal to authors and reviewers that we uphold the highest ethical standards, and that journal misconduct, although highly uncommon, will not be tolerated. Benefits of membership include the ability to bring cases to the quarterly COPE Forum for advice and to also obtain confidential advice on sensitive ethical issues from COPE's chairman or officers.

*Veterinary Radiology & Ultrasound* employs a single-blinded peer review system for evaluation of manuscripts. Reviewers are charged with maintaining confidentiality and disclosing conflicts of interest. Authors may designate preferred or non-preferred reviewers during the manuscript submission process. The Editor will take author preferences into consideration when choosing reviewers but will not be required to adhere to them. Bases for reviewer evaluations and Editor acceptance decisions include the following criteria:

- Originality, novelty
- Significance, importance
- Scientific quality, hypothesis, experimental design
- Interest for VRU readers
- Composition, clarity, and organization
- Adherence to VRU author guidelines

## Manuscript Types

Manuscript subject matter should address **important problems in the fields of veterinary radiology or radiation oncology** and manuscript phrasing should be **understandable for a broad international readership**. Authors are encouraged to consult the Editor-in-Chief before submission if they have any questions.

**General types of manuscripts:** authors will be asked to select one of the following manuscript types during the upload process

- **Original investigation:** Advances knowledge through investigation of new (prospective) or archived (retrospective) material.
- **Review article:** Invited report reviewing the literature on a timely and important topic. Prior approval by the Editor required.
- **Imaging diagnosis:** Short case report describing novel imaging and correlative pathologic findings in an individual patient (Abstract less than 100 words, 4 or fewer illustrations). Will be published as an electronic-only publication beginning in 2015. Maximum of three published per issue.
- **Editorial:** Commentary by member of the editorial board.
- **Letter to the Editor:** Letters from readers commenting on any aspect of journal material or policy.
- **Other:** Papers that do not fit into the above categories. Prior approval by the Editor required.

## Preferred manuscript characteristics:

- compares **affected and control populations**
- compares imaging characteristics with an **appropriate “gold” or reference standard**
- answers a **specific question** or introduces a **new discovery**
- provides **important mechanistic insights, illuminates a novel principle or challenges a conventional dogma**
- tests hypotheses using **large numbers of cases** and **robust statistical power**, ex. multi-institutional study
- validates new technological advancements or clinical applications
- compares **accuracy, repeatability, reliability and/or diagnostic sensitivity** of two or more imaging or interventional methods
- tests effects of technical parameters or training on **observer performance**
- tests effects of **pedagogy techniques** on veterinary radiology or radiation oncology student performance
- tests **efficacy** of interventional radiology or radiation oncology treatments

## Manuscript Preparation

Click below for Word document template versions of manuscript preparation instructions.



## Original Investigations Imaging Diagnosis

- **Careful adherence to author guidelines** increases the likelihood of acceptance and minimizes editorial turnaround time. Papers not in accordance with author guidelines may be returned to the corresponding author for correction before peer review.
- Manuscripts must be written in **standard scientific English language**. Wiley offers an English Language Editing Service for authors who would like assistance with this. [Visit our site](#) to learn about the options. Please note that using the Wiley English Language Editing Service does not guarantee that your paper will be accepted by this journal.
- Manuscripts should be checked for **spelling and grammar errors** prior to submission. Papers with multiple spelling and grammar errors may be returned for correction before peer review.
- **Anatomic terminology** should conform to the most recent version of *Nomina Anatomica Veterinaria*.
- **Names of equipment, software, medications, products, etc.** must be followed by the name, city and state of the manufacturer in parentheses. The use of generic names is preferred to the use of brand names or trademarked names.
- All **units of measurement** should be listed in Système International (SI) units. Non-SI units may be used after the SI units but should be placed in parentheses.
- **Use of non-standard abbreviations** (i.e. other than those commonly used for imaging modalities or measurement units) is **discouraged**. **Terms should be spelled out in full** in the manuscript title, throughout the body of the paper, and in the titles of tables. Abbreviated terms within tables or figures should be defined.
- Prepare the manuscript as **a single document in the following order using a Microsoft Word compatible word processing program**. The manuscript must be **double-spaced using font size 12 with a 1” margin** all over. Number each page, starting with title page. Number each line continuously throughout the document and do not restart line numbering with each page. **Do not embed figures** in the manuscript document.
  1. Title page
  2. Abstract
  3. Text (main body)
  4. Acknowledgments
  5. References
  6. Tables

7. Figure captions

8. Appendix

**Components to be included in the Main Manuscript Document:** (Ref: “Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals”, <http://www.icmje.org>; and “STROBE checklists for cohort, case control, and cross-sectional studies” <http://www.strobe-statement.org/index.php?id=available-checklists>)

### 1. Title Page:

- **Title:** The title should accurately reflect the study design and subject of the paper. Authors should include all information in the title that will make electronic retrieval of the article both sensitive and specific. Capitalize each word in the title (title case).

- **Authors:** Include the first name (no initials), middle name or initial(s) (optional), last name of all authors. Do not list academic degrees or specialty board certification. List authors in descending order of their percentage contribution to the paper. First authors who are students or residents-in-training should list their four mentoring author as the corresponding author for the paper **All listed authors should meet the following four criteria.** Other contributors to the paper should be listed in the acknowledgments.

- 1) Substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data for the work; AND

- 2) Drafting the work or revising it critically for important intellectual content; AND

- 3) Final approval of the version to be published; AND

- 4) Agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

- **Key words:** List up to 5 key words that will help other researchers or practitioners find your paper when they use electronic database searches.

- **Running Head:** Specify a running head (maximum 45 characters) that condenses the subject of the paper. This will be printed at the top of each published page.

- **Funding sources:** Specify all funding sources (grants or institutional or corporate support).

- **Previous presentations or abstracts:** Specify the meeting, if any, at which portions of the paper were presented.

## 2. Abstract:

- The abstract should contain  $\leq$  **250 words (100 words for Imaging Diagnosis submissions)**, and should **not** be broken down into subheadings.
- The abstract should state the importance of the problem being addressed, the study's purpose, basic procedures (selection of study subjects, observational and analytical methods), most important findings (giving specific effect sizes and their statistical significance, if possible), and most important conclusions.
- The abstract should emphasize new and important aspects of the study or observations.
- Because abstracts are the only substantive portion of the article indexed in many electronic databases, and the only portion many readers read, authors need to be careful that they accurately reflect the content of the article.

### 3a. Text, Original investigations:

**Introduction:** The introduction section should be concise ( 3 paragraphs) and orient the reader to the problem being addressed by the study

- Describe the nature of the problem and its importance.
- State the specific purpose(s) or research objective(s) of, or hypothesis(es) tested by, the study.
- Avoid lengthy literature reviews. Provide only findings from the most directly pertinent references.
- Do not include data or conclusions from the work being reported.

**Methods:** The Methods section should include only information that was available at the time the plan or protocol for the study was being written; all information obtained during the study belongs in the Results section.

- **Selection and Description of Subjects:** State whether the study was approved by and conducted in accordance with an Institutional Animal Care and Use Committee. Describe your selection of the study participants clearly, including eligibility and exclusion criteria. Describe the source population and define how decisions were made. Other descriptions should be put into the results section.
- **Technical Information:** Include descriptions of imaging techniques in the Methods section if they were among the criteria for inclusion in the study. If not, put this information into the results section. Identify the methods, apparatus (give the manufacturer's name and address in

parentheses), and procedures in sufficient detail to allow others to reproduce the results (specific guidelines developed by the Diagnostic Imaging Service, Faculty of Veterinary Medicine, University of Montreal are listed for each modality below). Use citations to reference established methods, including statistical methods (see below); provide references and brief descriptions for methods that have been published but are not well-known; describe new or substantially modified methods, give the reasons for using them, and evaluate their limitations. Identify precisely all drugs and chemicals used, including generic name(s), dose(s), and route(s) of administration.

### **Magnetic Resonance Imaging**

- System brand (name, city and country of fabrication)
  - Strength of magnetic field
  - Type of coil For each sequence used:
    - Generic sequence name (i.e. SE, FSE, GRE, SPGR, FLAIR, STIR, etc...)
    - and manufacturer specific name if necessary
    - Image weighting
    - Plane of acquisition
    - 2D vs 3D acquisition
    - Echo time (TE)
    - Repetition time (TR)
    - Inversion time (TI)
    - Flip angle for gradient sequences
    - Number of acquisitions (NEX)
    - Slice thickness and interslice gap
    - Field of view and matrix dimensions
    - Imaging options, if applicable: saturation (fat or water), magnetization transfer, parallel imaging, etc...
  - For contrast-enhanced studies:
    - Medium used (generic and brand names [city and country of fabrication])
    - Dose and route of administration
    - Rate of delivery and specify whether or not a pressure injector was used (including brand name [city and country of fabrication])
    - Time delay (s) between administration and image acquisition (s)
  - Describe particular parameters for special studies (MRA, Diffusion, EPI, spectroscopy, etc.)
- 
- **Data recorded:** Specify methods used for locating, selecting, extracting,

and synthesizing data. These methods should also be summarized in the abstract. Specify how many observers were involved in data recording and how they were selected. Specify whether decisions were based on independent or consensus opinions. Specify what information observers were or were not aware of at the time of data recording. Define criteria used for making decisions.

- **Statistics:** Specify who selected and completed statistical tests. Specify the software used for analyses. Describe statistical methods with enough detail to enable a knowledgeable reader with access to the original data to verify the reported results. When possible, quantify findings and present them with appropriate indicators of measurement error or uncertainty (such as confidence intervals). Specify P value used for determining statistical significance. References for the design of the study and statistical methods should be to standard works when possible (with pages stated). Define statistical terms, abbreviations, and most symbols.

- **Results:** Present results in a logical sequence in the text, tables, and illustrations, giving the main or most important findings first. Do not repeat all the data in the tables or illustrations in the text; emphasize or summarize only the most important observations. Extra or supplementary materials and technical detail can be placed in an appendix where they will be accessible but will not interrupt the flow of the text, or they can be published solely in the electronic version of the journal. When data are summarized in the Results section, give numeric results not only as derivatives (for example, percentages) but also as the absolute numbers from which the derivatives were calculated, and specify the statistical methods used to derive findings. Restrict tables and figures to those needed to explain the argument of the paper and to assess supporting data. Use graphs as an alternative to tables with many entries; do not duplicate data in graphs and tables. Avoid nontechnical uses of technical terms in statistics, such as “random” (which implies a randomizing device), “normal,” “significant,” “correlations,” and “sample.” Where scientifically appropriate, analyses of the data by such variables as age and sex should be included.

- **Discussion:** Emphasize the new and important aspects of the study and the conclusions that follow from them. Do not repeat in detail data or other information given in the Introduction or the Results section. Do not include

new results in this section that were not reported in the results section. For experimental studies, begin the discussion by briefly summarizing the main findings, then exploring possible mechanisms or explanations for these findings. Compare and contrast the results with other relevant studies, state the limitations of the study, and recommend future research. Link the conclusions with the goals of the study but avoid unqualified statements and conclusions not adequately supported by the data. Avoid alluding to work that has not been completed or published. Avoid lengthy literature reviews.

### **3b. Text, Imaging Diagnosis studies**

- Signalment, history, and clinical findings: Specify age, breed, gender and species of patient. Specify the reason the patient was presented for imaging and key findings from clinical examinations.
- Imaging, diagnosis and outcome: Describe the imaging procedure, including technical parameters and equipment used. Describe the imaging findings. Describe the final diagnosis based on pathologic correlation. Describe follow-up outcome information.
- Discussion: Emphasize the new and important aspects of the case and the conclusions that are supported by findings. Explain how imaging findings contributed to case management. Compare findings with previous publications. Do not repeat in detail data or other information given in previous sections.

## **4. Acknowledgments**

- List contributors to the paper who did not meet the criteria for authorship. Examples of those who might be acknowledged include clinicians/pathologists doing their usual duties; observers in multi-observer studies; a person who provided purely technical help, writing assistance, statistical analyses; or a department chairperson who provided only general support.
- Financial and material support should also be acknowledged.
- Acknowledge only persons who have made substantive contributions to the study.
- Authors should obtain written permission from everyone acknowledged by name because readers may infer their endorsement of the data and conclusions. The journal accepts no responsibility for individuals acknowledged without their permission.

## 5. References

- Should be cited in consecutive numeric order at first mention in the text and designated by superscript number. Superscript numbers should be placed after the punctuation marks.
- Do not include the name of the author of a citation when referring to that work in the text, e.g. In 2009, Smith found.
- Reference style should be based on an ANSI standard style adapted by the National Library of Medicine. For samples of reference citation formats, authors should consult the National Library of Medicine web site [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html).
- Titles of journals should be abbreviated according to the style used in Index Medicus. Consult the following web site for a list of journals indexed: <http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>
- “Unpublished observations”, “unpublished data”, “article in preparation or submitted”, “personal communications” should not be used as references. • References listed as “in press” must have been accepted for publication.
- The author is responsible for the accuracy of all references and must verify them against the original document.

## 6. Tables

- Tables that concisely summarize data are encouraged. Detailed tables enumerating specific individual patient criteria or findings are discouraged. These clinical data are generally more useful when summarized and placed into the text. If authors strongly believe these details are critical for understanding the paper, they may be inserted as an Appendix (see Appendix below).
- Number all tables consecutively with Arabic numbers in order of appearance and insert a citation for each table at the most relevant location in the text section of the main document. Ex. (Table 1).
- Type each table double-spaced and insert page or section breaks between tables.
- Table titles should have the first letter of each word as upper case (except prepositions, conjunctions and articles). Every table must have a title typed above the tabular material.
- Symbols for units should be used in column headings, not in the title.
- Do not use internal horizontal or vertical lines; place horizontal lines between table caption and column headings, under column headings, and at the bottom of the table (above the footnotes, if any).

- Place explanatory matter in footnotes, not in the heading.
- Indicate normal range for instruments or scales.
- All abbreviations must be spelled out in footnotes. Use the following symbols in this sequence for footnotes: \*, †, ‡, §, ||, ¶, #, \*\*.

## 7. Figure legends

- Figure legends must be included as part of the main word document; do not submit figure legends as a separate word document. Type or print out legends for illustrations using double spacing, starting on a separate page, with Arabic numerals corresponding to the illustrations.
- Copy and paste the figure legend into the text box provided when the image is uploaded so that it will also be displayed under the image in the final pdf document.
- When symbols, arrows, numbers, or letters are used to identify parts of the illustrations, identify and explain each one clearly in the legend.
- Define any abbreviations used in figures or figure legends.
- Explain the internal scale and identify the method of staining in photomicrographs.
- Provide key technical and image acquisition parameters in the legend. (see details in the method guidelines above)
- Radiographic images should be named according to the direction in which the central ray penetrates the part of interest, from point-of-entrance to point-of-exit.

## 8. Appendix

- When essential for the understanding of the study, detailed information such as mathematical derivations, statistical analyses, and procedural descriptions may be presented in one or more appendices.
- Include in the appropriate section of the text (e.g., Materials and Methods, Results) a brief summary of the information contained in the Appendix and make reference to the corresponding Appendix in numerical order. Ex. Appendix 1

## Figures

- For CT and MR images, the following guidelines should be used for image orientation:
  - o Head and Spine:
    - sagittal plane: cranial (rostral) to left, dorsal at top
    - transverse plane: dorsal at top, left to reader's right



- dorsal plane: cranial (rostral) at top, left to reader's right
  - o Thorax and Abdomen: Display images as they were acquired.
- Extremities:
  - Sagittal plane: dorsal to left, proximal at top
  - Transverse plane: dorsal at top, patient's left to viewer's right
  - Dorsal plane: proximal at top, patient's left to viewer's right
- A figure legend must be provided for each figure and inserted into the main document (see above).
- All patient identification information (name, medical record number, etc.) must be removed, blocked or masked in each figure.
- Number all figures consecutively with Arabic numbers in order of appearance and insert a citation for each figure at the most relevant location in the text section of the main document. Ex. (Fig. 1). If figures are divided into components, insert a citation for each component at the relevant location in the text. Ex. (Fig. 1A)
- Figures must be submitted as separate individual files in **non-compressed .tiff, high resolution EPS or .png format. Image figures** must be at a **resolution of 300 dpi**. Image files should be created from **original DICOM format files rather** than converted from compressed jpg files. **Graph or line drawing figures** must be at a resolution of **600 dpi**.
  - o A **single column** figure will appear at a width of **3.34 inches** and a **double column illustration** will appear with a width of **6.84 inches**.Generally, figures are printed using single-column width. Authors should keep this size in mind and use cropping where possible to emphasize the main point for each figure.