



GABRIELA OLIVEIRA PESSOA

**ABDOMINAL CAVITY ULTRASONOGRAPHY IN A
MANGALARGA MARCHADOR HERD**

**LAVRAS - MG
2023**

GABRIELA OLIVEIRA PESSOA

**ABDOMINAL CAVITY ULTRASONOGRAPHY IN A MANGALARGA
MARCHADOR HERD**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Doutor.

Dra. Ana Paula Peconick
Orientadora

Dra. Ticiania Meireles Sousa
Dr. Antônio Carlos Cunha Lacrete Junior
Coorientadores

**LAVRAS -MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pessoa, Gabriela Oliveira.

Abdominal cavity ultrasonography in a Mangalarga Marchador
herd / Gabriela Oliveira Pessoa. - 2023.

70 p. : il.

Orientadora: Ana Paula Peconick.

Coorientadores: Ticiania Meireles Sousa, Antônio Carlos Cunha
Lacreta Junior.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Ultrassom. 2. Cavalo. 3. Potro. I. Peconick, Ana Paula. II.
Sousa, Ticiania Meireles. III. Lacreta Junior, Antônio Carlos
Cunha. IV. Título.

GABRIELA OLIVEIRA PESSOA

**ABDOMINAL CAVITY ULTRASONOGRAPHY IN A MANGALARGA
MARCHADOR HERD**

**ULTRASSONOGRAFIA DA CAVIDADE ABDOMINAL EM UM REBANHO DE
MANGALARGA MARCHADOR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 20 de abril de 2023.

Dra. Ana Paula Peconick	UFLA
Dra. Raquel Silva Moura	UFLA
Dra. Ticiania Meireles Sousa	UFLA
Dr. Miller Pereira Palhão	UFLA
Dr. Luthesco Haddad Lima Chalfun	UNILAVRAS

Dra. Ana Paula Peconick
Orientadora

Dra. Ticiania Meireles Sousa
Dr. Antônio Carlos Cunha Lacrete Junior
Coorientadores

**LAVRAS -MG
2023**

*À todos que participaram de alguma forma dessa jornada. O trabalho não poderia ter sido
concluído sem o auxílio e a presença de vocês.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sua fiel providência. Tudo em minha vida tem sido divinamente concretizado.

Agradeço a minha filha Mariana por me desafiar a ser exemplo e, assim, me mostrar que posso fazer mais e melhor.

Agradeço ao meu marido Henrique, pelo apoio e risadas. E, em conjunto com seu pai, Jorge, por ceder os animais e serem tão desapegados da estética pós tricotomia.

Agradeço à minha mãe, Ana Maria, pelo apoio e incentivo.

Agradeço à Valéria, pelo apoio e por cuidar da Mariana enquanto estava realizando os exames.

Aos meus auxiliares, Rafael, Miro, Alan, Flávio Tuia, Helber e tantos outros que ajudaram no manejo dos animais. Obrigada pela dedicação, paciência e boa vontade.

À Prof^a Dr^a Ana Paula, pela disponibilidade e atenção.

Ao Prof. Dr. Antônio Lacreta e à Prof^a Dr^a Ticiania, pelo incentivo, interesse e prontidão.

Ao Prof. Dr. Marcos Ferrante, pela solicitude e por toda ajuda na reta final.

À FAPEMIG e à UFLA por possibilitarem a execução do projeto.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e contribuição para o trabalho.

“Você não sabe o quanto eu caminhei pra chegar até aqui...”

Cidade Negra

RESUMO GERAL

A ultrassonografia é um exame muito utilizado na rotina de atendimento clínico de equinos. Objetivou-se na presente proposta avaliar ultrassonograficamente animais Mangalarga Marchador sadios, desde o nascimento até 5 anos de idade, determinando medidas de estruturas, características e limites topográficos de órgãos abdominais. Foram utilizados, em cada grupo experimental, 20 equinos da raça Mangalarga Marchador, de ambos os sexos com idades 1 dia, 7 dias, 15 dias, 1 mês, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 meses, 1 ano, 3 anos e 5 anos. A avaliação ultrassonográfica dos órgãos abdominais foi feita por meio do aparelho Mindray Z5 com transdutor multifrequencial convexo. Foram aferidos frequência cardíaca, frequência respiratória, tempo de reperfusão capilar e temperatura retal. Realizou-se estatística descritiva para cada medida e analisado o percentil no programa Microsoft Excel®. Definiu-se a localização, características e medidas ultrassonográficas de estômago, intestino delgado, cólon, baço, rins e bexiga. O crescimento contínuo de baço e rins foi observado, sendo mais acentuado nos primeiros meses de vida. Valores de espessura de parede de estômago, intestino delgado e cólon não variaram muito nos animais a partir de 3 meses de idade. Apenas animais de 5 anos apresentaram um mínimo de 4 movimentos por minuto de duodeno. A ultrassonografia abdominal é capaz de oferecer informações estruturais e funcionais dos órgãos. O acompanhamento ultrassonográfico dos animais saudáveis em diferentes idades permitiu o estabelecimento de valores normais para serem utilizados como referência em futuros atendimentos.

Palavras-chave: Ultrassom. Cavalos. Potros. Abdômen. Crescimento.

GENERAL ABSTRACT

Ultrasonography is an exam very used in equine clinical health care routine. The objective of the present proposal was to evaluate healthy Mangalarga Marchador animals ultrasonographically, from birth to 5 years of age, to determine structures measures, characteristics and topographic limits of abdominal organs. In each experimental group, 20 Mangalarga Marchador horses, of both sexes, aged 1 day, 7 days, 15 days, 1 month, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 months, 1 year, 3 years and 5 years were used. The ultrasound evaluation of abdominal organs was performed using the Mindray Z5 device with a convex multifrequency transducer. Heart rate, respiratory rate, capillary reperfusion time and rectal temperature were measured. Descriptive statistics were performed for each measurement and the percentile was analyzed in the Microsoft Excel® program. The ultrasound location, characteristics and measurements of stomach, small intestine, colon, spleen, kidneys and bladder were defined. The continuous growth of the spleen and kidneys was observed, being more accentuated in the first months of life. Stomach, small intestine and colon wall thickness values did not vary much in animals from 3 months of age. Only 5-year-old animals showed a minimum of 4 movements per minute of duodenum. Abdominal ultrasound is able to provide structural and functional information about the organs. The ultrasound monitoring of healthy animals at different ages allowed the establishment of normal values to be used as a reference in future services.

Keywords: Ultrasound. Horse. Foal. Abdomen. Growth.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

Figura 1 - Pontos de avaliação do exame FLASH em equinos	22
Figura 2 - Distribuição das janelas ultrassonográficas	23
Figura 3 - Fotografia do lado esquerdo do abdômen, ilustrando as seis regiões para exame ultrassonográfico	25

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

Figure 1: Ultrasonographic image of the stomach in the 12th left intercostal space on shoulder's level. The image was obtained using a convex transducer at 4.5 MHz at a depth of 14,8 cm. LDC: left dorsal colon. Measure: 4,2mm.....	42
Figure 2: Ultrasonographic image of the duodenum in the 13th right intercostal space space on shoulder's level. The image was obtained using with a convex transducer at 4.5 MHz at a depth of 16.6 cm. RDC: right dorsal colon. Measure: 2.9 mm.....	43
Figure 3: Ultrasonographic image of the jejunum in the middle third of the left paralumbar fossa. The image was obtained with convex transducer at 4.5 MHz at a depth of 18.5 cm. LDC: left dorsal colon. Measure: 2.7 mm.....	44

ARTIGO 2

Figure 1: Figure 1: Structures found on the left side of the abdomen. A – Left dorsal large colon; B – Left ventral large colon; C – Small colon.....	53
Figure 2: Structures found on the right side of the abdomen. A – Right dorsal large colon; B – Right ventral large colon; C – Cecum.....	55

ARTIGO 3

Figure 1: Ultrasonographic image of the spleen in the 13th left intercostal space. The image was obtained using a 4.5 MHz convex transducer at a depth of 14.4 cm.....	61
--	----

Figure 2: Ultrasound image of the left kidney (A) and the right kidney (B) in the left paralumbar fossa. The image was obtained using a 4.5 MHz convex transducer..... 63

Figure 3: Ultrasonographic image of the bladder in the right inguinal region. The image was obtained using a 4.5 MHz convex transducer at a depth of 16.6 cm..... 66

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

Table 1:	Stomach wall thickness percentiles (mm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	42
Table 2:	Percentiles of the wall thickness (mm) of the left ventral large colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	43
Table 3:	Duodenal movements per minute (mm) of Mangalarga Marchador horses between 4 months and 5 years of age.....	44
Table 4:	Percentiles of wall thickness and jejunal diameter (mm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	45

ARTIGO 2

Table 1:	Percentiles of the wall thickness (cm) of the left dorsal large colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	52
Table 2:	Percentiles of the wall thickness (cm) of the left ventral large colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	52
Table 3:	Percentiles of the wall thickness (cm) of the small colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	53
Table 4:	Percentiles of the wall thickness (cm) of the right dorsal large colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	53
Table 5:	Percentiles of the wall thickness (cm) of the right ventral large colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	54
Table 6:	Percentiles of cecum wall thickness (cm) in Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	54

ARTIGO 3

Table 1:	Spleen width percentiles (mm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	61
----------	--	----

Table 2:	Splenic vein diameter percentiles (mm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	62
Table 3:	Percentiles of length, width, cortex, medulla and pelvis of the left kidney (cm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	63
Table 4:	Percentiles of length, width, cortex, medulla and pelvis of the right kidney (cm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.....	64
Table 5:	Bladder wall thickness percentiles (mm) of Mangalarga Marchador foals between 1 day and 90 days of age.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS

CM	Cólon maior
CMDD	Cólon maior dorsal direito
CMDE	Cólon maior dorsal esquerdo
CMVD	Cólon maior ventral direito
CMVE	Cólon maior ventral esquerdo
FC	Frequência cardíaca
FR	Frequência respiratória
EI	Espaço intercostal
TR	Temperatura retal

LISTA DE SIGLAS

ABCCMM	Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Mangalarga Marchador
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma
FLASH	Fast Localised Abdominal Sonography of Horses
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAP	Ministério da Agricultura e Pecuária
TFAST	Thoracic Focused Assessment with Sonography for Trauma

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
R\$	Real
cm	Centímetro
mm	Milímetro
MHz	Mega Hertz
®	Marca registrada

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	15
1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Importância da equinocultura brasileira.....	16
2.2	Diagnóstico por imagem de equinos	17
2.2.1	Exame ultrassonográfico em equinos	18
2.2.2	Exame ultrassonográfico abdominal em equinos.....	19
2.2.3	Exame ultrassonográfico abdominal do potro	27
2.2.4	Exame ultrassonográfico abdominal do equino adulto	29
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	32
	REFERÊNCIAS	33
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS.....	39
	ARTIGO 1 - ULTRASONOGRAPHY OF THE STOMACH AND SMALL INTESTINE IN HEALTHY MANGALARGA MARCHADOR HORSES FROM BIRTH TO 5 YEARS OF AGE	39
	ARTIGO 2 - CECUM AND COLON ULTRASOUND PARAMETERS IN HEALTHY MANGALARGA MARCHADOR HORSES FROM BIRTH TO FIVE YEARS OF AGE	49
	ARTIGO 3 – ULTRASONOGRAPHY OF THE SPLEEN, KIDNEYS AND BLADDER IN HELATHY MANGALARGA MARCHADOR HORSES FROM BIRTH TO 5 YEARS OF AGE	58

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que o Brasil possua um rebanho de 5.751.798 equinos (IBGE, 2020), sendo 709.000 da raça Mangalarga Marchador alocados em todos os estados do país (ABCCMM, 2023). O estado de Minas Gerais, detém a maior quantidade de animais marchadores registrados e criadores associados, gerando assim, comércio, emprego e renda no agronegócio brasileiro.

O atendimento veterinário a equinos vem sendo cada vez mais especializado e preciso, contando assim, com a utilização de exames complementares na rotina clínica. Exames de imagem vem sendo bastante utilizados no auxílio da construção de diagnósticos e estabelecimento de prognósticos de pacientes. A ultrassonografia é uma ferramenta diagnóstica de enorme importância na clínica médica equina. Por ser um exame dinâmico e rápido, que oferece o resultado instantaneamente, é um recurso cada vez mais utilizado a campo e em hospitais.

Apesar do uso constante do exame ultrassonográfico nos equinos, a repetitividade das técnicas é pouco publicada nesta espécie. Além disso, conforme o potro vai crescendo, seus parâmetros vão se modificando até se igualarem aos dos animais adultos. Durante esse período, as referências se perdem, uma vez que não há na literatura valores específicos para cada faixa etária. Essa determinação quando feita dentro de uma mesma raça é extremamente pertinente, já que existe uma grande variação interracial nestes valores. Desta forma, são necessários estudos que busquem aprofundar o conhecimento sobre a técnica a ser utilizada, as imagens obtidas em cada região e suas variações nos animais. Assim poder-se-ia ter estabelecimento de um diagnóstico preciso, possibilitando um melhor direcionamento do tratamento e prognóstico do paciente.

De acordo com o exposto, objetivou-se avaliar, ultrassonograficamente, equinos Mangalarga Marchador saudáveis, em diversas faixas etárias, determinando os limites topográficos de órgãos abdominais. Também, descrever as características de normalidade nesses animais a fim de determinar padrões de referência para a raça.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da equinocultura brasileira

Em 2008, foi descrito um plantel de 58,7 milhões de equinos no mundo, sendo a maior quantidade na América do Sul (15 milhões), seguido pela Ásia (13,8 milhões), América do Norte (9,8 milhões), América Central (8,7 milhões), Europa (6,3 milhões), África (4,5 milhões) e Oceania (0,41 milhão) (KHADKA, 2010). No ano de 2018, foi estimado no Brasil, um rebanho de 5.751.798 equinos (IBGE, 2020). De acordo com a ABCCMM (2023), existem 709.000 animais Mangalarga Marchador registrados, permanecendo alocados em todas as regiões do país.

No ano de 2014, estimou-se que no país havia uma população de equinos numerosa, com mais de cinco milhões de indivíduos, sendo Minas Gerais o estado com maior número de animais, seguido por Rio Grande do Sul e Bahia (MAPA, 2016). Segundo o mesmo autor, as raças predominantes são Mangalarga Marchador, Nordestino, Quarto de Milha e Crioulo, respectivamente. O estado mineiro tem tido tanto seu desenvolvimento social quanto econômico ligado à atividade equestre, sendo polo de importantes criatórios de equídeos do país (VIEIRA et al., 2015). Além disso, é o lugar onde foi iniciada a criação de relevantes raças nacionais, como Jumento Pêga, Campolina, Mangalarga e Mangalarga Marchador.

É de suma importância, destacar a relevância do equino na tração animal. Esse tipo de força ainda representa cerca de 25% da total utilizada nas propriedades rurais, principalmente pela declividade de algumas áreas e tamanho das propriedades no ano de 2006 (MAPA, 2016). No estado de Minas Gerais, 49,49% dos estabelecimentos criam equinos para a lida, 16,57% criam para lazer e esporte, 6,81% com o intuito exclusivamente comercial e, 27,13% tem mais de um objetivo de criação (VIEIRA, 2011).

No ano de 2006, a criação de equídeos no Brasil demonstrou seu papel na economia, gerando 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos e movimentando um valor econômico superior a R\$ 7,5 bilhões por ano (LIMA; SHIROTA; BARROS, 2006). Em 2015, a renda gerada totalizou R\$ 16,15 bilhões e 607.329 pessoas ocupadas diretamente e cerca de 2.429.236 pessoas empregadas indiretamente (MAPA, 2016), demonstrando assim, grande crescimento do setor. Nesse período, houve um maior direcionamento da criação voltada para o público urbano, tanto para lazer quanto para esporte. Os animais para esses fins requerem maiores cuidados e gastos, movimentando as indústrias de medicamentos, ferrageamento, cosméticos, entre outras. Ainda, em conjunto, houve o aumento no número e tamanho de eventos equestres,

gerando renda a muitas pessoas (MAPA, 2016). No ano de 2014, o faturamento da indústria farmacêutica veterinária atingiu 23,9 bilhões de dólares no mundo, dos quais 47% ocorreram nas Américas, com perspectivas de crescimento futuro. Nesse cenário, o Brasil se destaca na segunda posição com o faturamento em torno de oito bilhões de dólares, dos quais cerca de 5% são produtos para equinos (MAPA, 2016).

A raça Mangalarga Marchador lidera o impacto econômico do nicho de gastos com a equinocultura no Brasil, representando 31% da movimentação financeira do setor. Atualmente, o maior número de equinos marchadores está no sudeste do Brasil, totalizando 508.468 animais, pertencendo a Minas Gerais a maior quantidade de espécimes registrados (283.130) (ABCCMM, 2023). Os mineiros aparecem na primeira colocação, tanto na quantidade de sócios (11.346), quanto na quantidade de animais (ABCCMM, 2023), mostrando o crescimento na criação da raça.

2.2 Diagnóstico por imagem de equinos

O exame de imagem é um componente importante para uma compreender melhor certas patologias em equinos. Dos exames de imagem disponíveis para o uso, a ultrassonografia, a radiografia e a tomografia computadorizada podem promover um importante e específico diagnóstico no neonato equino (SPRAYBERRY, 2015). De acordo com Reef, Whittier e Allam (2004a), enquanto a radiografia pode ser facilmente obtida em potros, é limitada para animais adultos.

As radiografias fornecem uma visão geral da área examinada, as ultrassonografias exigem do técnico um conhecimento mais profundo das estruturas anatômicas presentes na região de interesse e conhecimento da imagem ultrassonográfica normal. O ultrassonografista deve ser capaz de saber a localização e a extensão das estruturas pois, a imagem representa apenas uma vista da região (GUEST EDITORIAL, 2006).

A ultrassonografia se tornou uma das ferramentas de diagnóstico por imagem mais utilizadas a campo. O design e o desenvolvimento de máquinas leves e portáteis com softwares potentes e imagens de alta qualidade transformaram este equipamento em um investimento atraente e lucrativo para profissionais em serviço de campo e em centros de referência (CRIBB; ARROYO, 2018).

Observa-se, com maior frequência, estudos ultrassonográficos dos sistemas locomotor e reprodutivo de equinos de raças nacionais (ARRUDA et al., 2001; PASIN et al., 2001; FERRARO et al., 2003; TAVEIROS et al., 2008). Poucos estudos do sistema digestório são

encontrados (AMARAL; FROES, 2014), sendo que neles, são realizados exames em animais adultos, não havendo comparação de animais de diferentes idades.

A ultrassonografia diagnóstica fornece uma janela para visualização abdominal não invasiva de órgãos e vísceras gastrointestinais, que de outra forma são difíceis examinar (REEF; WHITTIER; ALLAM, 2004b). Em casos de inflamação e comprometimento vascular, a avaliação ultrassonográfica pode fornecer informações tanto de diagnóstico quanto de prognóstico, que são essenciais quando se tem que tomar decisões cirúrgicas em conjunto com os clientes (NORMAN, 2014).

Exame ultrassonográfico em equinos

O início das atividades ultrassonográficas na medicina veterinária equina aconteceu no final da década de 1970, nos Estados Unidos, através de um aparelho de ultrassom modo B, com escaneamento estático (não em tempo real). Os animais deveriam permanecer completamente imóveis para a obtenção de imagens através do uso de um braço reticulado, o que limitou os estudos a exames torácicos e abdominais (WHITCOMB, 2014). Segundo o mesmo autor, aparelhos ultrassonográficos portáteis, em modo B, com escaneamento em tempo real ficaram mais disponíveis economicamente no início dos anos 80, permitindo que a iniciativa privada adquirisse essas máquinas. Assim, a realização desse exame aumentou exponencialmente no final dessa década e no início dos anos 90.

A ultrassonografia pode ser realizada pelo veterinário a campo com uma máquina portátil, permitindo a obtenção de informações diagnósticas do paciente (REEF, WHITTIER; ALLAM, 2004a). As ondas acústicas do ultrassom são geradas por vibrações em alta frequência de pequenos cristais piezoelétricos. Estes convertem a energia elétrica em energia de onda, que posteriormente é convertida novamente em energia elétrica. As ondas acústicas saem longitudinalmente do transdutor e penetra nos tecidos em profundidades determinadas pela frequência da onda e impedância do tecido. O hardware da máquina ultrassonográfica cria as imagens com base no retorno dos ecos das ondas (SPRAYBERRY, 2015).

O feixe de ondas acústicas emitido pelo transdutor de ultrassom é interrompido pelo arentremeado nos pelos dos animais. Para que a área do corpo seja avaliada com eficiência, é necessário que os pelos sejam cortados com tosquiadeiras elétricas ou molhados com álcool etanol isopropílico 70% (SPRAYBERRY, 2015; CRIBB; ARROYO, 2018). Caso o animal seja tricotomizado, o gel pode ser aplicado sobre a pele para permitir a propagação acústica direta sem o contato com o ar, facilitando a chegada das ondas do ultrassom aos tecidos (PORTER;

RAMIREZ, 2005). Entretanto, o álcool consegue deslocar o ar entre os pelos, criando uma interface apropriada para a transferência de um feixe acústico ao corpo (SPRAYBERRY, 2015). O transdutor, no tórax, deve ser posicionado no espaço intercostal, evitando assim artefatos (sombra acústica) das costelas. Um transdutor convexo de baixa frequência (2–5 MHz) é a escolha ideal para o exame abdominal transcutâneo equino por sua capacidade de obter imagens de até 27 a 30 cm de profundidade, produzindo diagnósticos de alta qualidade (JEUNE; WHITCOMB, 2014).

O exame ultrassonográfico é considerado um procedimento seguro para o paciente, o operador e as pessoas que estiverem perto, permitindo que seja realizada em qualquer lugar sem a necessidade de precauções de segurança específicas (PRESTON; SHAW, 2001). É um exame não invasivo e, portanto, bem tolerado em animais sem sedação, sendo possíveis a realização de avaliações sucessivas para monitoramento da progressão da condição do paciente, bem como sua resposta ao tratamento ou para praticar suas possíveis técnicas de escaneamento (NYLAND; MATTOON, 2001). Ainda, é um exame amplamente viável e seguro, comumente usado na prática equina para diagnóstico de problemas cardíacos, respiratórios, gastrointestinal, urinário, musculoesquelético e reprodutivo (NEEILS; ROBERTS, 2012). Este exame apresenta propriedades úteis para a avaliação de tórax e abdômen equino por permitir a distinção de tecidos na cavidade por diferenças em sua ecogenicidade, ecotextura, tamanho e forma (AMARAL; FROES, 2014). A capacidade do ultrassom de diferenciar fluido de tecido mole e diferenciação entre os tecidos moles com base em sua composição torna este exame mais adequado que a radiografia para examinar essas estruturas (NYLAND; MATTOON, 2001). Para o aparelho gastrointestinal, o exame ultrassonográfico fornece informações amplas, como a presença ou ausência de motilidade e permite o acesso a partes do abdômen que não podem ser obtidas por outros métodos de imagem (SCHARNER et al., 2002).

Exame ultrassonográfico abdominal em equinos

O exame ultrassonográfico tem sido utilizado na medicina veterinária de equídeos desde o início dos anos 80, crescendo exponencialmente no final dessa década e no início dos anos 90 (WHITCOMB, 2014). Segundo o mesmo autor, o ultrassom foi impulsionado por um grupo diversificado de veterinários de equinos, variando de anatomistas, internistas, cirurgiões, radiologistas e profissionais sem especialização. As estruturas avaliadas ultrassonograficamente na cavidade abdominal incluem estômago, duodeno, jejuno, ceco, cólon

dorsal direito, cólon ventral direito, cólon dorsal esquerdo e cólon ventral esquerdo, fígado, baço e rins (WHITCOMB, 2012).

Em termos de ultrassonografia abdominal, várias descrições de anormalidades renais, hepáticas e esplênicas foram publicados no início dos anos 90, incluindo o uso de ultrassom para diagnosticar colelitíase, urolitíase e ruptura diafragmática em cavalos (HAETZBAND; KERR; MORRIS, 1990; LAVERTY et al., 1992; HANSON; PENNINCK, 1994; RODGER et al., 1995; SUMMERHAYS; MANTELL, 1995; LÉVEILLÉ et al., 1996; RAMIREZ; SEAHORN, 1996; SCHNEIDER, 1998). A ultrassonografia para avaliação do aparelho gastrointestinal também começou nessa década, quando autores publicaram técnicas para diagnosticar diferentes tipos de síndrome cólica, como deslocamentos, obstruções estrangulativas, intussuscepção, entre outros (SANTSCHI; SLONE; FRANK II, 1993; KLOHNEN; VACHON; FISCHER, 1996).

A partir desses estudos, estabeleceu-se que a cavidade abdominal deve ser examinada de maneira sistemática. O transdutor escolhido depende do tamanho do paciente, mas, em geral, um transdutor convexo de 2,5 a 5 MHz é adequado. Frequências mais altas (5 a 10 MHz) fornecem melhor resolução, mas tem menor capacidade de penetração e podem ser usados para avaliação de potros, em animais com menos gordura corporal ou em estruturas superficiais (FISCHER, 1997; FREEMAN, 2002). Para imagens profundas da cavidade abdominal (15 a 30 cm) de equinos adultos, transdutores de baixa frequência, na faixa de 2 a 5 MHz, são utilizados para melhor formação de imagem, principalmente pelos avanços na qualidade da imagem (WHITCOMB, 2012; WHITCOMB, 2014). Em potros, o exame ultrassonográfico da cavidade abdominal pode ser realizado com um transdutor convexo de 5,0 MHz, associado às configurações de ultrassom de potência de 60%, ganho de 60% e taxa de quadros de 32/s (ALEMAN et al., 2002).

O transdutor deve ser posicionado a 90° na parede abdominal (FREEMAN, 2002). A profundidade do escaneamento deve ser ajustada frequentemente durante o exame para a obtenção da melhor imagem dos parênquimas superficial e profundo de cada órgão. Nenhuma configuração única de profundidade é apropriada para todas as imagens de órgãos abdominais. Um programa ou *preset* abdominal deve ser selecionado para maximizar os detalhes. Ainda, o ganho de compensação de tempo deve ser ajustado para a obtenção da imagem mais profunda da cavidade (WHITCOMB, 2012). A motilidade intestinal ou o movimento da ingesta também podem ser avaliados pelo exame ultrassonográfico em modo B ou modo M (FREEMAN, 2002).

O animal deve ser escaneado em pé, se possível, para evitar qualquer mudança de posição ou sobreposição de outros órgãos (REEF, 2003; LIPPI et al., 2017). O gás intestinal

intraluminal aumentará nas partes mais dorsais do abdômen, permitindo que o clínico examine uma porção maior do aparelho gastrointestinal (REEF, 2003). Para imagens de mais alta qualidade, todo o pelo do abdômen deve ser cortado (especialmente animais mais velhos, obesos ou com pelagem grossa) e, em seguida, ter a pele limpa com um pano úmido ou uma esponja para remover sujeira e detritos, para, então, aplicação do gel de ultrassom (WHITCOMB, 2012; FREEMAN, 2002). Álcool e gel de ultrassom podem ser usados em conjunto para fornecer o contato apropriado quando não é realizada a tricotomia (LIPPI et al., 2017).

O exame ultrassonográfico completo da cavidade abdominal tem início na linha diafragmática, prosseguindo caudalmente em ambos os lados, e finalizando com a avaliação da parte ventral da parede do abdômen (FISCHER, 1997). Outros autores preferem dividir cada lado do abdômen em três regiões: (1) fossa paralombar; (2) 5° ao 17° EIs e; (3) abdômen ventral do esterno à região inguinal (WHITCOMB, 2012; JEUNE; WHITCOMB, 2014). Cada região é avaliada de maneira sistemática, desde a margem pulmonar ventral até as junções costocodrais, garantindo a imagem de todas as estruturas abdominais e do tórax ventral (JEUNE; WHITCOMB, 2014).

Uma outra abordagem de exame ultrassonográfico pode ser realizada em animais com cólica. O abdômen é dividido em três regiões (região da fossa paralombar direita, região ventral/inguinal e região da fossa paralombar esquerda). Cada área é subdividida em três (fossa paralombar esquerda 1, 2 e 3; ventral 1, 2 e 3; e fossa paralombar esquerda 1, 2 e 3). O exame deve começar na fossa paralombar direita, seguir pela região ventral/inguinal e ir para a fossa paralombar esquerda. As regiões intercostais direita e esquerda também devem ser avaliadas quanto a possíveis anormalidades intestinais. As margens dessas regiões são destinadas a servir de orientação para o exame ultrassonográfico sistemático (KLOHEN, 2012).

Outro método descrito é o exame limitado, que, geralmente, se concentra na região caudoventral do abdômen e nos espaços intercostais caudais esquerdos em equinos com síndrome cólica. Seu objetivo primário é detectar evidências de encarceramento nefroesplênico e lesões estrangulativas do intestino delgado. A técnica pode ser executada rapidamente em ambiente ambulatorial para ajudar a determinar uma indicação cirúrgica. (JEUNE; WHITCOMB, 2014). De acordo com os autores, o exame limitado é apropriado para iniciantes, a fim de evitar ficarem sobrecarregados com exames mais detalhados.

Mais uma possibilidade de técnica avaliativa é a Ultrassonografia Abdominal Localizada Rápida de Cavalos (FLASH – *Fast Localised Abdominal Sonography of Horses*) foi descrita recentemente como uma opção a ser usada em cavalos durante a admissão na clínica

de emergência. Ela é uma técnica que pode ser usada em situações de emergência por veterinários sem muita experiência ultrassonográfica para detectar anormalidades intra-abdominais em animais com síndrome cólica (BUSONI et al., 2011). Foram definidos sete pontos de avaliação (Figura 1):

1 – Abdômen ventral: Transdutor posicionado caudal ao esterno e movimentado caudalmente para avaliar a área ventral do abdômen.

2 – Janela gástrica: Visualização do estômago no terço médio do 10º EI esquerdo. Movimentação do transdutor por 2 a 3 EIs craniais e caudais.

3 – Janela esplenorrenal: Transdutor posicionado no 17º EI esquerdo entre a região dorsal e o terço médio do abdômen.

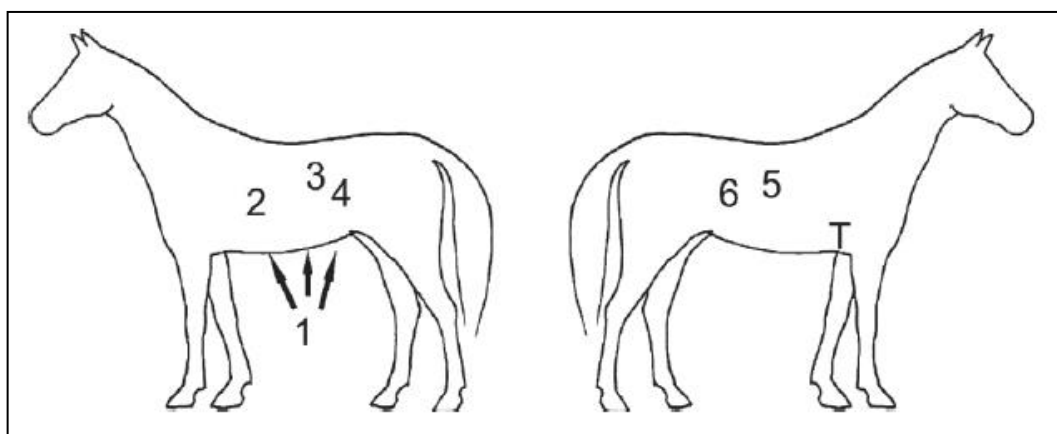
4 – Terço médio esquerdo do abdômen: Movimentação livre do transdutor no terço médio do abdômen.

5 – Janela duodenal: Transdutor posicionado na parte dorsal do terço médio dos 14º e/ou 15º EIs direitos do abdômen.

6 – Terço médio direito do abdômen: Movimentação livre do transdutor no terço médio do abdômen.

7 – Tórax ventral cranial: Transdutor posicionado no tórax ventral cranial, caudalmente ao músculo tríceps braquial.

Figura 1 - Pontos de avaliação do exame FLASH em equinos

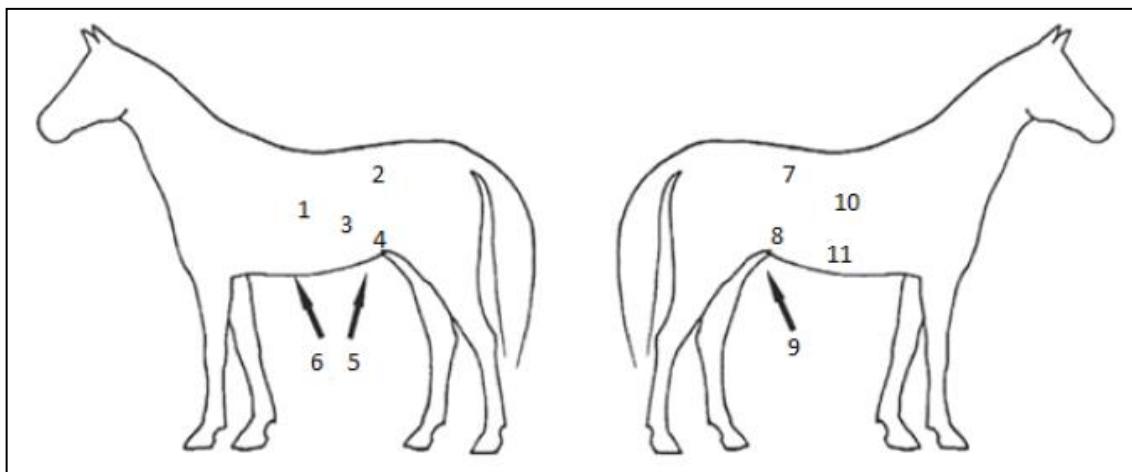


Legenda: 1 – abdômen ventral; 2 – janela gástrica; 3 – janela esplenorrenal; 4 – terço médio esquerdo do abdômen; 5 – janela duodenal; 6 – terço médio direito do abdômen e; T – tórax ventral cranial.
Fonte: Adaptado de Busoni et al. (2011).

Outra possibilidade de avaliação ultrassonográfica é a divisão do abdômen do animal em 11 janelas (Figura 2) ultrassonográficas (AMARAL; FROES, 2014), sendo:

- 1 – Transdutor posicionado sob o terço médio do arco costal esquerdo entre o 8° e 13° EIs;
- 2 – Flanco superior esquerdo caudal ao último arco costal;
- 3 – Terço médio do arco costal esquerdo entre o 12° e o 15° EIs;
- 4 – Flanco inferior esquerdo;
- 5 – Região inguinal do lado esquerdo;
- 6 – Região ventral do abdômen e caudal à cartilagem xifoide;
- 7 – Flanco superior direito iniciando-se a varredura caudal ao último arco costal e progredindo cranialmente até o 15° EI;
- 8 – Flanco inferior direito;
- 9 – Região inguinal direita;
- 10 – Terço médio do arco costal do lado direito entre o 10° e o 12° EIs;
- 11 – Terço distal do arco costal do lado direito entre o 10° e o 12° EIs.

Figura 2 - Distribuição das janelas ultrassonográficas



Legenda: 1-Terço médio do arco costal do lado esquerdo entre o 8° e 13° EIC. 2-Flanco superior esquerdo, caudal ao último arco costal. 3-Terço médio do arco costal esquerdo entre 12° e 15 ° EIC. 4-Flanco inferior esquerdo. 5-Região inguinal do lado esquerdo. 6-Região ventral do abdômen caudal à cartilagem xifoide do esterno. 7-Flanco superior direito, iniciando caudal ao último arco costal progredindo cranialmente até o 15 EIC. 8-Flanco inferior direito. 9-Região inguinal do lado direito. 10-Terço médio do arco costal do lado direito, entre o 10° e o 12° EIC. 11- Terço distal do arco costal do lado direito, entre o 10° e 12° EIC.

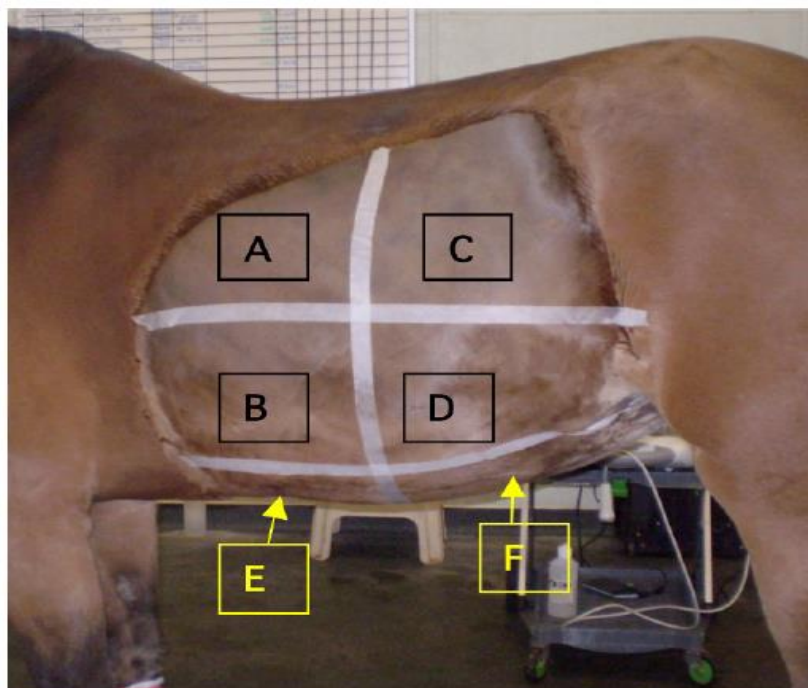
Fonte: Amaral e Froes (2014).

Essas áreas ultrassonográficas objetivaram ampliar a visualização de porções do aparelho gastrointestinal não bem identificadas no modelo proposto por Busoni et al. (2011),

minimizando o efeito do tamanho da cavidade como limitação. O conhecimento das novas áreas avaliadas traz ao ultrassonografista mais informação das correlações topográficas dos órgãos abdominais permitindo a identificação do problema quando essas correlações estão alteradas (AMARAL; FROES, 2014).

Em um outro estudo, o abdômen foi dividido em dez locais para a obtenção da imagem ultrassonográfica, sendo quatro em cada flanco e dois no abdômen ventral (Figura 3). A delimitação de flanco foi feita dorsalmente como uma linha curva, se estendendo dos túberes coxais, passando ao longo da musculatura lombar e da linha do pulmão até o sexto espaço intercostal e, ventralmente, por uma linha horizontal do olécrano até a articulação femurotibiopatelar. Cada flanco foi dividido craniocaudalmente e dorsoventralmente, criando quatro áreas (craniodorsal, cranioventral, caudodorsal e caudoventral). O abdômen ventral foi restrito ventralmente aos flancos, estendendo-se desde o esterno até a pelve. Os flancos foram escaneados no plano transversal, e no sentido dorsal para ventral, começando no aspecto mais cranial. Após atingir o ponto mais ventral, o transdutor foi sendo reposicionando aproximadamente 5 cm caudalmente à linha avaliada e repetiu-se a varredura no mesmo sentido. O abdômen ventral foi avaliado por imagens sequenciais no plano sagital, com movimentação contínua do transdutor de cranial para caudal, iniciando na linha média. O objeto foi sendo reposicionado para aproximadamente 5 cm lateralmente para a repetição da varredura craniocaudal (WILLIAMS; COOPER; FREEMAN, 2014).

Figura 3 - Fotografia do lado esquerdo do abdômen, ilustrando as seis regiões para exame ultrassonográfico



Legenda: As divisões A, B, C e D foram repetidas do lado direito. A: área craniodorsal esquerda, B: área cranioventral esquerda, C: área caudodorsal esquerda, D: áreas caudoventral esquerda, E: cranioventral, F: caudoventral.

Fonte: Williams, Cooper e Freeman (2014).

Se o cavalo estiver em decúbito dorsal, a varredura deve ser realizada a partir do ponto mais ventral do abdômen. Um transdutor de alta frequência (6,0-10,0 MHz) deve ser usado inicialmente para realizar esses exames, pois isso produz imagens melhores do intestino. Um transdutor de frequência mais baixa pode ser selecionado para concluir o exame se a penetração do eco for inadequada (REEF, 2003). Para potros, um equipamento portátil com transdutor convexo de 5,0 a 7,5 MHz e um transdutor linear transretal de 5,0 a 7,5 MHz foi utilizado com sucesso. Primeiramente, usou-se o transdutor convexo para exploração abdominal no sentido caudo-cranial no animal em decúbitos laterais esquerdo e direito. A frequência de 7,5 MHz foi usada para obter maior resolução de certas estruturas. O transdutor convexo se mostrou adequado para examinar os órgãos abdominais, enquanto o transdutor linear transretal forneceu informações mais detalhadas (BEHN; BOSTEDT, 2000).

O ultrassom transcutâneo fornece informações imediatas sobre o volume e o tipo de derrame peritoneal, conteúdo e dilatação gástrica; conteúdo, motilidade, espessura de parede e diâmetro do intestino delgado; e conteúdo e espessura da parede do cólon (JEUNE; WHITCOMB, 2014). A ultrassonografia abdominal é muito útil para distinguir problemas médicos de cirúrgicos em distúrbios do cólon e do intestino delgado (KLOHEN, 2012).

As estruturas avaliadas do lado direito do abdômen incluem o ceco, rim direito, lobo direito do fígado, duodeno e cólon dorsal direito. O cólon ventral direito é visualizado principalmente no abdômen ventral desse mesmo lado. No lado esquerdo do abdômen, é possível avaliar cólon menor, rim esquerdo, baço, estômago e lobo esquerdo do fígado. Os cólons dorsal e ventral esquerdos estão predominantemente no abdômen ventral esquerdo (WHITCOMB, 2012). Com relação a parâmetros de medida, a espessura da parede de estômago, intestino delgado e grosso e da bexiga são documentadas em centímetros ou milímetros (ALEMAN et al., 2002; REEF, 2003; PORZUCZEK; KIELBOWICZ; HAINES, 2012).

Um exame ultrassonográfico abdominal completo é, geralmente, recomendado para coletar o máximo de informações do aparelho gastrointestinal. No entanto, em alguns casos, quando o paciente coopera pouco, apresenta um grau significativo de dor ou se deseja confirmar ou descartar um diagnóstico, apenas um exame parcial pode ser realizado (CRIBB; ARROYO, 2018). A importância da ultrassonografia abdominal não é restrita a cavalos pequenos demais para palpação retal, como potros ou pôneis. O exame é uma ferramenta de diagnóstico adicional útil na avaliação do cavalo adulto com dor abdominal aguda e permite o acesso cranial do abdômen ao contrário da palpação retal (SCHARNER et al., 2002). Segundo o mesmo autor, a ultrassonografia pode determinar o grau de distensão gástrica, bem como afirmar a descompressão bem sucedida por intubação nasogástrica. A avaliação do peristaltismo pela ultrassonografia é subjetiva, mas valiosa, visto que cavalos que tinham obstrução do intestino delgado apresentavam atonia ou um peristaltismo com movimento pendular (SCHARNER et al., 2002).

A avaliação ultrassonográfica do baço demonstrou ser eficaz no diagnóstico de lesões esplênicas, porém, muitas vezes, é difícil a diferenciação entre neoplasias e abscessos (ALSOP et al., 2007; COLEMAN; SCHMITZ, 2019). A caracterização de tamanho, extensão e localização da lesão pode guiar o diagnóstico ou a intervenção terapêutica e monitorar a resposta à terapia (COLEMAN; SCHMITZ, 2019).

Embora as anormalidades ultrassonográficas sejam indicadores confiáveis da presença de uma patologia grave, a sensibilidade ultrassonográfica para a detecção de doenças hepáticas é baixa e a avaliação é subjetiva. Na maioria dos casos, a patologia não é facilmente visível e é distribuída, uniformemente, por todo órgão (RENDLE, 2010).

Os exames ultrassonográficos para diagnóstico de distúrbios do aparelho urinário em equinos incluem a avaliação de tamanho, forma, posição e ecogenicidade dos rins (LIPPI et al., 2017). Um protocolo do exame de imagem total de cada rim fornece a definição de

características anatômicas ultrassonográficas renais normais e pode permitir um reconhecimento mais preciso das alterações patológicas (HOFFMANN; WOOD; MCCARTHY, 1995). Os rins podem ser escaneados e avaliados em imagens nos planos anatômicos transversal, oblíquo transversal, sagital, parassagital e dorsal. Comprimento, largura e espessura cortical máxima são medidas possíveis de serem efetuadas (DIVERS; YEAGER, 1995; ALEMAN et al., 2002). O comprimento é medido de cranial a caudal no plano sagital ou parassagital; a largura, de lateral para medial nos planos transversal ou oblíquo transversal e; a espessura do plano dorsal ao ventral de cada rim (ALEMAN et al., 2002). Cada medida é realizada três vezes para obter uma reprodutibilidade e a média delas utilizada para análise estatística (LIPPI et al., 2017).

A ultrassonografia ajuda a caracterizar tipos potenciais de enfermidades e, raramente, é capaz de fornecer um diagnóstico definitivo. Correlações entre os padrões anormais observados na ultrassonografia e outros exames devem ser feitas para o diagnóstico definitivo das doenças (MATTHEWS; TOAL, 1996).

Uma grande quantidade de estudos ultrassonográficos abdominais não revela a raça utilizada (ALEMAN et al., 2002; BUSONI et al., 2011; FREEMAN, 2003; MCAULIFFE, 2004; PORTER; RAMIREZ, 2005; REEF; WHITTIER; ALLAM, 2004 (b); WILSON, 2007), outra parte utiliza animais Thoroughbreds e Standardbreds (MACRÌ et al., 2015), e Árabes (NASR et al., 2014). Trabalhos executados com Mangalarga Marchador avaliaram os sistemas reprodutivo, circulatório e locomotor (ARISTIZÁBAL et al., 2005; RABELO et al., 2009; LATORRE et al., 2016).

Exame ultrassonográfico abdominal do potro

A ultrassonografia abdominal é comumente usada na avaliação de potros com doenças abdominais ou sistêmicas, sendo de grande importância como uma técnica de diagnóstico não invasivo e bem tolerado por esses animais (PORTER; RAMIREZ, 2005; SPRAYBERRY, 2015). A ultrassonografia abdominal de rotina inclui a avaliação de estômago, intestinos, baço fígado, rins, bexiga e reminiscências umbilicais. O potro pode ser examinado no exame ultrassonográfico em estação ou decúbito lateral (PORTER; RAMIREZ, 2005).

Em neonatos, é possível a visualização da veia umbilical, medindo 10 mm de diâmetro ou menos; da artéria umbilical com diâmetro de 12 mm ou menos, podendo conter ainda um coágulo e; do resquício do úraco, sem fluido (MCAULIFFE, 2004).

O fígado é normalmente visualizado entre os 7° e 14° EIs do lado direito e entre os 6° e 10° EIs do lado esquerdo, sendo esta uma área maior quando comparada à animais adultos. O fígado é homoganeamente hipoeicoico em relação ao baço (ALEMAN et al., 2002).

A imagem do baço é obtida no 7° EI e na fossa paralombar do lado esquerdo e no 9° EI do lado direito em contato com o fígado. A veia esplênica se localiza no aspecto medial do órgão, caudodorsal ao estômago, entre o 11° e o 12° EIs esquerdos (ALEMAN et al., 2002).

O estômago pode ser visto no 10° EI do lado esquerdo e o duodeno no 15° EI do lado direito (REEF, 1998). Entretanto, Aleman et al. (2002) afirmaram que o estômago é visualizado entre o 6° e 12° EIs do lado esquerdo e está em contato com a parede ventral do abdômen até 7 dias de idade. A parede ventral do estômago aparece curvilínea semicircular com espessura de até 6 mm (MAGRI, 2018). Em animais com até 7 dias de idade, a parede foi observada em contato com o abdômen ventral e foi possível a visualização do conteúdo luminal. Em potros mais velhos, o conteúdo não era visível devido a presença de gás e o estômago se assemelhava ao estômago maduro, mostrando um grande eco curvilíneo medial ao baço e caudal ao fígado (ALEMAN et al., 2002).

Em potros mais jovens, o intestino delgado foi visualizado em uma área maior, com motilidade contínua e difícil de se quantificar, mesmo com sedação. A parede intestinal é hipoeicoica e seu lúmen, facilmente observado (ALEMAN et al., 2002). O duodeno é avaliado no corte transversal, aparecendo circular com lúmen fluido e uma parede que pode variar de hipoeicoica a ecogênica, com espessura menor que 3 mm. Ele, geralmente, apresenta-se parcialmente colapsado, com movimentos peristálticos facilmente visualizados durante sua avaliação em tempo real (REEF, 2003). A parede do jejuno mostra um eco hipereicoico da mucosa e, geralmente, tem 3 mm ou menos de espessura. Frequentemente, pode-se visualizar ondas peristálticas, líquido anecoico e gás hipereicoico no lúmen desse órgão (REEF, 2003).

Em potros, a parede colônica se apresenta menos ecogênica quando comparada ao intestino delgado e seu lúmen não pode ser visualizado devido à presença de gás. Potros com um dia de idade tem espessura de parede entre 0,10 e 0,23 cm e aqueles com idade de seis meses, possuem 0,25 a 0,31 cm de espessura (ALEMAN et al., 2002).

A mensuração de comprimento e largura dos órgãos de filhotes de até 6 meses de idade mostrou diferença significativa entre os rins, sendo o rim direito mais comprido e o rim esquerdo mais largo (ALEMAN et al., 2002).

A bexiga se mostra como uma estrutura que varia de redonda a oval contendo urina ecogênica heterogênea em turbilhão. Esse órgão é caracterizado por uma superfície ecoica lisa, com espessura variável, entre 1,1 e 5,0 mm, dependendo da localização da mensuração (DIAZ;

SMITH; REEF, 2007). Este órgão fica adjacente à parede abdominal até 4 a 8 semanas de vida, sendo então depois afastada pelo cólon maior. Entretanto, ela ainda pode ser analisada até os seis meses de idade do potro (ALEMAN et al., 2002). Segundo o mesmo autor, a distensão máxima vesical foi de 9 cm em potros de um dia de idade e 10 cm naqueles com sete dias.

Exame ultrassonográfico abdominal do equino adulto

A janela ultrassonográfica do estômago sofre divergências entre os diferentes autores. O estômago pode ser encontrado dorsal ao baço e ventral ao pulmão entre o 10° e 15° EI (REEF, 1998; JEUNE; WHITCOMB, 2014). De acordo com Nasr et al. (2014), o estômago é visto do 8° ou 9° ao 12° ou 13° EIs esquerdos. Segundo Scharner et al. (2002), a janela ultrassonográfica do estômago é localizada no lado esquerdo do abdômen entre o 8° ou 9° e 12° ou 13° EIs na altura da articulação do ombro. Outros autores afirmam que o estômago é visto geralmente no 3° ou 4° EI do lado esquerdo, mas pode ser detectado medialmente ao baço a partir do 9° ou 10° até o 11° ou 12° EIs ou mais caudalmente no abdômen entre o 11° e 13° EIs. A parede gástrica geralmente mede de 4 a 7 mm de espessura (CANNON; ANDREWS, 1995). A espessura da parede gástrica de um adulto é de 7,5 mm e geralmente mais fina em potros (REEF, 1998). A imagem da parede do estômago é hiperecoica e limitada à parte da curvatura maior, aparecendo como uma grande linha curvilínea semicircular fina que está em constante relacionamento com a veia esplênica (SCHARNER et al., 2002; CRIBB; ARROYO, 2018).

Em um equino normal, o intestino delgado pode ser visualizado como estruturas circulares que mostram movimento contínuo. A espessura da parede pode ser difícil de medir em cavalos clinicamente normais quando digitalização na profundidade máxima é menor que a largura dos cursores de medição (KLOHEN, 2012).

O duodeno se encontra entre o lobo direito do fígado e o cólon dorsal direito, no 11° EI e, aparece em forma circular e espessura de 3 a 4 mm (KIRBERGER et al., 1995). O duodeno também pode ser visualizado ventralmente ao rim direito entre o 16° e 17° EI, imediatamente ventral ao rim (KIRBERGER et al., 1995; NASR et al., 2014). Segundo Scharner et al. (2002), o duodeno pode ser encontrado no lado direito do abdômen, entre o 13° e o 17° EI e, ocasionalmente, na fossa paralombar. Ele se posiciona entre o fígado e o cólon dorsal direito e mais caudalmente, no lado lateral da base do ceco e, durante uma onda peristáltica, sua parede fica oval ou redonda e seu conteúdo distinguível.

O jejuno pode não ser facilmente encontrado em cavalos saudáveis. Ocasionalmente, alças jejunais podem ser visualizadas ventralmente no abdômen ou nas fossas paralombares,

aparecendo como estruturas hiperecogênicas triangulares com conteúdo muito escasso (SCHARNER et al., 2002). A parede do jejuno tem normalmente 3 mm ou menos de espessura (JONES; DAVIS; ROWLINGSON, 2003).

O cólon maior é ligeiramente curvilíneo com saculações e tem a parede hiperecoica com aproximadamente 3 mm de largura (SCHARNER et al., 2002; REEF; WHITTIER; ALLAM, 2004a). O cólon dorsal direito tem aparência mais lisa, não saculada e visto com mais consistência entre os 11º e 13º EIs do lado direito com espessura da parede de 3,3 a 3,5 mm, mas pode ser visto entre o 10º e 14º também. Jones; Davis; Rowlingson (2003), observaram uma média de 4,2 mm (variação de 2,2 a 5,9 mm) de espessura de parede de cólon maior dorsal direito no 14º EI direito. De acordo com os mesmos autores, a média da espessura de parede do cólon maior ventral direito no 12º EI foi de 3,6 mm, com variação de 2,3 a 5,1 mm. O ceco é saculado, apresenta uma espessura de parede menor que 4 mm, e a presença de gás no lúmen impede a obtenção da imagem do conteúdo e da parede oposta dessa estrutura (NASR et al., 2014).

O baço é o órgão mais ecogênico no abdômen, sendo encontrado entre o 7º ou 8º EI e a fossa paralombar esquerda e pode ter 15 cm de largura em seu terço médio (REEF, 1998; REEF; WHITTIER; ALLAM, 2004 (b); NASR et al., 2014). O órgão é visível na maioria dos espaços intercostais esquerdos, sendo reconhecido por sua textura homogênea granular e por ser o mais ecogênico dos órgãos abdominais com poucos vasos circulando por toda parte, embora a veia esplênica seja normalmente visível adjacente ao estômago (REEF, 2003; WHITCOMB, 2012; JEUNE; WHITCOMB, 2014).

O fígado normal tem uma aparência homogênea com ecogenicidade média e contém vasos sanguíneos e ductos biliares hipoecoicos em todo o parênquima. Os ductos biliares têm um limite hiperecoico que os diferenciam dos vasos sanguíneos (FREEMAN, 2003). O lobo hepático direito é visível entre o 10º e o 15º EIs, com bordas bem nítidas e não deve se estender para além das junções costocodrais. Nasr et al. (2014), observaram o fígado de cavalos Árabes do 6º ao 15º EI. O lobo hepático esquerdo pode ser visualizado cranialmente ao estômago, entre o 6º e o 10º EI esquerdo, situado lateral ou medialmente ao baço, sendo hipoecoico em comparação com esse órgão. A visibilidade do lobo hepático esquerdo é um pouco variável e pode não ser visto em alguns animais (JEUNE; WHITCOMB, 2014). Johns e Miles (2016), sugerem que o fígado deve ser consistentemente visualizado no lado direito, e a ausência de visibilidade ultrassonográfica do lado esquerdo, provavelmente não tem relevância clínica. O tamanho do fígado é difícil de avaliar, pois a maior parte dele está oculta atrás do diafragma e dos pulmões (RENDLE, 2010).

O rim direito está localizado entre os 14° e 17° EIs, enquanto que o rim esquerdo se encontra mais caudalmente, entre o 15° EI e a fossa paralombar (REEF; WHITTIER; ALLAM, 2004b). O rim esquerdo é visível profundamente no baço (JEUNE; WHITCOMB, 2014). O comprimento normal dos rins equinos adultos é inferior a 15 cm para o rim direito e menor que 18 cm para o rim esquerdo (WILSON, 2007). O córtex renal apresenta aproximadamente 1 a 2 mm de espessura em um equino adulto normal (MATTHEWS; TOAL, 1996). Uma distinção entre o córtex e a medula deve ser visível, embora, às vezes, seja difícil de se avaliar em cavalos grandes ou gordos. O córtex é homogêneo em ecogenicidade, e a medula é mais hipoecoica (WILSON, 2007). A bexiga localizada caudoventralmente no abdômen pode ser visualizada ao exame ultrassonográfico transcutâneo em muitos animais adultos, desde que esteja repleta (REEF; WHITTIER; ALLAM, 2004 (b)).

O estudo objetivou estudar a anatomia ultrassonográfica da cavidade abdominal de equinos Mangalarga Marchador saudáveis em diversas faixas etárias, como forma de otimizar o uso desta ferramenta para diagnóstico de diversas patologias. Para isso, pretendeu-se determinar os limites topográficos e as características dos órgãos abdominais e mensurar estruturas que pode determinar relevância na saúde do animal.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A ultrassonografia abdominal não oferece somente informações estruturais, mas também informações funcionais, como por exemplo, de motilidade do aparelho gastrointestinal. Ela é uma opção prática muito importante, sendo de grande valia para a obtenção de informações para a elaboração de um diagnóstico dos pacientes equinos, e esclarecedora para os proprietários. De acordo com o que foi visto, é importante a avaliação ultrassonográfica para detecção de doenças e diagnósticos precoces, acompanhamento do quadro clínico e evolução de tratamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAVALO MANGALARGA MARCHADOR – ABCCMM. **O mapa da equideocultura no Brasil**. 2023.

ALEMAN, M.; GILLIS, C. L.; NIETO, J. E.; RENAUDIN, C. D.; BEA, J. Ultrasonographic anatomy and biometric analysis of the thoracic and abdominal organs in healthy foals from birth to age six months. **Equine Veterinary Journal**, v.34, n.7, p.649-655, 2002.

ALSOP, E. J.; MARR, C.; BARRELET, A. B.; MCGLADDERY, A. J. The use of transabdominal ultrasonography in the diagnosis and management of splenic lesions in three horses. **Equine Veterinary Education**, v. 19, p. 5-10, 2007.

AMARAL, C. H.; FROES, T. R. Avaliação do trato gastrintestinal de equinos pela ultrassonografia transabdominal: nova abordagem. **Semina: Ciência Agrárias**, v.35, n.4, p.1881-1894, 2014.

ARISTIZÁBAL, F. A.; SOUZA, M. V.; ARANZALES, J. R. M.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Valores biométricos obtidos por ultra-sonografia dos tendões flexores e ligamentos acessório inferior e suspensório da região metacárpica palmar de cavalos Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 2, p. 156-162, 2005.

ARRUDA, R. P.; VISINTIN, J. A.; FLEURY, J. J.; GARCIA, A. R.; MADUREIRA, E. H.; CELEGHINI, E. C.C.; NEVES NETO, J. R. Existem relações entre tamanho e morfoecogenicidade do corpo lúteo detectados pelo ultra-som e os teores de progesterona plasmática em receptoras de embriões equinos? **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.38, n.5, p.233-239, 2001.

BEHN, C.; BOSTEDT, H. Technique of abdominal ultrasonography in newborn foals and normal findings. **Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift**, v. 113, n. 9, p. 335-343, 2000.

BUSONI, V.; DE BUSSCHER, V.; LOPEZ, D.; VERWILGHEN, D.; CASSART, D. Evaluation of a protocol for fast localized abdominal sonography of horses (FLASH) admitted for colic. **The Veterinary Journal**, v. 188, p. 77-82, 2011.

CANNON, J. H.; ANDREWS, A. Ultrasound of the equine stomach. **Proceedings of American Association of Equine Practitioners**, v.41, p.38-39, 1995.

COLEMAN, M. C.; SCHMITZ, D. G. Splenic abscessation in the horse: A retrospective study of 12 cases. **Equine Veterinary Education**, v. 31, n. 2, p. 67-70, 2019.

CRIBB, N. C.; ARROYO, L. G. Techniques and accuracy of abdominal ultrasound in gastrointestinal diseases of horses and foals. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v. 34, p. 25-38, 2018.

DIAZ, O. S.; SMITH, G.; REEF, V. B. Ultrasonographic appearance of the lower urinary tract in fifteen normal horses. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 48, n. 6, p. 560-564, 2007.

DIVERS, T. J.; YEAGER, A. E. The value of ultrasonographic examination in the diagnosis and management of renal diseases in horses. **Equine Veterinary Education**, v. 7, p. 334-341, 1995.

FERRARO, G. C.; MORAES, J. R. E.; PEREIRA, G. T.; BUENO DE CAMARGO, M. H. MORAES, F. R. Estudo morfológico de tendões flexores de equinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.40, p.117-125, 2003.

FISCHER, A. T. Advances in diagnostic techniques for horses with colic. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 13, n. 2, p. 203-220, 1997.

FREEMAN, S. Ultrasonography of the equine abdomen: techniques and normal findings. **In Practice**, v. 24, n. 4, p. 204-211, 2002.

FREEMAN, S. L. Diagnostic ultrasonography of the mature equine abdomen. **Equine Veterinary Education**, v. 15, n. 6, p. 319-330, 2003.

GUEST EDITORIAL. Diagnostic ultrasonography in animals – Continuation of the clinical examination? **The Veterinary Journal**, v. 171, p. 393-395, 2006.

HANSON, J. A.; PENNINGCK, D. G. Ultrasonographic evaluation of traumatic splenic hematoma and literature review. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 35, n. 6, p. 463-466, 1994.

HARTZBAND, L. E.; KERR, D. V.; MORRIS, E. A. Ultrasonographic diagnosis of diaphragmatic rupture in a horse. **Veterinary Radiology**, v. 31, n. 1, p. 42-44, 1990.

HOFFMANN, K. L.; WOOD, A. K.; MCCARTHY, P. H. Sonographic-anatomic correlation and imaging protocol for the kidneys of horses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 56, n. 11, p. 1403-1412, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Efetivo dos rebanhos por tipo de rebanho**. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>>. Acesso em: 08 abr. 20.

JEUNE, S. I.; WHITCOMB, M. B. Ultrasound of the equine acute abdomen. **Veterinary Clinic of Equine**, v. 30, p. 353-381, 2014.

JOHNS, I. C.; MILES, A. Ultrasonographically visible hepatic location in clinically normal horse. **Australian Veterinary Journal**, v. 84, p. 192-196, 2016.

JONES, S. L.; DAVIS, J.; ROWLINGSON, K. Ultrasonographic finding in horses with right dorsal colitis: five cases (2000-2001). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 222, p. 1248-1251, 2003.

KHADKA, R. **Global horse population with respect to breeds and risk status**. Erasmus mundus. p. 1. 2010.

KING, A. M. Development, advances and applications of diagnostic ultrasound in animals. **The Veterinary Journal**, v.171, p.408-420, 2006.

KIRBERGER, R. M.; VAN DEN BERG, J. S.; GOTTSCHALK, R. D.; GUTHRIE, A. J. Duodenal ultrasonography in the normal adult horse. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 36, p. 50-56, 1995.

KLOHNEN, A.; VACHON, A. M.; FISCHER, A. T. Use of diagnostic ultrasonography in horses with signs of acute abdominal pain. **Journal of America Veterinary Medical Association**, v. 209, n. 9, p. 1597-1601, 1996.

KLOHEN, A. Abdominal ultrasonography in the equine patient with acute signs of colic. **AAEP Proceedings**, v. 58, p. 11-18, 2012.

LATORRE, S. M.; BONOMO, C. C. M.; MICHIMA, L. E. S.; HAGEN, C. F. S.; FERNANDES, W. R. Índices e dimensões ecocardiográficas de equinos da raça Mangalarga Marchador. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 533-538, 2016.

LAVERTY, S.; PASCOE, J. R.; LING, G. V.; LAVOIE, J. P.; RUBY, A. L. Urolithiasis in 68 horses. **Veterinary Surgery**, v. 21, n. 1, p. 56-62, 1992.

LÉVEILLÉ, R.; MIYABAYASHI, T.; WEISBRODE, S. E.; BILLER, D. S.; TAKIGUCHI, M.; WILLIAMS, J. F. Ultrasonographic renal changes associated with phenylbutazone administration in three foals. **Canadian Veterinary Journal**, v. 37, p. 235-236, 1996.

LIMA, R.A.S.; SHIROTA, R.; BARROS, G.S.C. (Ed). **Estudo do complexo do agronegócio cavalo**. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2006. 251p.

LIPPI, I.; BONELLI, F.; CITI, S.; MEUCCI, V.; SARTONI, M.; MARMORINI, P.; SGORBINI, M. Renal measures in healthy Italian Trotter foals and correlation between renal and biometric measures: preliminar study. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 59, p. 71-75, 2017.

MACRÌ, F.; PUGLIESE, M.; DI PIETRO, S.; COCO, M. A.; LIOTTA, L.; NIUTTA, P. P.; NARDI, S.; QUARTUCCIO, M.; LANTERI, G.; PICCIONELLO, A. P. Doppler Ultrasonographic Estimation of Renal Resistive Index in Horse: Comparison Between Left and Right Kidneys. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 35, p. 111-115, 2015.

MAGRI, M. Ultrasonography of the abdomen in foals. In Practice, v. 40, p. 348-356, 2018.

MATTHEWS, H. K.; TOAL, R. L. A review of equine renal imaging techniques. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.37, p.163-173, 1996.

MCAULIFFE, S. B. Abdominal Ultrasonography of the Foal. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v.3, p.308-316, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo**. Brasília, 2016, 56p.

- NASR, M. Y.; FADEL, M. S.; NOHA, A. B.; ELZANATY, A. S. Studies on abdominal ultrasonography in Arabian horses. **Assiut Veterinary Medicine Journal**, v. 60, n. 143, p. 9-15, 2014.
- NEELIS, D. A.; ROBERTS, G. D. Advances in Equine Ultrasonography. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.28, p.497-506, 2012.
- NORMAN, T. E. Abdominal ultrasound and palpation per rectum as complementary modalities in diagnosing equine abdominal pain. **AAEP Proceedings**, v. 60, p. 205-208, 2014.
- NYLAND, T. G.; MATTOON, J. S. **Small Animal Diagnostic Ultrasound**. 2. ed. Philadelphia: Ed W. B. Saunders, 2001. 461 p.
- O'BRIEN, R. T.; BILLER, D. S. Field Imaging of the Respiratory Tract – Radiology and Ultrasonography. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.13, n.3, p.487-499, 1997.
- PASIN, M. B.; BRASS, K. E.; ROSAURO, A. C.; OLIVEIRA, F. G.; FIGUEIRÓ, G. M.; FIALHO, S. S.; SILVA, C. A. M. Caracterização ultra-sonográfica dos tendões flexores em equinos: região metacarpiana. **Arquivos da Faculdade de Veterinária UFRGS**, v.29, p.131-138, 2001.
- PORTER, M. B.; RAMIREZ, S. Equine Neonatal Thoracic and Abdominal Ultrasonography. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 21, p.407-429, 2005.
- PORZUCZEK, A.; KIELBOWICZ, Z.; HAINES, G. The use of percutaneous abdominal ultrasound examination in diagnosing equine small intestinal disorders. **Polish Journal Veterinary Science**, v. 15, p. 759-766, 2012.
- PRESTON, R. C.; SHAW, A. **Middlesex: National Physics Laboratory**, 2001.
- RABELO, M. C.; FREITAS NETO, L. M.; CHAVES, R. M.; SANTOS JUNIOR, E. R.; AGUIAR FILHO, C. R.; ALMEIDA-IRMÃO, J. M.; BEZERRA, F. Q. G.; CONCEIÇÃO, J. C.; TAVEIROS, A. W.; LIMA, P. F.; OLIVEIRA, M. A. L. Utilização da ultrassonografia para avaliar a perda do concepto de éguas Mangalarga Marchador. **Medicina Veterinária**, v. 3, n. 1, p. 18-22, 2009.
- RAMIREZ, S.; SEAHORN, T. L. Ultrasonography as an aid in the diagnosis of renal cell carcinoma in a horse. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 37, n. 5, p. 383-386, 1996.
- REEF, V. B. **Equine diagnostic ultrasound**. Philadelphia: WB Saunders; 1998.
- REEF, V. B. **Recent Advances in Abdominal Ultrasonography of the Adult Horse**. In: 8ème Congrès de médecine et chirurgie équine - 8. Kongress für Pferdemedizin und -chirurgie - 8th Congress on Equine Medicine and Surgery, Ithaca, 2003, p. 1-8, 16 dez 2003. International Veterinary Information Service, 2003, Ithaca.
- REEF, V. B.; WHITTIER, M.; ALLAM, L. G. Thoracic Ultrasonography. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v.3, p.284-293, 2004. (a)

REEF, V. B.; WHITTIER, M.; ALLAM, L. G. Sonographic Evaluation of the Adult Abdomen. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v.3, p.294-307, 2004. (b)

RENDLE, D. Liver biopsy in horses. **In Practice**, v. 32, p. 300-305, 2010.

RODGER, L. D.; CARLSON, G. P.; MORAN, M. E.; YARBROUGH, T. B.; PASCOE, J. R.; REYNOLDS, J. A. Resolution of a left ureteral stone using electrohydraulic lithotripsy in a Thoroughbred colt. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 9, p. 280-282, 1995.

SANTSCHI, E. M.; SLONE JR, D. E.; FRANK II, W. M. Use of ultrasound in horses for diagnosis of left dorsal displacement of the large colon and monitoring its nonsurgical correction. **Veterinary Surgery**, v. 22, n. 4, p. 281-284, 1993.

SCHARNER, D.; ROTTING, A.; GERLACH, K.; RASCH, K.; FREEMAN, D. E. Ultrasonography of the abdomen in the horse with colic. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v. 1, n. 3, p. 118-124, 2002.

SCHNEIDER, D. A. **Colestasi e Calcoli Biliari nel Cavallo**. Ippologia, anno 9, n. 2, p. 31-40, 1998.

SPRAYBERRY, K. A. Ultrasonographic examination of the equine neonate: Thorax and abdomen. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.31, p.515-543, 2015.

SPRAYBERRY, K. A.; BARRETT, E. J. Thoracic Trauma in Horses. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 31, p. 199-219, 2015.

SUMMERHAYS, G. E. S.; MANTELL, J. A. R. Ultrasonography as na aid to diagnosis and treatment of a retrobulbar hydatid cyst in a horse. **Equine Veterinary Education**, v. 7, n. 1, p. 39-42, 1995.

TAVEIROS, A. W.; FREITAS NETO, L. M.; AGUIAR FILHO, C. R.; MOTTA MELO, P. R.; SILVA, A. C. J.; SANTOS, M. H. B.; LIMA, P. F.; OLIVEIRA, M. A. L. Utilização do ultrassom para sexar fetos equinos da raça Mangalarga Marchador pela visualização do tubérculo genital e da genitália. **Medicina Veterinária**, v.2, n.4, p.35-40, 2008.

VIEIRA, E.R. Aspectos econômicos e sociais do complexo agronegócio cavalo no Estado de Minas Gerais. 2011.140p. **Dissertação (Mestrado em: Zootecnia)**. Escola de Veterinária Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VIEIRA, E. R.; REZENDE, A S. C.; LANA, A. M. Q.; BARCELOS, K. M. C.; SANTIAGO, J. M.; LAGE, J.; FONSECA, M. G.; BERGMANN, J. A. G. Caracterização da equideocultura no estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.1, p.319-323, 2015.

WHITCOMB, M. B. Ultrasound and the nonacute abdomen: the abdominal organs. **AAEP Proceedings**, v. 58, p. 28-37, 2012.

WHITCOMB, M. B. Ultrasound in equine practice – where we´ve been, where we are now, and where we need to go. **AAEP Proceedings**, v. 60, p. 141-160, 2014.

WILLIAMS, S.; COOPER, J. D.; FREEMAN, S. L. Evaluation of normal findings using a detailed and focused technique for transcutaneous abdominal ultrasonography in the horse. **BMC Veterinary Research**, v. 10, p. 1-8, 2014.

WILSON, M. E. Examination of the Urinary Tract in the Horse. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 23, p. 563-575, 2007.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**ARTIGO 1 - ULTRASONOGRAPHY OF THE STOMACH AND SMALL INTESTINE
IN HEALTHY MANGALARGA MARCHADOR HORSES FROM BIRTH TO 5
YEARS OF AGE****(VERSÃO PRELIMINAR)****Artigo formatado de acordo com as normas da revista Arquivo Brasileiro de Medicina
Veterinária e Zootecnia.****Ultrasonography of the stomach and small intestine in healthy Mangalarga Marchador
horses from birth to 5 years of age****Ultrassonografia de estômago e intestino delgado de equinos Mangalarga Marchador
saudáveis desde o nascimento até 5 anos de idade****Gabriela Oliveira Pessoa¹, Jorge Henrique Villela Botelho², Antônio Carlos Cunha
Lacreta Junior¹, Marcos Ferrante¹, Ticiane Meireles Sousa¹, Ana Paula Peconick¹****¹Department of Veterinary Medicine, Federal University of Lavras****²Department of Veterinary Medicine, Unifenas****Abstract**

The aim of the study was to describe location, sonographic characteristics and measures stomach and small intestine of equines with different ages. Abdominal ultrasonography was performed on 88 healthy equines of either sex, aged 1, 7 and 15 days, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 months and 1, 3 and 5 years, being 20 animals per group. Location, characteristics and measurements of stomach, duodenum and jejunum were evaluated. Descriptive statistics was performed for each measurement and the percentile for each age was analyzed. The work showed the growth and characteristics of the organs evaluated over time. Adult animals showed a minimum of 4 duodenal movements per minute. It was possible to locate the organs evaluated in all animals. The detailed ultrasound examination of these organs allowed gathering information that could be used to assist in the care of future patients.

Resumo

O objetivo do estudo foi descrever localização topográfica, características e medidas ultrassonográficas de estômago e intestino delgado de equinos em diferentes idades. Foi realizado um exame ultrassonográfico abdominal em 20 equinos saudáveis de ambos sexos, com idades de 1, 7 e 15 dias, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses e 1, 3 e 5 anos. A localização, as características e as medidas de estômago, duodeno e jejuno foram avaliadas. Foi realizada a estatística descritiva para cada medida e analisado o percentil para cada idade. O trabalho mostrou o crescimento e características dos órgãos avaliados ao longo do tempo. Animais adultos apresentaram um mínimo de 4 movimentos por minuto de duodeno. Foi possível localizar os órgãos avaliados em todos os animais. O exame ultrassonográfico detalhado desses órgãos permitiu agrupar informações que poderão ser usadas para auxiliar no atendimento a futuros pacientes.

Key words

Equine; ultrasound; abdominal; duodenum; jejunum

Palavras-chave

Equino; ultrassom; abdominal; duodeno; jejuno

1 Introduction

Diagnostic ultrasound provides a non-invasive abdominal visualization of gastrointestinal organs and viscera that are otherwise difficult to examine (Reef *et al.*, 2004). This test provides additional information on parts of the abdomen that are unavailable to rectal palpation and it is especially useful in evaluating horses in which the procedure is impossible, unacceptable, or risky (Norman, 2014).

Transcutaneous ultrasound provides instant information about the volume and type of peritoneal effusion, gastric contents and its dilatation; small intestine's content, motility, wall thickness and diameter; and content, motility, and wall thickness of the colon (Jeune e Whitcomb, 2014; Sprayberry, 2015). A good agreement has already been observed between the measurements of intestinal layers in histological and ultrasound examinations for the duodenum, jejunum, cecum, small colon and right dorsal large colon (Bevevino *et al.*, 2021).

In cases of inflammation and vascular compromise, ultrasound evaluation can provide both diagnostic and prognostic information, which are essential when making surgical decisions with the clients (Norman, 2014). Acute abdomen in horses is considered an emergency, and it is crucial to have an early determination of the need for surgical intervention as a therapeutic measure (Amaral *et al.*, 2017). Ultrasound is a fast and non-invasive tool in formulating the accurate diagnosis of horses presenting acute colic, leading to successful treatment and results.

The availability of portable equipment and better protocols for abdominal examination increased the use of transcutaneous ultrasound in the diagnosis of acute colic (Norman, 2014). However, there are few studies publications that report the ultrasound monitoring of organs in animals of different ages, following their growth. By bringing data detailing the period of time in which the individual is, it is possible to obtain more accurate information to aid in the early diagnosis of diseases related to the stomach, duodenum and jejunum.

The aim of this study was to evaluate in detail the stomach, duodenum and jejunum of Mangalarga Marchador horses, a breed native to Brazil, at different ages, in order to obtain a database that can be useful in future veterinary medicine.

2 Material and methods

The work was carried out with 88 Mangalarga Marchador equines, of either sex, aged 1 day, 7 days, 15 days, 1 month, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 months, 1 year, 3 years and 5 years, with 20 animals of each age group. Full-term foals that showed no clinical changes were added to the experiment, as well as older animals that had not been sick in the last year. Those who had any disease were withdrawn from the study. The work was approved by the Ethics Committee on the Use of Animals of the Federal University of Lavras under protocol number 061/18 and the evaluations took place at *Haras do Henrique*, in Nepomuceno, MG, Brazil.

The animals were kept in extensive breeding with corn silage supplementation and ration in the trough. The foals were weaned at 4 months of age, in groups with at least 4 individuals. From 5 months onwards, the youngest animals were incorporated into the group of the oldest ones born in the same season.

Before the ultrasound evaluation, the thoracic circumference of the animals was obtained using a tape measure and they underwent a general physical examination, with measurement of heart rate, respiratory rate, capillary refill time and rectal temperature. For restraint of neonates, a second person gently held them by holding the chest and the tail. Larger animals were restrained only in the halter. The foals were examined close to their mothers, a procedure that made the animals feel calmer and safer. Trichotomy using a shearing machine was performed between the 10th intercostal space and the paralumbar fossa on each side. It was used 70% alcohol for the ultrasound contact.

Sonographic location and characteristics of stomach, duodenum and jejunum were evaluated. Furthermore, measurements of wall thickness and diameter of duodenum and jejunum in millimeters (mm) were determined. In animals older than 4 months, it was measured the number of duodenal movements in 1 minute. The abdomen scan started at the 10th intercostal space and ended at the paralumbar fossa, with the transducer moving from dorsal to ventral direction.

The wall thickness of the stomach, duodenum and jejunum was obtained from the straight-line measurement of all layers of the wall of each organ. A line was drawn between the serosa and the mucosa. The mucosal gas interface (hyperechoic) was important in limiting mucosal thickness. Duodenum and jejunum were evaluated when they were in maximum distension.

The ultrasound evaluation was performed using the device Mindray® Z5 equipped with a multifrequency convex transducer, being adjusted to the best frequency, general gain, specific gain, depth and number of focuses during the examination to optimize image quality. The images were obtained by a single observer. Each measurement was performed three times to obtain reproducibility and the mean was used for statistical analysis (LIPPI et al., 2017). During the evaluation, the animals remained stationary in order to preserve the topographic location of each organ.

The settings established for the ultrasound examination of the animals varied according to age and size. Frequency of 4.5-5.0 MHz, frame rate of 28-35/s, power of 97% and 2 focuses were used. Depth and gain have been adjusted to improve the quality of image acquisition.

Descriptive statistics were performed for each measurement and the percentile was analyzed in the program Microsoft Excel®.

3 Results

The ultrasound window for observing the stomach varied between the 10th and 15th left intercostal spaces (ICS), at the level of the shoulder joint or a little more ventral. However, the best observation site was on the 13th or 14th IS. In some animals, it was observed overlapping of the lung, limiting the visualization of this organ from the 12th ICS (Fig. 1).

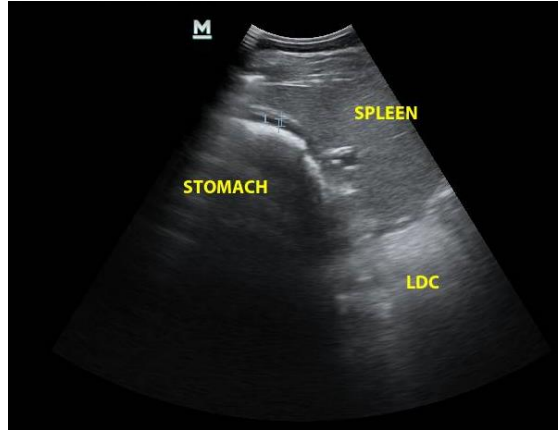


Figure 1. Ultrasonographic image of the stomach in the 12th left intercostal space on shoulder's level. The image was obtained using a convex transducer at 4.5 MHz at a depth of 14,8 cm. LDC: left dorsal colon. Measure: 4,2mm.

The stomach was visualized as a convex line, which corresponds to the greatest curvature. It lies medial to the spleen and left dorsal to the large colon. In foals up to 15 days old, it was possible to see a hypoechoic content, while in older animals, only the gas interface was observed after the gastric wall. The layers of the stomach wall (serosa, muscularis, submucosa and mucosa) were distinguishable. The serosa is the last hyperechoic line and mucosa is the first hypoechoic line of gastric wall. The gas-mucosal interface is a good reference point for limiting the mucosal layer.

Percentile values are shown in Tab. 1. From 3 months of age onwards, at least 50% of the individuals presented a value for gastric wall thickness greater than or equal to 2.1 mm. One-day-old neonates had a maximum value of 2.0 mm and animals from 7 months of age had values greater than 3.0 mm. Five-year-old animals showed values greater than 4.0 mm.

Table 1: Stomach wall thickness percentiles (mm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values (mm)	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum	1.0	1.3	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.8	2.0	1.5	1.6	2.2	2.1
P10	1.1	1.5	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	1.8	2.0	1.7	1.9	2.3	1.7	1.9	2.2	2.2
P25	1.4	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	2.0	2.6	1.8	2.0	2.6	2.5
P50	1.7	2.0	1.9	1.8	1.8	2.2	2.2	2.1	2.1	2.5	2.3	2.5	2.8	2.1	2.4	2.7	2.9
P75	1.8	2.3	2.5	2.0	1.9	2.3	2.4	2.4	2.2	2.7	2.7	3.0	2.9	2.5	3.0	3.0	3.6
P90	2.1	2.6	3.1	2.1	2.1	2.4	2.4	2.7	2.6	2.9	2.9	3.2	3.2	3.2	3.5	3.3	4.0
Maximum	2.3	3.2	3.5	3.0	2.6	2.8	2.7	2.8	2.9	3.1	3.4	3.8	3.5	3.8	3.9	3.7	4.5

The ascending duodenum was observed between the 11th and 16th right ICS at the height of the middle third of the humerus and the descending duodenum was seen in the 17th

right ICS below the coxal tubercle. In most animals, it was only possible to observe the ascending duodenum between the 13th and 15th ICS. The best viewing window to it was in the first caudal ICS to the first organ viewing ICS. This organ appears as a round or oval structure with a hyperechoic wall and may have anechoic or hyperechoic content (Fig. 2).

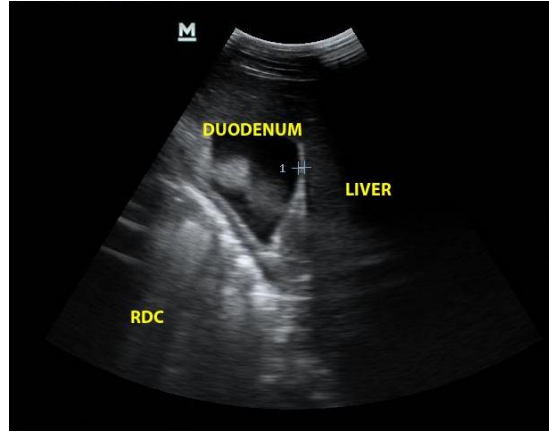


Figure 2. Ultrasonographic image of the duodenum in the 13th right intercostal space on shoulder's level. The image was obtained using with a convex transducer at 4.5 MHz at a depth of 16.6 cm. RDC: right dorsal colon. Measure: 2.9 mm.

A value greater than 20 mm for duodeno's diameter was observed in at least 50% of neonates from 7 days of age, 75% of foals from 3 months of age and 90% of animals from 6 months of age (Tab. 2). Only 1 individual aged 9 months had a maximum value of 54.0 mm. Animals aged 3 and 5 years had diameter values greater than 5 cm. 1-day-old neonates had a maximum duodenal wall thickness of 2.0 mm. Two 5-year-old animals had a value of 4.6 mm. The median value of the thickness was above 2.2 mm in animals from 3 months of age. Animals from 4 months of age showed between 2 and 9 peristaltic movements per minute. Only 5-year-old animals showed a minimum of 4 movements per minute (Tab. 3).

Table 2: Percentiles of wall thickness and duodenal diameter (mm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values (mm)	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Wall thickness (mm)																	
Minimum	1.1	1.4	1.2	1.4	1.2	1.9	2.0	2.1	1.8	1.7	1.8	1.2	1.9	2.0	1.4	2.1	1.2
P10	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.9	2.2	2.2	1.9	2.1	2.0	1.9	2.0	2.2	2.0	2.2	2.2
P25	1.5	1.6	1.5	1.7	1.7	2.0	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.1	2.1	2.3	2.3	2.4	2.5
P50	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.5	2.3	2.5	2.4	2.6	2.7	2.7
P75	1.9	2.4	2.3	2.3	2.2	2.4	2.6	2.7	2.6	2.6	2.8	2.5	2.8	2.9	3.0	2.9	3.0
P90	1.9	2.9	2.5	2.8	2.6	2.9	2.7	3.0	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.0	3.3	3.3	3.5
Maximum	2.0	3.0	2.7	2.9	3.3	3.2	2.9	3.4	3.1	2.8	3.6	3.1	3.6	3.8	3.4	3.7	4.6
Diameter (mm)																	
Minimum	11.7	13.0	12.3	13.6	13.3	15.6	21.3	15.6	21.5	22.8	22.2	22.3	20.7	20.5	19.6	25.5	12.8
P10	12.9	16.6	15.8	15.6	15.5	20.1	23.8	19.8	24.8	26.8	29.1	27.2	25.6	23.3	22.4	26.7	24.8
P25	14.9	18.0	18.3	19.4	17.0	22.9	26.2	23.5	26.4	27.9	30.6	29.8	28.9	28.9	28.0	30.9	27.3
P50	18.3	22.7	21.1	22.3	21.0	24.9	27.9	25.5	29.8	31.0	34.2	31.3	31.9	35.0	31.9	36.6	34.1
P75	20.2	27.1	22.4	26.2	25.1	26.9	29.0	29.2	35.9	34.3	36.3	36.2	34.8	38.7	35.1	40.5	41.5

P90	23.7	28.0	25.5	29.7	34.1	31.3	31.6	30.4	39.0	37.1	40.7	43.4	38.1	43.6	38.4	45.9	51.0
Maximum	36.3	31.1	29.0	30.6	41.1	40.8	42.8	32.7	39.6	39.9	44.9	54.0	43.4	48.4	48.6	53.6	56.3

Table 3: Duodenal movements per minute of Mangalarga Marchador horses between 4 months and 5 years of age.

Values	Age(days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum							2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	4
P10							3	3	3	3	3	4	4	3	4	3	4
P25							3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4
P50							4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5
P75							5	4	5	5	6	6	6	5	5	6	6
P90							6	6	5	6	6	7	6	6	6	6	6
Maximum							7	6	6	7	8	9	6	7	9	7	7

Jejunum was observed in most of the left abdomen in foals up to 9 months old, becoming visible since the 13th ICS. However, its best viewing window is located on the flank at or just below the hip joint in all horses. In some foals, it was possible to observe it in the ventral abdomen (Fig. 3).

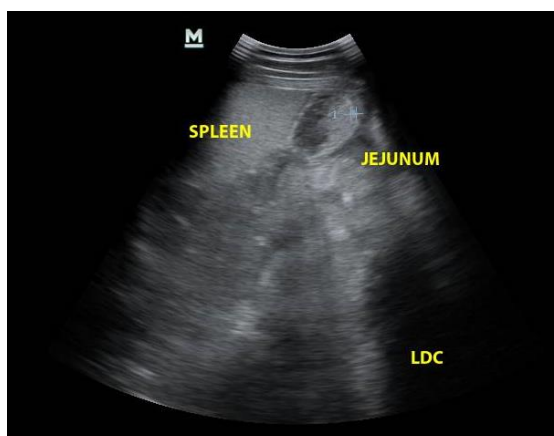


Figure 3. Ultrasonographic image of the jejunum in the middle third of the left paralumbar fossa. The image was obtained with convex transducer at 4.5 MHz at a depth of 18.5 cm. LDC: left dorsal colon. Measure: 2.7 mm.

Animals with 15 days of life had already reached a jejunal diameter greater than 30.0 mm, from 7 months of age there is a diameter greater than 40.0 mm and at 1 year of life, values above 50.0 mm were seen (Tab. 4). The maximum jejunal wall thickness was 2.4 mm for 1-day-old neonates. From that period on, the animals showed maximum values above 3.0 mm, except for the ages of 4 and 6 months. At least 75% of the animals from 3 months of age had wall thickness greater than 2.0 mm.

Table 4: Percentiles of wall thickness and jejunal diameter (cm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values (mm)	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Wall thickness (mm)																	
Minimum	01.0	1.1	1.1	1.4	1.0	1.7	2.0	2.0	1.7	1.9	1.8	1.4	2.1	1.2	1.9	2.0	1.7
P10	01.2	1.4	1.2	1.5	1.4	2.1	2.0	2.2	2.0	2.0	1.9	1.8	2.2	1.6	2.0	2.2	2.0
P25	1.3	1.6	1.4	1.6	1.5	2.2	2.1	2.3	2.2	2.1	2.1	2.2	2.3	2.1	2.1	2.3	2.2
P50	1.5	1.9	1.9	2.0	1.8	2.3	2.3	2.5	2.4	2.3	2.2	2.4	2.4	2.4	2.3	2.5	2.4
P75	1.8	2.2	2.4	2.4	2.0	2.4	2.6	2.8	2.6	2.5	2.5	2.6	2.5	2.7	2.5	2.7	2.9
P90	2.1	2.6	2.8	2.9	2.7	2.6	2.8	3.1	2.7	2.6	2.6	2.7	2.8	2.9	2.6	3.0	3.0
Maximum	2.4	3.1	3.3	3.4	3.3	3.4	2.9	3.4	2.9	3.2	3.3	3.3	3.1	3.5	3.2	3.3	3.6
Diameter (mm)																	
Minimum	11.3	12.1	13.7	10.7	16.6	20.6	17.9	17.2	20.3	12.4	18.1	21.3	17.9	19.0	17.1	21.6	18.5
P10	13.0	14.5	13.9	15.7	17.3	21.3	21.1	19.9	22.9	22.4	18.8	21.6	19.6	23.7	21.8	24.2	21.9
P25	13.5	15.4	16.7	18.1	21.1	22.7	22.9	21.3	23.8	24.6	23.1	23.9	24.8	25.6	24.3	27.3	25.0
P50	15.7	18.2	18.9	21.7	23.0	26.1	25.2	23.7	26.0	28.2	28.2	30.7	30.9	30.8	26.0	32.3	30.5
P75	18.3	19.2	22.2	28.5	27.1	29.2	27.5	27.5	29.2	31.2	33.9	38.8	34.1	33.6	29.7	40.2	34.9
P90	21.8	20.3	23.8	32.1	30.9	31.7	30.5	28.5	31.3	38.5	37.9	40.6	37.9	37.0	42.2	47.0	39.1
Maximum	26.5	28.5	30.2	34.4	33.5	33.9	31.0	33.1	37.0	43.2	45.4	47.5	46.1	45.0	51.1	51.8	48.9

4 Discussion

Although reference intervals for equine organs have been observed (Aleman *et al.*, 2002; Jones *et al.*, 2003; Farooq *et al.*, 2018), long-term monitoring of the growth of these organs in the first year of life had not been carried out yet. These results show a growth curve of the stomach, duodenum and jejunum according to the animal's life span.

The stomach's image was obtained within the limits observed by previous studies in other breeds and different ages (Freeman, 2003; Reef, 2003; Nasr *et al.*, 2014; Farooq *et al.*, 2018). However, the viewing window of this study was smaller, possibly due to the overlapping of the left lung on the organ. The gastric wall ranges from hypoechoic to echogenic with a hyperechoic echo of gas from the mucosal surface and can be up to 7.5 mm thick (Reef, 2003). In foals, it was possible to observe stomach contents up to 15 days of age, which is longer than in other studies (Aleman *et al.*, 2002). In this study, the maximum value of stomach wall thickness found was 4.5 mm in adult animals. Younger animals showed lower values for wall thickness, corroborating other studies (Aleman *et al.*, 2002). The differences found may be due to variations in breed, age, body weight or even diet. Another possibility is the volume ingested in the stomach during the examination, since the animals did not undergo any type of fasting.

Small intestine echoes are recognized by their small tubular and circular appearance, small diameter, fluid content, and frequent peristaltic movements (Freeman, 2002; Reef, 2003). When there is optimal imaging conditions, it is possible to identify five layers in the intestinal wall. The ultrasound layers are serous, muscular, submucosal, mucosa and mucosal interface (Bevevino *et al.*, 2021). The latter is the result of ingestion or gas on the mucosal surface (Freeman, 2002). The small intestine was visualized covering a larger area in younger foals, presenting a hypoechoic wall and continuous motility and difficult to quantify (Aleman *et al.*, 2002).

The form and content variation of the duodenum is expected since this organ is surrounded by other structures and the animals did not undergo any type of fasting. The duodenum is flattened by adjacent organs, being observed a more oval to round shape only in distension during peristaltic movement (Kirberger *et al.*, 1995). The contents of the duodenum can vary from a hyperechoic gas, hypoechoic or hyperechoic fluid, mucus or ingesta, and sometimes a fluid pattern with hyperechoic patches (Reef, 2003; Farooq *et al.*, 2018). 24-hour fasting significantly improves high-quality imaging of the small intestine (Norman *et al.*, 2010). It results in better visibility, definition, circumferential visibility and dilation of the small intestine.

When observing the diameter of the duodenum, it is important to note whether there is full duodenal contraction, as its absence may be an indication of dilatation. Duodenal distension and contraction are indicators of peristaltic activity (Kirberger *et al.*, 1995). Small intestine distension can be seen on transabdominal ultrasound before being noticed on rectal palpation (Cavalleri *et al.*, 2013). Therefore, any changes should be investigated.

The variation in the frequency of movements per minute found was wide, unlike previous studies (Norman *et al.*, 2010; Farooq *et al.*, 2018). Intestinal movement shows the transit of ingesta and may be related to the feeding time of the animals. In this study, there were individuals on pasture and in pens. Horses kept in stables feed in a shorter period of time when compared to those kept in the free environment (McGreevy, 2004). Generally, fasted horses show less strains and contractions of the duodenum, while more active contractions appear to be present when this structure is filled with fluid (Kirberger *et al.*, 1995; Farooq *et al.*, 2018). Therefore, the observed peristalsis may be related to the animal's diet.

The diameter measurements of the jejunum tend to vary. This is due to the fact that when observing the same loop, it does not always stretch in the same way and to the same extent. The mean of the largest diameter of the jejunal loops, in cross-section, was 44.8 ± 7.3 mm, with a wall thickness of 2.5 ± 0.3 mm in another abdominal imaging study (Amaral and Froes, 2014), being similar to the measurements found in adult animals in this study. Peristaltic waves, anechoic fluid, and hyperechoic gas are often seen in its lumen (Reef, 2003). The jejunum cannot be distinguished with certainty from the ileum by ultrasound imaging. The ileum is located cranial and medial to the cecum, but can be difficult to obtain its image in larger horses (Freeman, 2002).

Regarding the measurements of duodenal and jejunal wall thickness, it can be observed that they present an average variation from birth to the first year of age. The thickness of the stomach wall remains more constant until 7 months of age and then increases. Duodenum and jejunum thickness measurements are greater than those reported in some previous studies in horses of other breeds (Reef, 2003; Farooq *et al.*, 2018; Bevevino *et al.*, 2021), but similar to other studies (Aleman *et al.*, 2002; Bithell *et al.*, 2010; Kirberger *et al.*, 1995). These differences can be explained by the methodology used, age of the animals or even intestinal distension. Although this work aimed to evaluate the loops at maximum distension, sometimes this action was made impossible by the compression of adjacent organs.

The measurements evaluated ranged between the animals from 1 to 12 months. Perhaps this happened because of the growth and development of the foals. Some grew faster and gained more weight while others developed more slowly. In this time it was also possible to notice more easily how birth weight associated with the type of handling influences the growth of the animal.

In clinical practice, high resolution images are not always available. The thickness of the abdominal wall, retroperitoneal fat and other individual characteristics determine the need to use transducers of different frequencies (Bevevino *et al.*, 2021). Thus, obtaining a good quality image depends on the individual patient situation and device settings. Sonography is a

very important practical option, and very enlightening for the owners, being of great value for obtaining information for the elaboration of a diagnosis of equine patients.

Conclusion

Abdominal ultrasound not only offers structural information, but also functional information, such as gastrointestinal tract motility. It was possible to define values to help clinicians in diagnosis of some affections on Mangalarga Marchador horses.

REFERENCES

ALEMAN, M.; GILLIS, C.L.; NIETO, J.E. *et al.* Ultrasonographic anatomy and biometric analysis of the thoracic and abdominal organs in healthy foals from birth to age 6 months. *Equine Vet. J.*, v.34, p.649-655, 2002.

AMARAL, C.H.; FROES, T.R. Avaliação do trato gastrintestinal de equinos pela ultrassonografia transabdominal: nova abordagem. *Semina*, v.35, n.4, p.1881-1894, 2014.

AMARAL, C.H.; OLIVEIRA, D.C.; DORNBUSH, P.T. *et al.* Utilização da ultrassonografia transabdominal para auxílio propedêutico em equinos com síndrome cólica: Relatos de casos. *Vet. Zootec.*, v.24, p.525-537, 2017.

BEVEVINO, K.E.; EDWARDS, J.F.; COHEN, N.D. *et al.* Ex vivo comparison of ultrasonographic intestinal wall layering with histology in horses: A feasibility study. *Vet. Radiol. Ultrasound*, v.62, p.1–15, 2021.

BITHELL, S.; HABERSHON-BUTCHER, J.L.; BOWEN, M. *et al.* Repeatability in reproducibility of transabdominal ultrasonographic intestinal wall thickness measurements in Thoroughbred horses. *Vet. Radiol. Ultrasound*, v.51, p.647-651, 2010.

CAVALLERI, J.M.; BIENERT-ZEIT, A.; FEIGE, K. Examination of horses with acute colic - clinical pathology and diagnostic imaging. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*, v.41, p.124–134, 2013.

FAROOQ, U.B.; KUMAR, A.; CHAUDHARY, R. Ultrasonographic examination of the stomach, duodenum and jejunum of normal adult spiti horses and Himalayan hill mules of India. *Indian J Anim Res*, v.52, p.983-989, 2018.

FREEMAN, S. Ultrasonography of the equine abdomen: techniques and normal findings. *In Practice*, v.24, n.4, p.204-211, 2002.

FREEMAN, S. Diagnostic ultrasonography of the mature equine abdomen. *Equine Vet. Educ.*, v.15, n.6, p.319-330, 2003.

JEUNE; S.I.; WHITCOMB, M.B. Ultrasound of the equine acute abdomen. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, v.30, n.2, p.353-381, 2014.

JONES, S.L.; DAVIS, J.; ROWLINGSON, K. Ultrasonographic finding in horses with right dorsal colitis: five cases (2000-2001). *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v.222, p.1248-1251, 2003.

KIRBERGER, R.M.; VAN DEN BERG, J.; GOTTSCHALK, R.D. *et al.* Duodenal ultrasonography in the normal adult horse. *Vet. Radiol. Ultrasound*, v.36, p.50-56, 1995.

LIPPI, I.; BONELLI, F.; CITI, S. *et al.* Renal measures in healthy Italian Trotter foals and correlation between renal and biometric measures: preliminar study. *J. Equine Vet. Sci.*, v.59, p.71-75, 2017.

MCGREEVY, P. (Ed). *Equine Behavior: A Guide for Veterinarians and Equine Scientists*. London: ELSEVIER, 2004. 366p.

NASR, M.Y.; FADEL, M.S.; NOHA, A.B. *et al.* Studies on abdominal ultrasonography in arabian horses. *Assiut Vet. Med. J.*, v.60, n.143, p.9-15, 2014.

NORMAN, T.; CHAFFIN, K.; SCHMITZ, D. Effects of fasting and intraluminal contrast enhancement on ultrasonographic appearance of the equine small intestine. *Vet. Radiol. Ultrasound*, v.5, p.642-646, 2010.

NORMAN, T.E. Abdominal ultrasound and palpation per rectum as complementary modalities in diagnosing equine abdominal pain. *AAEP Proceedings*, v.60, p.205-208, 2014.

REEF, V.B. Recent Advances in Abdominal Ultrasonography of the Adult Horse. In: 8ÈME CONGRÈS DE MÉDECINE ET CHIRURGIE ÉQUINE - 8. KONGRESS FÜR PFERDEMEDEZIN UND CHIRURGIE – 8TH CONGRESS ON EQUINE MEDICINE AND SURGERY, 2003, Ithaca. International Veterinary Information Service... Ithaca: [s.n.] 2003. p.1-8.

REEF, V.B.; WHITTIER, M.; ALLAM, L.G. Sonographic Evaluation of the Adult Abdomen. *Clinical Techniques in Equine Practice*, v.3, p.294-307, 2004.

SPRAYBERRY, K.A. Ultrasonographic Examination of the Equine Neonate: Thorax and Abdomen. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, v.31, p.515-543, 2015.

ARTIGO 2 – CECUM AND COLON ULTRASOUND PARAMETERS IN HEALTHY MANGALARGA MARCHADOR HORSES FROM BIRTH TO FIVE YEARS OF AGE

(VERSÃO PRELIMINAR)

Artigo formatado de acordo com as normas da revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.

Cecum and colon ultrasound parameters in healthy Mangalarga Marchador horses from birth to five years of age

Parâmetros ultrassonográficos de ceco e cólon em equinos Mangalarga Marchador saudáveis desde o nascimento até cinco anos de idade

Gabriela Oliveira Pessoa¹, Jorge Henrique Villela Botelho², Antônio Carlos Cunha Lacrete Junior¹, Marcos Ferrante¹, Ticiane Meireles Sousa¹, Ana Paula Peconick¹

¹Department of Veterinary Medicine, Federal University of Lavras

²Departament of Veterinary Medicine, Unifenas

Abstract

The aim of the study was to determine colon ultrasound parameters of healthy Mangalarga Marchador horses at different ages, defining wall thickness measurements and topographical location. We performed an abdominal ultrasound in 20 healthy horses of both sexes, aged between 1 day and 5 years. We evaluated the characteristic and location of all portions of the colon. Descriptive statistics were performed for each measure and the percentile was analyzed. The work showed an increase in the wall thickness values of the different segments of the colon according to the growth of the animal. The wall of the small colon appeared thinner when compared to other portions of the colon in the same animal. It was possible to locate and characterize all portions of the colon at all ages. The ultrasound performed at different ages allowed the construction of a more detailed database for later consultations.

Resumo

O objetivo do estudo foi determinar parâmetros ultrassonográficos de cólon de equinos Mangalarga Marchador saudáveis em diferentes idades, definindo as mensurações de espessura de parede e a localização topográfica. Foi realizado um exame ultrassonográfico abdominal em 20 equinos saudáveis de ambos sexos, com idades entre 1 dia e 5 anos. A característica e a localização de todas as porções do cólon foram avaliadas. Foi realizada a estatística descritiva para cada medida e analisado o percentil. O trabalho mostrou um aumento nos valores de espessura de parede dos diferentes segmentos do cólon de acordo com o crescimento do animal. A parede do cólon menor apareceu mais fina quando comparada às outras porções do cólon no mesmo animal. Foi possível localizar e caracterizar todas as porções do cólon em todas as idades. A ultrassonografia realizada em diferentes idades permitiu a construção de um banco de dados mais detalhado para consultas posteriores.

Keywords

Equine; foal; ultrasound; abdominal; pattern.

Palavras-chave

Equino; potro; ultrassom; abdominal; padrão.

1 Introduction

Diagnostic ultrasound provides a window for non-invasive abdominal visualization of gastrointestinal organs and viscera that are otherwise difficult to examine (REEF *et al.*, 2004). In cases of inflammation and vascular compromise, ultrasound evaluation can provide both diagnostic and prognostic information, which are essential for making surgical decisions (NORMAN, 2014). Abdominal ultrasound is very useful in distinguishing medical from surgical problems in colon and small intestine disorders (KLOHEN, 2012).

Colon diseases include spasmodic colic, bloat, impactions, dislocations, torsions, and infiltrative conditions (FREEMAN, 2003). A colonic wall thickness greater than 9 mm accurately defined a major colonic torsion in 67% of patients with this condition (PEASE *et al.*, 2004). Colon wall edema may be seen in cases of vascular compromise and tissue inflammation, and may be present in severe chronic impaction or colitis. Having information about colonic wall involvement is helpful when trying to form a prognosis to advise clients and set expectations (NORMAN, 2014).

There are several works that describe protocols for the optimal evaluation of the equine colon, as well as its characteristics (PEASE *et al.*, 2004; WHITCOMB, 2012; NORMAN, 2014; CRIBB & ARROYO, 2018). However, there are no publications that show the monitoring of the development of these structures in animals of different ages, following the body growth. Thus, in addition to bringing new data according to the age group, the present work can help in the early diagnosis of diseases related to the colon, avoiding possible complications.

The objective of this study was to evaluate characteristics, measures and topographic location of cecum and the colon of Mangalarga Marchador horses, a breed native to Brazil, from birth to 5 years of age, in order to obtain a database for later consultations.

2 Material and methods

In each age group, 20 Mangalarga Marchador horses were used, of both sexes, aged 1 day, 7 days, 15 days, 1 month, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 months, 1 year, 3 years and 5 years. The animals that showed any disease were withdrawn from the study. The work was approved by the Ethics Committee on the Use of Animals of the Federal University of Lavras under protocol number 061/18 and the evaluations took place at *Haras do Henrique*, in Nepomuceno, MG, Brazil. The animals were kept in extensive breeding with corn silage supplementation and ration in the trough. Foals were weaned at 4 months of age in groups with at least 4 individuals. From 5 months onwards, the youngest animals were incorporated into the group of older animals born in the same season.

The animals underwent a general physical examination, with measurement of heart rate, respiratory rate, capillary reperfusion time and rectal temperature. For restraint of neonates, a second person gently held them with their hands on the chest and tail. Larger animals were restrained only in the halter. The foals were examined close to their mothers, a procedure that made the animals feel calmer and safer. No sedatives were used during the study. Trichotomy using a shearing machine was performed between the 10th intercostal space and the paralumbar fossa on each side of the abdomen. We used 70% alcohol for the ultrasound contact.

Sonographic characteristics, wall thickness measurements (mm) and topographic location of the cecum and colon were evaluated. The abdomen scan started at the 11th intercostal space and ended at the paralumbar fossa, with the transducer moving from dorsal to ventral direction.

The ultrasound evaluation was performed using the device Mindray Z5 equipped with a multifrequency convex transducer, being adjusted to the best frequency, general gain, specific gain, depth and number of focuses during the examination to optimize image quality. The acquisition of the images was performed by a single observer. Each measurement was performed three times to obtain reproducibility and the mean was used for statistical analysis (LIPPI et al., 2017). During the evaluation, the animals remained stationary in order to preserve the topographic location of each organ. The settings established for the ultrasound examination of the animals varied according to age and size. It was used frequency 4.5-5.0 MHz, frame rate 28-35/s, AP 97% and 2 focuses. Depth and gain have been adjusted to improve the image quality.

Descriptive statistics were performed for each measurement and the percentile was analyzed in the program Microsoft Excel®.

3 Results

The left dorsal large colon was visualized in most animals, from the 13th left IS, at the level of the shoulder joint, to the flank, although it was also seen in the 12th IS. It is found caudally to the stomach and ventrally to the spleen, and is distinguished by its large saturation and the presence of a layer of gas.

On the first day of life, 50% of the neonates had a LDLC wall thickness of 1.5 mm, a value that dropped to 10% in the 1st month of life. From 3 months of age, at least 50% of the animals presented a value greater than or equal to 2.0 mm. The minimum wall thickness value presented was 1.1 mm, in foals up to 60 days old. The maximum wall thickness value found was 3.5 mm in a 1-year-old animal (Table 1).

Table 1: Percentiles of the wall thickness (mm) of the left dorsal large colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values (mm)	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum	1.2	1.1	1.1	1.4	1.1	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.3	1.4	1.9	1.9	1.8
P10	1.2	1.4	1.3	1.5	1.2	1.5	1.9	1.6	2.0	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	1.9	2.0	2.1
P25	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	2.1	1.7	2.1	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2
P50	1.5	1.7	1.7	1.7	1.7	2.0	2.2	2.0	2.2	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.4	2.3	2.4
P75	1.6	2.1	2.0	2.0	1.9	2.1	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.5	2.5	2.8	2.5	2.7
P90	1.8	2.8	2.2	2.3	2.0	2.4	2.4	2.6	2.4	2.6	2.3	2.8	2.7	2.8	3.4	2.7	2.7
Maximum	2.5	3.2	2.4	3.2	3.3	2.8	2.8	2.8	2.8	3.4	2.6	3.2	2.9	3.3	3.5	3.4	3.2

The left ventral large colon was located in the ventral abdomen on the left side, adjacent to the abdominal wall. With saccular wall and continuous peristaltic movements, this structure was more easily visualized in foals from 2 months of age.

One-day-old animals had a maximum LVLC wall thickness of 2.2 mm, and at 7 months of age, few animals had measurements of 3.0 mm. From 3 months of age, at least 50% had values greater than or equal to 2.0 mm of wall thickness. Only one 5-year-old horse had 3.9 mm of LVLC wall thickness (Table 2).

Table 2: Percentiles of the wall thickness (mm) of the left ventral large colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values (mm)	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum	1.0	1.3	1.1	1.1	1.1	1.4	1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.7	1.8	1.6	1.8	1.9
P10	1.2	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.9	1.7	1.6	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	2.1	2.0
P25	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.9	2.0	1.9	1.7	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2
P50	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	2.1	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.2	2.1	2.5	2.4	2.5
P75	1.8	2.0	1.9	2.2	2.0	2.4	2.4	2.2	2.4	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.9	2.5	2.8
P90	1.9	2.8	2.2	2.4	2.3	2.6	2.6	2.3	2.5	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	3.1	2.6	2.9
Maximum	2.2	2.9	2.6	2.9	2.5	2.8	2.6	2.5	2.5	3.0	3.5	3.4	3.3	3.4	3.5	2.9	3.9

The small colon was delimited on the left flank, at a height close to the level of the acetabulum, caudally to the left kidney. It was visualized as a structure filled with smaller sacculations when compared to other parts of the colon. In some 1-day-old neonates, it was possible to observe a hyperechoic content within the SC, suggesting the presence of pasty feces (Figure 1).

In same individual, it was possible to notice that the SC measurements were slightly smaller than the measurements of the other parts of the colon. 1-day-old neonates had a maximum wall thickness of 1.8 mm. The minimum value observed was 0.6 mm in a 15-day-old foal and the minimum values at other ages were less than 1.6 mm. Few animals from 11 months of age had a value greater than 3.0 mm (Table 3).

Table 3: Percentiles of the wall thickness (mm) of the small colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values (mm)	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum	1.0	1.1	0.6	1.0	1.2	1.4	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.1	1.4	1.1
P10	1.0	1.3	1.2	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.6	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.9
P25	1.3	1.3	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0
P50	1.5	1.6	1.7	1.8	1.7	1.9	1.9	1.8	2.0	1.9	1.8	1.8	1.9	2.0	2.2	2.1	2.3
P75	1.6	2.0	1.8	2.0	1.8	2.1	2.1	2.1	2.2	2.0	1.9	2.2	2.0	2.3	2.8	2.4	2.5
P90	1.6	2.4	2.0	2.1	2.1	2.2	2.6	2.5	2.3	2.3	2.1	2.5	2.3	2.6	2.9	2.7	2.7
Maximum	1.8	2.8	2.2	2.5	2.5	2.4	2.7	2.6	2.8	2.5	2.3	2.7	2.7	3.3	3.4	2.8	3.3



Figure 1: Structures found on the left side of the abdomen. A – Left dorsal large colon; B – Left ventral large colon; C – Small colon.

The right dorsal large colon was seen caudoventrally to the liver, and its cranial edge was verified from the 9th right IS in some foals. It was visualized more frequently and with some ease from the 13th EI at the height of the middle of the scapula in all ages evaluated.

One-day-old neonates had a maximum RDLC wall thickness of 2.0 mm. Few animals from 3 months of age had a maximum greater than 3.0 mm. Only one 1-year-old horse had a measurement of 3.7 mm (Table 4).

Table 4: Percentiles of the wall thickness (mm) of the right dorsal large colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values (mm)	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum	1.0	0.9	1.2	1.4	1.3	1.4	1.8	1.5	1.4	1.5	1.8	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.8
P10	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.4	1.8	1.7	1.6	1.6	1.8	1.7	1.6	1.7	1.8	1.8	2.0
P25	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	2.1
P50	1.6	1.8	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3
P75	1.7	2.4	1.9	2.0	1.9	2.2	2.4	2.1	2.3	2.1	2.5	2.4	2.2	2.3	2.5	2.5	2.7
P90	1.8	2.7	2.2	2.2	2.0	2.5	2.5	2.8	2.4	2.3	2.6	2.6	2.5	2.7	3.2	2.8	2.9
Maximum	2.0	3.0	2.6	2.6	2.3	3.3	2.8	2.9	2.7	3.3	3.4	3.4	3.5	2.9	3.7	3.2	3.2

The right ventral large colon was seen in the ventral abdomen from the right side to the inguinal region, adjacent to the abdominal wall. It is characterized by large sacculations and a lot of gas.

From 3 months of age, the animals showed an average measurement greater than 0.20 cm. One-day-old neonates have a maximum value of 2.4 mm for RVLC wall thickness. Only 1 foal aged 10 months had a wall thickness of 3.8 mm (Table 5).

Table 5: Percentiles of the wall thickness (mm) of the right ventral large colon of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values (mm)	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum	1.0	0.8	1.2	1.2	1.2	1.6	1.6	1.4	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.6	1.7	1.9	1.8
P10	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.8	1.8	1.5	1.8	1.6	1.7	1.9	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0
P25	1.5	1.6	1.6	1.8	1.6	1.9	2.1	1.9	2.0	1.9	1.8	2.0	1.8	2.0	2.0	2.2	2.3
P50	1.6	1.8	1.7	2.0	1.9	2.2	2.3	2.0	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
P75	1.7	2.3	1.8	2.1	2.1	2.7	2.5	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.8
P90	1.8	2.7	2.0	2.3	2.5	2.7	2.8	2.7	2.3	2.4	2.7	2.4	2.8	2.8	2.9	2.8	2.9
Maximum	2.4	3.0	2.3	2.8	2.6	2.8	3.3	2.9	2.7	3.3	3.4	3.1	3.8	3.7	3.2	3.3	3.2

The cecum was observed caudoventral to the right kidney and ventral to the descending duodenum, on the 16th or 17th left IS. The best window for evaluating this structure in animals from 6 months onwards is the 17th intercostal space (Figure 2). One-day-old foals had a maximum wall thickness of 2.1 mm. Only 1 animal aged 7 days showed a minimum value of 0.8 mm and a maximum value of 3.3 mm. From 7 months onwards, the animals showed a maximum value greater than or equal to 3.0 mm. At least 50% of animals from 3 months of age present values greater than 2.0 mm for cecum wall thickness (Table 6).

Table 6: Percentiles of cecum wall thickness (mm) in Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values (mm)	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum	1,1	0,8	1,2	1,4	1,2	1,5	1,7	1,5	1,6	1,9	1,6	1,5	1,2	1,7	1,8	1,5	1,7
P10	1,2	1,4	1,4	1,5	1,3	1,8	1,8	1,6	1,8	1,9	1,8	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	2,3
P25	1,4	1,6	1,6	1,7	1,5	1,9	1,9	1,7	2,1	2,1	2,0	1,9	2,1	2,0	2,2	2,3	2,3
P50	1,6	1,7	1,8	1,9	1,7	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,6
P75	1,8	2,0	2,1	2,0	2,1	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,5	2,6	2,7	2,8	2,7	2,8
P90	1,9	2,6	2,5	2,2	2,4	2,5	2,7	2,5	2,6	2,5	2,5	2,6	2,9	2,9	3,2	2,8	3,0
Maximum	2,1	3,3	2,8	2,6	2,5	2,9	3,0	2,8	2,8	3,0	3,1	3,9	3,8	3,1	3,4	3,8	3,8



Figure 2: Structures found on the right side of the abdomen. A – Right dorsal large colon; B – Right ventral large colon; C – Cecum.

4 Discussion

Equine colon imaging is relevant in the emergency care of colonic diseases, especially in foals. No ultrasound technique is able to consistently differentiate between different regions of the colon. However, the sacculations, the orientation of contractions, and the site examined can provide an indication of the structures involved (FREEMAN, 2002). Ultrasound examinations of the colon are recognizable by their large, semi-curved, sacculate appearance, except for the right dorsal colon. This has a smoother, non-sacculated appearance and has a greater amount of gas (REEF, 2003; AMARAL & FROES, 2014). By carefully observing the ultrasound image, paying attention to the position of the transducer and anatomical location of the structure, it was possible to accurately recognize the structures.

The ventral colon measurements found in this study were similar to those of another study, while the cecum measurements were smaller (BITHELL et al., 2010). This difference in caecal measurements may be linked to the feeding of the animals, since in the first work, they ate grass and, in this study, they ingested corn silage, mainly. As the cecum is a fermentation chamber (SANTOS et al., 2010), the wall thickness may be linked to the potency of this activity. Fermentation parameters and the amount of bacteria are impacted by the type of hay (SORENSEN et al., 2021). Therefore, the thickness of the cecal wall may be related to the type of food offered to horses.

Perceived cecum and colon wall values were typically 3 mm thick or less, corroborating previous studies (REEF, 2003; NASR et al., 2014). In rare exceptions, few animals had 4 mm of wall thickness, which is still within the standards found (NASR et al., 2014).

The wall thickness values found in foals up to 6 months of age were similar to those described in a previous study at different ages (ALEMAN et al., 2002). It is important to emphasize that the measurements found in the present study fluctuated a little more due to the greater number of animals used, with different heights and weights. In this work, animals of the same breed were also used, followed monthly until the age of 1 year.

In suckling foals up to 1 month of age, there was some complexity in establishing the wall thickness of the left ventral large colon. The large amount of jejunum in the image associated with the appearance of the intestine full of contents made it difficult to identify the wall. Then, the probe was moved more ventrally in order to obtain a better image.

The smaller colon appeared thinner than the larger colon in the same animal. This feature has not been previously reported in the literature. This may have been due to the pressure of the syllables against the wall in this portion of the colon.

The identification and interpretation of the colonic image is relatively simple due to the small number of variables observed. The echogenicity of the colonic wall ranges from hypoechoic to echogenic with the presence of a hyperechoic line of gas from the mucosal surface (REEF, 2003). Luminal contents and opposite wall of all structures are not visualized

due to acoustic gas shadow (HENDRICKSON et al., 2007; NASR et al., 2014). In healthy animals, the colon appears as a large saccular structure (except RDLC) and peristaltic movements.

Changes in colon imaging vary according to the pathology installed. Edema in the colonic wall may be seen in cases of vascular compromise and tissue inflammation, and may be present in severe chronic impaction or colitis (NORMAN, 2014). In cases of obstruction and/or non-strangulating displacement of the large colon, the organ may distend with gas and ingesta, but as vascularization is not compromised, the wall does not increase in thickness (HACKETT, 1983). The intestinal wall is distended, with reduced or non-visible sacculations, it may be of normal or greater thickness, and a large acoustic shadow is noted as a thick hyperechoic long line, projected by the compacted ingesta adjacent to the colonic mucosa (FREEMAN, 2003; REEF, 2012). Thus, ultrasound can direct the diagnosis and clinical conduct of the veterinarian in the face of the evaluated condition.

The main limitation of this study was not being able to follow all animals from birth to adulthood. Some animals had to be withdrawn from the study because they became ill. In a future work, the monitoring of the same animal will allow the construction of a growth curve of the abdominal organs.

Conclusion

Wall thickness is similar in all portions of the colon in healthy horses. Abdominal ultrasound proves to be a very useful diagnostic tool in the evaluation of the horses' colon.

Acknowledgements

This work was done through the Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG)' support.

REFERENCES

- ALEMAN, M.; GILLIS, C.L.; NIETO, J.E. *et al.* Ultrasonographic anatomy and biometric analysis of the thoracic and abdominal organs in healthy foals from birth to age 6 months. *Equine Vet. J.*, v.34, p.649-655, 2002.
- AMARAL, CH.; FROES, TR. Avaliação do trato gastrointestinal de equinos pela ultrassonografia transabdominal: nova abordagem. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, n.4, p.1881-1894, 2014.
- BITHELL, S.; HABERSHON-BUTCHER, J.L.; BOWEN, M. *et al.* Repeatability and reproducibility of transabdominal ultrasonographic intestinal wall thickness measurements in Thoroughbred horses. *Vet. Radiol. & Ultrasound*, v.51, n.6, p.647-651, 2010.
- CRIBB, N.C.; ARROYO, L.G. Techniques and accuracy of abdominal ultrasound in gastrointestinal diseases of horses and foals. *Vet. Clin. Equine*, v.34, p.25-38, 2018.
- FREEMAN, S. Ultrasonography of the equine abdomen: techniques and normal findings. *In Practice*, v. 24, n. 4, p. 204-211, 2002.

FREEMAN, S. Diagnostic ultrasonography of the mature equine abdomen. *Equine Vet. Educ.*, v.15, n.6, p.319-330, 2003.

HACKETT, R.P. Nonstrangulated colonic displacement in horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v.182, n.3, p.235-240, 1983.

HENDRICKSON, E.H.S.; MALONE, E.D.; SAGE, A.M. Identification of normal parameters for ultrasonographic examination of the equine large colon and cecum. *Can. Vet. J.*, v. 48, p. 289-291, 2007.

KLOHEN, A. Abdominal ultrasonography in the equine patient with acute signs of colic. *AAEP Proceedings*, v. 58, p. 11-18, 2012.

LIPPI, I.; BONELLI, F.; CITI, S. *et al.* Renal measures in healthy Italian Trotter foals and correlation between renal and biometric measures: preliminar study. *J. Equine Vet. Sci.*, v. 59, p. 71-75, 2017.

NASR, M.Y.; FADEL, M.S.; NOHA, A.B. *et al.* Studies on abdominal ultrasonography in arabian horses. *Assiut Vet. Med. J.*, v. 60, n. 143, p. 9-15, 2014.

NORMAN, T.E. Abdominal ultrasound and palpation per rectum as complementary modalities in diagnosing equine abdominal pain. *AAEP Proceedings*, v. 60, p. 205-208, 2014.

PEASE, A.P.; SCRIVANI, P.V.; ERB, H.N. *et al.* Accuracy of increased large-intestine wall thickness during ultrasonography for diagnosing large-colon torsion in 42 horses. *Vet. Radiol. Ultrasound*, v. 45, n. 3, p. 220-224, 2004.

REEF, V.B. Recent Advances in Abdominal Ultrasonography of the Adult Horse. In: 8ÈME CONGRÈS DE MÉDICINE ET CHIRURGIE ÉQUINE - 8. KONGRESS FÜR PFERDEMEDEZIN UND CHIRURGIE – 8TH CONGRESS ON EQUINE MEDICINE AND SURGERY, 2003, Ithaca. International Veterinary Information Service... Ithaca: [s.n.] 2003. p.1-8.

REEF, V.B.; WHITTIER, M.; ALLAM, L.G. Sonographic Evaluation of the Adult Abdomen. *Clinical Techniques in Equine Practice*, v.3, p.294-307, 2004.

REEF, V. Ultrasound of the nonacute abdomen: Gastrointestinal Tract. *AAEP Proceedings*, v.58, p.19-27, 2012.

SANTISCHI, E.M.; SLONE JR, D.E.; FRANK II, W.M. Use of ultrasound in horses for diagnosis of left dorsal displacement of the large colon and monitoring its nonsurgical correction. *Vet. Surg.*, v. 22, p. 281-284, 1993.

SORENSEN, R.J.; DROUILLARD, J.S.; DOUTHIT, T.L. *et al.* Effect of hay type on cecal and fecal microbiome and fermentation parameters in horses. *J. Anim. Sci.*, v.99, n.1, p.1-10, 2021.

WHITCOMB, M. B. Ultrasound and the nonacute abdomen: the abdominal organs. *AAEP Proceedings*, v. 58, p. 28-37, 2012.

**ARTIGO 3 – ULTRASSONOGRAPHY OF THE SPLEEN, KIDNEYS AND BLADDER
IN HEALTHY MANGALARGA MARCHADOR HORSES FROM BIRTH TO 5
YEARS OF AGE**

(VERSÃO PRELIMINAR)

**Artigo formatado de acordo com as normas da revista Arquivo Brasileiro de Medicina
Veterinária e Zootecnia.**

**Ultrasonography of the spleen, kidneys and bladder in healthy Mangalarga Marchador
horses from birth to 5 years of age**

**Ultrassonografia de baço, rins e bexiga de equinos Mangalarga Marchador saudáveis
desde o nascimento até 5 anos de idade**

**Gabriela Oliveira Pessoa¹, Jorge Henrique Villela Botelho², Antônio Carlos Cunha
Lacreta Junior¹, Marcos Ferrante¹, Ticiane Meireles Sousa¹, Ana Paula Peconick¹**

¹Department of Veterinary Medicine, Federal University of Lavras

²Department of Veterinary Medicine, Unifenas

Abstract

The aims of this study were to establish a normal reference range of measurements of the spleen, kidneys and bladder, as well as to describe the anatomy and sonographic characteristics of these organs in horses. We performed an abdominal ultrasound in 20 Mangalarga Marchador horses of either sex, aged 1, 7 and 15 days, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 months and 1, 3 and 5 years. We obtained measurements of spleen width, renal length and width, cortex and medulla thickness and pelvis length and bladder wall thickness. The data showed a growth in the organs that were evaluated, mainly in the first months of life. It was possible to visualize the bladder in the determined area until 4 months of age. Ultrasonography

has reaffirmed itself as a capable exam of evaluating the spleen, kidneys and bladder in horses, orientating the professional on veterinary care.

Resumo

Os objetivos deste estudo foram estabelecer um intervalo de referência normal de medidas de baço, rins e bexiga, bem como descrever as anatomia e características ultrassonográficas desses órgãos em equinos. Foi realizado um exame ultrassonográfico abdominal em 20 equinos Mangalarga Marchador de ambos sexos, com idades de 1, 7 e 15 dias, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses e 1, 3 e 5 anos. Foram obtidas medidas de largura do baço, comprimento e largura renais, espessura de córtex e medula e comprimento de pelve e espessura da parede da bexiga. Os dados obtidos mostraram um crescimento nos órgãos avaliados, principalmente nos primeiros meses de vida. Foi possível a visualização da bexiga na área determinada até os 4 meses de idade. A ultrassonografia se reafirmou como um exame capaz de avaliar baço, rins e bexiga em equinos, direcionando o profissional em um atendimento veterinário.

Key words

Equine; ultrasound; abdominal; foal; pattern

Palavras-chave

Equino; ultrassom; abdominal; cavalo; potro; padrão

1 Introduction

Ultrasound examination has been used in equine veterinary medicine since the early 1980s, growing exponentially in the late 1980s and early 1990s (Whitcomb, 2014). From the 2000s, it is possible to notice a significant number of studies on abdominal ultrasound in horses, with a more accurate technique, images with more quality and more accurate information (Aleman *et al.*, 2002; Farooq *et al.*, 2018; Lippi *et al.*, 2017; Porter and Ramirez, 2005). In addition, this exam has become one of the most used diagnostic imaging tools in the field. The design and development of lightweight, portable machines with powerful software and high-quality images have made this equipment an attractive and profitable investment for professionals in field service and in reference centers (Cribb and Arroyo, 2018).

Ultrasonography can allow the early diagnosis through visuals alterations, as in equine pregnancy (Bucca, 2006; Gao *et al.*, 2022). On these cases, radical changes on percentil or sonographic measures allow identify early changes in the size of the fetus, placenta and other evaluated parameters (Becksec *et al.*, 2021; Kahler *et al.*, 2020; Robles *et al.*, 2018).

Skeletal variation has already been identified and measured in different horse breeds. (Brooks *et al.*, 2010). Also, there is documented different measures for mophometric

characteristics between Thoroughbreds and Mangalarga Marchador (Cabral *et al.*, 2004; Yilmaz e Ertugrul, 2012). Ultrasonographic parameters of abdominal organs have already been described in horses of different breeds in horses (Freeman, 2003 Farooq *et al.*, 2018; Nasr *et al.*, 2014). However, there are no studies on Mangalarga Marchador animals, a breed native to Brazil.

The work aimed to describe sonographic topography, characteristics and measures of spleen, kidneys and bladder from animals since birth until 5 years of age.

2 Material and methods

The work was carried out with 88 Mangalarga Marchador horses of both genders, aged 1 day, 7 days, 15 days, 1 month, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 months, 1 year, 3 years and 5 years, with 20 animals of each age group. Full-term foals that showed no clinical changes were added to the experiment, as well as older animals that had not been sick in the last year. The work was approved by the Ethics Committee on the Use of Animals of the Federal University of Lavras under protocol number 061/18 and the evaluations took place at *Haras do Henrique*, in Nepomuceno, MG, Brazil.

The animals were kept in extensive breeding with corn silage supplementation and ration in the trough. Foals were weaned at 4 months of age in groups with at least 4 individuals. From 5 months onwards, the youngest animals were incorporated into the group of older animals born in the same season. The animals underwent a general physical examination, with measurement of heart rate, respiratory rate, capillary refill time and rectal temperature. For restraint of neonates, a second person gently held them with their hands on the chest and tail. Larger animals were restrained only in the halter. No individual was sedated. The foals were examined close to their mothers, a procedure that made the animals feel calmer and safer.

Trichotomy using a shearing machine was performed between the 10th intercostal space and the paralumbar fossa on each side. Amounts of 70% alcohol were used to enhance contact with the probe. Animals remained stationary in order to preserve the topographic location of each organ.

It was evaluated the characteristics and topographic location of the ultrasound visualization of the spleen, kidneys and bladder, the latter organ being evaluated in foals up to 4 months old. Furthermore, we performed measurements of spleen width, splenic vein diameter, renal length and width, cortex and medulla thickness, pelvis length and bladder wall thickness. Spleen width was measured at the beginning and the end of exam, and considered only the last mensuration. The abdomen scan started at the 11th intercostal space and ended at the paralumbar fossa, with the probe moving from dorsal to ventral direction. Spleen and bladder measurements were obtained in transverse section; and the kidneys, in longitudinal and transverse sections.

Images were obtained in the ultrasound examination by a single observer, using a Mindray Z5 device equipped with a multifrequency convex transducer. The device configuration established for the ultrasound evaluation of horses varied according to age and size. Frequency 4.5-5.0 MHz, Frame Rate 28-35/s, AP 97% and 2 foci were used. Depth and gain were adjusted as needed to improve image quality. Each measurement was performed three

times to obtain reproducibility and the average was used for statistical analysis (Lippi *et al.*, 2017).

Descriptive statistics were performed for each measurement. For this, the minimum, maximum and percentile values were determined in the Microsoft Excel® program.

3 Results

The spleen could be visualized from the 11th IS in some animals, being more common its visualization from the 13th IS at the level of the scapulohumeral joint, because of the overlapping of the lung. This organ could be found up to the left paralumbar fossa. It appeared as the most echoic organ in the abdomen and with homogeneous granular parenchyma (Figure 1). The splenic vein was detected near the cranial border of the spleen, mainly in the 13th intercostal space, also at the height of the shoulder joint as an anechoic circular or oval structure.



Figure 1: Ultrasonographic image of the spleen in the 13th left intercostal space. The image was obtained using a 4.5 MHz convex transducer at a depth of 14.4 cm.

The percentile values are shown in Table 1. A well-marked growth was observed in animals up to 30 days old. From that age to 1 year, growth was irregular, increasing again at 3 and 5 years.

Table 1: Spleen width percentiles (mm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum	14.8	22.1	24.9	23.5	28.2	29.3	25.5	29.2	27.1	32.3	34.8	28.4	42.5	40.6	42.1	41.6	53.1
P10	26.3	28.2	28.6	25.7	37.1	35.1	33.0	33.1	31.5	36.3	36.0	41.1	44.5	45.4	45.9	56.3	55.3
P25	30.7	31.9	34.4	30.4	40.3	38.0	36.3	38.9	36.5	39.2	38.8	43.6	46.5	46.6	48.4	59.4	66.2
P50	32.8	35.8	43.8	40.6	44.9	46.0	42.9	42.4	42.1	43.8	42.3	46.7	50.9	48.0	51.6	67.4	76.7
P75	37.1	39.0	48.7	47.1	53.6	51.1	46.6	45.8	49.4	45.4	49.1	52.8	57.2	60.6	61.9	73.0	81.3

P90	38.3	44.1	55.3	56.4	57.7	56.2	49.6	50.8	52.7	48.5	52.7	59.3	66.9	74.7	63.2	86.3	83.7
Maximum	40.5	48.5	58.8	73.0	64.4	59.3	51.9	67.5	54.1	54.7	70.1	62.0	81.2	87.7	73.1	101.7	136.4

Neonates showed a more intense increase in splenic vein diameter in the first month of life (Table 2). From 2 months onwards, this measure showed a progressive increase between the ages. It is interesting to point out that animals of the same age presented very different measures, in some cases, reaching more than double.

Table 2: Splenic vein diameter percentiles (mm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Minimum	1.3	2.0	3.2	3.6	4.1	3.8	3.2	3.4	4.5	5.5	4.4	4.1	5.9	5.1	5.0	6.6	4.5
P10	1.6	2.6	4.1	4.0	4.4	4.9	4.4	4.0	5.2	5.8	6.2	5.6	6.1	5.9	5.7	7.6	7.1
P25	3.1	4.4	5.3	4.8	5.2	5.5	5.0	5.1	5.8	6.6	6.5	6.6	6.8	7.2	7.3	8.2	9.1
P50	4.6	5.1	5.9	6.0	5.9	6.0	5.5	5.4	7.1	7.4	7.0	8.0	8.5	8.5	8.8	9.3	10.3
P75	5.5	5.8	7.2	6.5	7.4	6.9	6.6	6.1	7.5	8.6	7.9	8.9	9.6	9.1	10.1	10.6	12.2
P90	6.2	6.4	8.8	7.3	8.8	7.6	7.5	6.6	8.8	9.3	8.4	9.6	11.5	9.7	11.5	11.2	12.9
Maximum	6.6	7.7	9.1	9.7	10.9	10.9	7.7	9.6	10.1	10.1	12.1	10.9	12.0	10.7	14.5	14.7	17.2

The liver was frequently observed between the 11th and 16th right IS. In 1-day foals, its visualization was more restricted between the 14th and 16th IS. In 1-year-old animals, it was possible to visualize this organ between the 11th and 16th IS, and in the 15th and 16th only at the height of the coxal tubercle. Veins and bile ducts could be seen diffusely throughout the parenchyma. In some animals, it was also possible to visualize this organ on the left side, caudal to the lung, dorsal to the stomach and cranial to the spleen.

The right kidney was visualized between the 15th and 17th IS below the transverse processes of the lumbar vertebrae. In the vast majority of animals, the best viewing window was the 16th IS, but in some 1-day foals, the best viewing window was the 17th IS because of right lung overlap. The left kidney was observed in the 17th IS and in the left paralumbar fossa, caudal to the edge of the 18th rib. In 5-year-old animals, its image was obtained in the 17th intercostal space, which is the space with the best visualization of the kidney in 3-year-old animals as well. In animals of other ages, a better image was formed by positioning the transducer caudal to the last rib, pressing it gently against the abdomen.

It was possible to see the demarcations between the different portions of the kidneys (Figure 2). The renal cortex appeared as a very thick hyperechoic line delimiting the renal structure. Within the cortex, the medulla was hypoechoic or anechoic and the renal pelvis was hyperechoic. The right kidney presented a more triangular shape and the left one, bean-shaped.

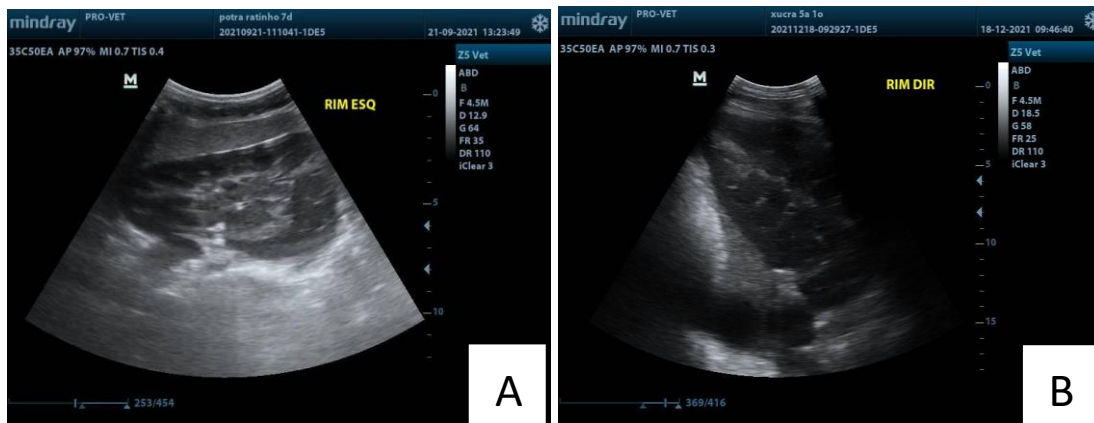


Figure 2: Ultrasound image of the left kidney (A) and the right kidney (B) in the left paralumbar fossa. The image was obtained using a 4.5 MHz convex transducer.

In the first month of life, there was a great variation in the length of the left kidney, with some animals presenting almost twice as much as others (Table 3). Animals from 6 months of age presented at least 10 cm of length. The thickness of the left kidney increased with greater intensity in the first 4 months of the animal's life, and then gradually increased until adulthood. A progressive growth was observed regarding the intrarenal structures.

Table 3: Percentiles of length. width. cortex. medulla and pelvis of the left kidney (cm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Length (cm)																	
Minimum	5.26	4.61	5.98	6.07	7.06	8.33	9.47	9.94	9.96	10.46	9.05	8.93	9.63	9.22	7.26	9.16	10.51
P10	5.62	6.64	6.55	7.08	8.20	9.37	9.64	10.81	10.83	11.02	10.45	9.96	11.76	10.48	9.67	12.67	12.60
P25	6.14	7.64	7.62	7.80	8.48	10.50	10.23	11.33	11.58	11.76	11.74	11.86	12.31	12.14	11.14	13.73	13.25
P50	8.11	8.53	8.62	9.27	9.78	10.94	11.31	12.47	12.74	13.01	12.88	12.69	13.11	13.78	12.71	14.34	14.50
P75	8.84	9.36	9.77	10.37	10.95	12.16	12.29	12.90	13.23	13.66	13.48	13.74	14.20	14.30	13.77	15.74	15.63
P90	9.33	10.39	11.77	11.18	11.98	12.49	12.69	13.60	13.83	14.31	14.42	14.31	14.81	15.45	14.17	16.66	16.26
Maximum	9.98	11.43	12.60	13.43	12.91	13.52	13.23	13.93	14.49	14.77	14.84	15.04	15.71	15.56	15.65	17.40	18.11
Width (cm)																	
Minimum	2.91	3.21	2.84	2.86	3.44	3.85	4.08	4.29	4.70	4.56	4.10	4.59	4.82	4.42	4.44	5.82	5.80
P10	2.99	3.25	3.16	3.40	3.48	4.54	4.29	5.29	5.06	4.80	4.84	5.44	6.06	5.17	4.56	6.36	6.21
P25	3.55	3.44	3.33	3.81	3.79	5.00	4.79	7.11	7.30	5.03	5.71	6.98	7.16	7.02	5.19	6.70	7.23
P50	4.44	3.76	3.97	4.20	4.70	7.16	7.23	7.61	7.57	6.94	7.79	7.78	8.13	8.06	6.01	9.68	7.97
P75	5.47	4.72	4.68	6.54	6.78	7.44	7.58	7.81	7.83	8.06	8.36	8.21	8.42	8.66	8.07	10.30	9.50
P90	6.06	5.91	6.94	7.33	7.19	7.77	7.92	8.05	8.07	8.33	9.03	8.76	8.87	9.03	9.65	11.12	11.05
Maximum	6.30	6.40	6.97	7.44	7.41	8.25	8.38	9.12	8.22	8.56	9.89	8.97	9.75	9.20	10.67	11.14	11.27
Cortex (cm)																	

Minimum	0.39	0.49	0.51	0.48	0.39	0.59	0.55	0.62	0.51	0.62	0.67	0.70	0.53	0.61	0.54	0.78	0.70
P10	0.44	0.51	0.52	0.54	0.52	0.64	0.61	0.67	0.69	0.66	0.72	0.80	0.80	0.73	0.73	0.88	0.90
P25	0.50	0.53	0.55	0.60	0.56	0.67	0.65	0.69	0.71	0.73	0.76	0.89	0.87	0.82	0.76	0.96	1.01
P50	0.55	0.58	0.62	0.69	0.66	0.72	0.73	0.80	0.76	0.81	0.82	0.92	0.92	0.92	0.87	1.02	1.10
P75	0.64	0.69	0.70	0.80	0.86	0.77	0.81	0.91	0.88	0.88	0.93	1.06	1.00	1.05	1.05	1.16	1.21
P90	0.67	0.72	0.73	0.85	0.92	0.82	0.89	1.02	0.91	0.93	0.99	1.12	1.15	1.13	1.14	1.20	1.32
Maximum	0.83	0.86	0.91	0.97	1.13	1.03	1.00	1.21	0.92	0.99	1.02	1.33	1.19	1.16	1.33	1.52	1.42
Medulla (cm)																	
Minimum	0.59	0.72	0.53	0.80	0.85	1.02	0.82	0.96	0.98	0.83	1.01	1.17	0.86	1.02	0.85	1.21	0.98
P10	0.66	0.80	0.72	0.88	0.89	1.06	0.96	1.18	1.05	1.09	1.05	1.22	1.11	1.06	0.94	1.32	1.32
P25	0.74	0.91	0.86	0.93	1.05	1.09	1.06	1.25	1.12	1.29	1.22	1.36	1.29	1.22	1.18	1.38	1.47
P50	0.82	1.00	0.93	1.04	1.17	1.26	1.24	1.34	1.28	1.56	1.39	1.50	1.48	1.38	1.29	1.61	1.70
P75	1.02	1.16	1.20	1.28	1.32	1.48	1.39	1.58	1.41	1.65	1.52	1.67	1.74	1.52	1.44	1.80	1.93
P90	1.34	1.32	1.34	1.39	1.46	1.62	1.65	1.83	1.55	1.75	1.81	1.72	1.83	1.75	1.88	1.89	2.21
Maximum	1.63	1.55	1.80	1.93	1.61	1.76	1.90	1.88	1.82	1.85	1.96	1.92	1.95	2.08	2.54	1.99	2.52
Pelvis (cm)																	
Minimum	3.20	3.38	4.48	3.90	4.34	6.78	6.87	6.76	7.49	7.42	6.57	6.94	6.61	5.11	6.28	5.84	6.52
P10	3.80	4.41	4.93	4.96	6.13	7.52	7.77	8.29	8.49	8.62	7.26	7.17	7.85	6.30	6.78	9.07	8.29
P25	4.73	5.59	5.13	5.27	6.70	8.12	8.07	9.00	9.00	9.22	8.56	8.36	8.89	7.44	8.33	10.07	9.94
P50	5.61	6.42	6.41	6.61	8.04	8.75	8.78	9.92	9.87	9.94	9.70	9.26	9.89	9.25	9.56	11.70	10.44
P75	6.21	6.99	7.53	7.87	8.76	10.24	9.46	10.47	11.03	10.73	10.53	10.33	10.57	9.99	10.14	13.04	11.53
P90	6.67	8.81	10.04	9.59	9.08	10.46	9.92	10.54	11.40	11.45	11.13	10.96	11.48	11.20	10.74	13.28	12.98
Maximum	7.16	9.47	10.46	11.15	11.15	10.92	10.61	11.82	12.09	11.87	12.10	11.02	11.99	13.04	11.54	14.96	15.53

The growth of the right kidney was also faster in the first month of the animal's life (Table 4). After that, the growth curve rose less sharply. Animals of 3 and 5 years old presented average measures greater than animals of 1 year of age. The width and thickness of the intrarenal structures gradually increased until adulthood.

Table 4: Percentiles of length, width, cortex, medulla and pelvis of the right kidney (cm) of Mangalarga Marchador horses between 1 day and 5 years of age.

Values	Age (days)																
	1	7	15	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	1095	1825
Length (cm)																	
Minimum	6.13	5.50	6.25	6.47	6.84	7.69	8.43	8.38	9.17	10.02	9.83	10.34	10.19	10.42	10.50	13.19	12.13
P10	6.51	6.42	6.74	7.33	8.02	8.56	9.08	9.52	10.12	10.22	10.35	10.60	10.85	10.92	10.64	13.48	13.30
P25	6.80	7.17	7.26	8.02	8.31	9.17	9.49	9.81	10.34	10.48	11.03	11.11	11.24	11.36	11.57	13.94	13.93
P50	7.47	7.90	7.71	9.29	9.00	10.04	10.10	10.45	10.55	11.38	11.33	11.45	12.40	12.17	12.33	14.22	14.81
P75	8.15	8.64	8.64	9.99	9.73	10.75	10.86	11.30	11.16	11.84	11.64	12.28	13.29	12.87	12.86	14.75	15.79
P90	8.40	9.48	9.41	10.83	10.08	11.00	11.20	11.49	11.33	12.23	12.14	13.05	13.40	13.11	13.91	15.32	16.61
Maximum	9.05	10.05	10.78	11.70	10.93	11.27	12.03	11.59	11.87	13.56	13.17	13.46	13.87	14.13	14.38	15.62	17.00
Width (cm)																	

Minimum	2.86	3.16	3.08	3.59	3.12	3.86	3.92	4.72	4.77	5.09	4.32	4.36	4.95	4.16	4.26	6.12	5.66
P10	3.27	3.47	3.27	4.14	4.09	4.81	4.69	4.98	5.08	5.10	5.16	5.08	5.54	5.22	5.07	6.59	5.71
P25	3.64	3.69	4.01	4.49	4.37	4.96	5.00	5.14	5.27	5.44	5.33	5.66	5.72	5.76	5.68	6.75	6.35
P50	3.85	4.55	4.63	5.01	4.77	5.32	5.28	5.44	5.44	5.59	5.60	6.08	6.23	6.21	6.22	7.51	6.69
P75	4.08	4.85	5.02	5.89	5.15	5.69	6.01	5.71	5.92	5.85	6.00	6.25	6.67	6.61	6.54	7.84	8.05
P90	4.33	5.94	5.40	6.04	5.42	5.94	6.10	5.88	6.00	6.18	6.25	6.46	6.95	7.20	6.91	8.12	8.59
Maximum	4.68	6.68	5.62	6.44	5.70	6.85	6.14	6.82	6.82	7.20	6.90	7.37	7.42	7.34	7.52	8.24	8.93
Cortex (cm)																	
Minimum	0.36	0.43	0.45	0.56	0.43	0.58	0.59	0.59	0.59	0.57	0.50	0.71	0.65	0.71	0.67	0.74	0.89
P10	0.49	0.53	0.46	0.57	0.58	0.64	0.60	0.64	0.63	0.67	0.61	0.75	0.74	0.83	0.70	0.84	0.93
P25	0.50	0.60	0.57	0.60	0.62	0.65	0.62	0.71	0.71	0.69	0.65	0.83	0.77	0.86	0.77	0.91	1.06
P50	0.53	0.67	0.62	0.71	0.72	0.70	0.76	0.77	0.79	0.78	0.76	0.90	0.88	0.91	0.94	1.00	1.11
P75	0.60	0.75	0.73	0.78	0.87	0.80	0.88	0.81	0.83	0.86	0.86	0.95	0.99	0.95	1.04	1.09	1.27
P90	0.73	0.81	0.78	0.87	0.89	0.85	0.97	0.91	0.86	0.98	0.94	1.06	1.12	1.01	1.16	1.20	1.39
Maximum	0.81	0.96	0.83	0.88	0.99	1.10	1.09	1.06	0.91	1.20	1.06	1.08	1.19	1.11	1.30	1.27	1.48
Medulla (cm)																	
Minimum	0.77	0.72	0.87	0.80	1.12	1.01	0.99	1.02	1.07	1.02	1.03	1.13	1.11	1.17	0.89	0.90	1.23
P10	0.84	0.90	0.95	1.03	1.12	1.11	1.12	1.20	1.28	1.29	1.26	1.33	1.32	1.33	1.06	1.48	1.33
P25	0.95	0.98	1.03	1.10	1.14	1.26	1.17	1.44	1.45	1.43	1.41	1.44	1.36	1.46	1.21	1.61	1.66
P50	1.02	1.13	1.20	1.39	1.21	1.34	1.44	1.56	1.57	1.58	1.49	1.55	1.60	1.64	1.35	1.74	1.88
P75	1.13	1.20	1.37	1.55	1.28	1.52	1.51	1.61	1.74	1.74	1.65	1.62	1.79	1.69	1.87	2.01	2.38
P90	1.20	1.26	1.52	1.72	1.39	1.79	1.60	1.73	1.85	1.84	1.74	1.69	1.92	1.96	1.98	2.16	2.63
Maximum	1.39	1.90	1.81	1.80	1.71	1.87	1.66	1.76	1.91	2.06	1.82	1.87	2.07	2.03	2.12	2.29	2.72
Pelvis (cm)																	
Minimum	4.19	3.86	3.90	4.31	4.41	6.22	6.25	5.44	6.79	7.53	6.28	6.77	7.11	6.06	5.89	9.23	8.06
P10	4.85	4.44	4.44	5.17	4.92	6.55	6.73	7.10	7.30	7.93	7.89	7.21	7.90	7.88	6.83	9.93	8.70
P25	4.99	5.29	4.84	5.80	6.06	7.20	7.57	7.67	7.75	8.19	8.21	8.03	8.36	8.22	7.64	10.35	9.75
P50	5.48	5.94	5.78	6.57	6.47	7.80	8.01	8.21	8.59	9.07	9.18	8.69	9.37	9.26	8.88	11.31	11.03
P75	6.01	6.73	6.94	7.41	7.25	8.56	8.45	9.15	9.37	9.87	9.82	9.45	10.14	9.92	9.53	11.88	11.78
P90	6.50	7.16	7.60	7.76	8.07	9.19	8.76	9.34	9.68	10.20	10.25	9.84	10.50	10.08	10.18	12.30	12.82
Maximum	6.97	7.69	8.15	8.97	8.96	9.36	9.21	9.76	9.94	10.60	10.53	10.77	11.47	10.31	10.89	12.58	13.76

The bladder could be visualized as an anechoic oval structure (urine) limited by a hyperechoic line (bladder wall) in the inguinal region on both sides at the height of the coxofemoral joint (Figure 3).

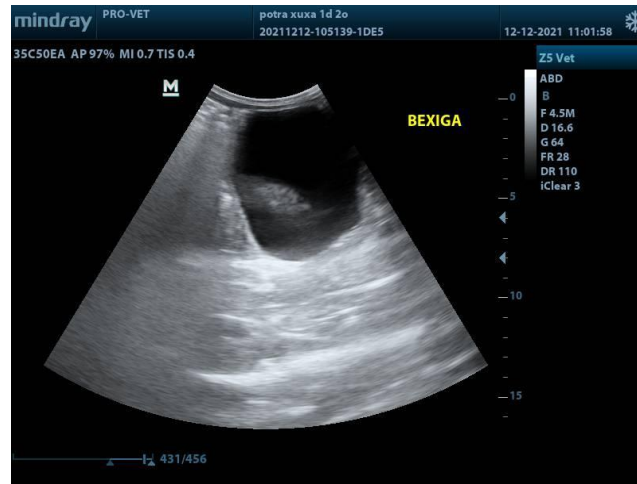


Figure 3: Ultrasonographic image of the bladder in the right inguinal region. The image was obtained using a 4.5 MHz convex transducer at a depth of 16.6 cm.

When the bladder was less full, the visualization on the left side was easier. In some animals from 4 months onwards, the bladder could not be seen at this location. Most of the animals examined presented a wall thickness of 0.2 cm (Table 5).

Table 5: Bladder wall thickness percentiles (mm) of Mangalarga Marchador foals between 1 day and 90 days of age.

Values	Age (days)					
	1	7	15	30	60	90
Minimum	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2	1.9
P10	1.4	1.3	1.4	1.6	1.3	2.0
P25	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1
P50	1.6	1.8	2.0	1.9	2.2	2.5
P75	1.9	2.2	2.3	2.6	2.5	3.0
P90	2.1	2.3	2.7	2.9	2.8	4.0
Maximum	2.4	2.5	3.3	3.2	3.5	4.5

4 Discussion

The ultrasound of parenchymal organs proved to be a great ally in the evaluation of their integrity. Given its practicality, safety and speed, this exam is also the method of choice for imaging of normal and abnormal kidneys (Matthews and Toal, 1996). If possible, the animal should be scanned while standing to avoid any change in position or overlapping of other organs (Lippi *et al.*, 2017; Reef, 2003).

The work allowed to acknowledge ultrasonographic windows previously described for each organ studied (Reef, 2003; Porter and Ramirez, 2005). However, bladder visualization of 4-month-old foals has not been accomplished in all animals on the lateral abdominal wall. Although other studies affirm the possibility of visualizing the bladder in the midlateral

abdomen in foals up to 6 months of age, this study could not check it in all rated animals (Aleman *et al.*, 2002; McAuliffe, 2004). The impossibility of visualizing the organ could be due to the formation of an acoustic shadow of the colon or even to the development of the individual's musculature.

The evaluation of the spleen should be performed at the end of the ultrasound examination in horses in order to avoid mistakes due to splenocontraction. Stress triggers the release of catecholamines, resulting in spleen contraction (McGowan, 2008; Kovac *et al.*, 2022). The epinephrine and norepinephrine values increase significantly in the animal that undergoes some effort (Jimenez *et al.*, 1998). In this work, stronger-tempered, untamed animals underwent considerable splenocontraction during handling. Therefore, two measurements of the spleen were performed, one at the beginning and the other at the end of the procedure. During this period, the animal was already familiarized with the procedure, the people involved and calmed down. However, studies are needed that describe in greater detail in what type of animals, situations and percentage the reduction of the organ occurs. Therefore, when evaluating the spleen, one must take into account the temperament and the reactions that the animal presents during the examination, in order not to obtain abnormal measurements due to splenocontraction.

Regarding the measurements of the kidneys, a greater variation can be observed from birth to the first month of life, corroborating the observations of other authors (Aleman *et al.*, 2002). The measurements found in young foals were similar to other studies (Aleman *et al.*, 2002; Lippi *et al.*, 2017), although they were performed in foals of other breeds. Animals at 3 and 5 years old had larger measurements than those reported in previous studies in horses and donkeys (Draper *et al.*, 2011; Hussein *et al.*, 2018). This can be justified by the difference in breeds and species studied. In this work, we were able to verify the renal growth according to age in a specific breed, allowing the knowledge of these parameters according to the animal's growth.

In the evaluation of the internal structures of the kidneys, we found a ratio between medulla and cortex of at least 1.5:1. The clinical meaning of measuring intrarenal structures is unclear as their assessment has not been correlated with many specific diseases yet (Habershon-Butcher *et al.*, 2014). However, changes in individual size, echogenicity, and texture may suggest some conditions such as idiopathic renal hematuria and renal failure (Freeman, 2003; Martin *et al.*, 2018; Reef, 2003). More detailed investigation of these structures is necessary for a better correlation with kidney diseases.

The data found in this study show a positive correlation between organ growth and animal development. Some animals of the same age presented very different ultrasonographic measurements, producing data that perhaps supposes an irregular growth of the organ. It is believed that the introduction of new animals of the same age, but with lower weight and stature, led to this variability in the progression of the presented data.

In general, the quality of the images was good, but obtaining these pictures was more difficult in the examination of adults. Animals that have a lot of muscle or a lot of adipose tissue are more challenging during conventional transabdominal ultrasound (Habershon-Butcher *et al.*, 2014). Constant attention to set up the machine and adjust ultrasound focus are critical for the most reliable renal imaging.

In clinical practice, ultrasound examination of the bladder in foals is performed mainly to check for ruptures. However, the measurement of wall thickness has gained special attention.

The values found in this work corroborate those of previous studies for animals of the same age (Aleman *et al.*, 2002). As the thickness of the bladder wall varies according to the degree of distention, this organ is best examined when it is moderately full (Porter and Ramirez, 2005). The greater proximity of the bladder to the left kidney after total distention (Aleman *et al.*, 2002) may explain why it was easier to image the left side of the flank.

Despite the large number of individuals evaluated, a limitation of the present study was the impossibility of following up some foals during the first year of life. For future work, we suggest that the same animal is assisted from birth to adulthood. Ultrasonographic observation and evaluation of the organs is still the most viable option for field veterinarians, especially since it offers an instantaneous and low-cost result.

5 Conclusion

Ultrasonography reaffirmed itself as a capable exam of evaluating the spleen, kidneys and bladder in horses. The information gathered in the work makes it possible to guide the professional in a veterinary care in order to build his diagnosis. Satisfactory measurements can be used as a basis for ultrasonographic evaluation.

Aknowlegements

This work was done trough the Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG)’’ support.

REFERENCES

- ALEMAN, M.; GILLIS, C.L.; NIETO, J.E. *et al.* Ultrasonographic anatomy and biometric analysis of the thoracic and abdominal organs in healthy foals from birth to age 6 months. *Equine Vet. J.*, v.34, p.649-655, 2002.
- BECSEK, A.; TZANIDAKIS, N.; BLANCO, M. *et al.* Transrectal three-dimensional fetal volumetry in early pregnant mares: Relationships between maternal factors and equine fetal volume measurements. *Theriogenology*, v.174, p.20-26, 2021.
- BROOKS, S.A.; MAKVANDI-NEJAD, S.; CHU, E. *et al.* Morphological variation in the horse: defining complex traits of body size and shape. *Animal Genetics*, v.41, n.2, p.159-165, 2010.
- BUCCA, S. Diagnosis of the compromised equine pregnancy. *Vet Clin Equine*, v. 22, p.749-761, 2006.
- CABRAL, G.C.; ALMEIDA, F.Q; QUIRINO, C.R. *et al.* Avaliação morfométrica de equinos da raça Mangalarga Marchador: Medidas lineares. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.4, p.989-1000, 2004.

CRIBB, N.C.; ARROYO, L.G. Techniques and accuracy of abdominal ultrasound in gastrointestinal diseases of horses and foals. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, v.34, p.25-38, 2018.

DRAPER, A.C.E.; BOWEN, I.M.; HALLOWELL, G.D. Reference ranges and reliability of transabdominal ultrasonographic renal dimensions in Thoroughbred horses. *Vet. Radiol. Ultrasound*, v.00, p.1-6, 2011.

FAROOQ, U.B.; KUMAR, A.; CHAUDHARY, R. Ultrasonographic examination of liver and spleen of normal adult spiti horses and Himalayan hill mules of India. *Indian J Anim Res*, v.52, p.983-989, 2018.

FREEMAN, S. Diagnostic ultrasonography of the mature equine abdomen. *Equine Vet. Educ.*, v.15, n.6, p.319-330, 2003.

GAO, Y.; HANNAN, M.A.; MURATA, K. *et al.* Ultrasonographic examination of equine fetal growth parameters throughout gestation in pony for Equine-Assisted Therapy. *J. Vet. Med. Sci.*, v.84, n.1, p.74-81, 2022.

HABERSHON-BUTCHER, J.; BOWEN, M.; HALLOWELL, G. Validation of a novel translumbar ultrasound technique for measuring renal dimensions in horses. *Vet Radiol Ultrasound*, v.55, p.323-30, 2014.

HUSSEIN, H.A.; IBRAHIM, A.; ALI M.F. Ultrasonographic reference values of kidney dimensions and clinicopathological findings associating the transcutaneous ultrasound-guided renal biopsy in donkeys (*Equus asinus*). *J. Equine Vet. Sci.*, v.68, p.1-11, 2018.

JIMENEZ, M.; HINCHCLIFF, K.W.; FARRIS, J.W. Catecholamine and cortisol responses of horses to incremental exertion. *Veterinary Research Communications*, v.22, 107-118, 1998.

KAHLER, A.; MCGONNELL, I.M.; SMART, H. *et al.* Fetal morphological features and abnormalities associated with equine early pregnancy loss. *Equine Vet J.*, v.00, p. 1-12, 2020.

KOVAC, M.; IPPOLITOVA, T.V.; POZYABIN, S. *et al.* (2022). Equine Stress: Neuroendocrine Physiology and Pathophysiology. In C. Rutland, & S. El-Gendy (Eds.), Updates on Veterinary Anatomy and Physiology. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.105045>

LIPPI, I.; BONELLI, F.; CITI, S. *et al.* Renal measures in healthy Italian Trotter foals and correlation between renal and biometric measures: preliminar study. *J. Equine Vet. Sci.*, v.59, p.71-75, 2017.

MARTIN, L.M.; JOCHEMS, B.C.; LATTIMER, C. *et al.* Idiopathic renal haematuria in na Egyptian Arabian stallion. *Equine Vet. Educ.*, v.35, p.260-263, 2018.

MATTHEWS, H.K.; TOAL, R.L. A review of equine renal imaging techniques. *Vet. Radiol. Ultrasound*, v.37, p.163-173, 1996.

MCAULIFFE, S.B. Abdominal ultrasonography of the foal. *Clinical Techniques in Equine Practice*, v.3, p.308-316, 2004.

MCGOWAN, C. Clinical pathology in the Racing horse: The role of clinical pathology in assessing fitness and performance in the racehorse. *Vet Clin Equine*, v.24, p.405-421, 2008.

NASR, M.Y.; FADEL, M.S.; NOHA, A.B. *et al.* Studies on abdominal ultrasonography in arabian horses. *Assiut Vet. Med. J.*, v.60, n.143, p.9-15, 2014.

PORTER, M.B.; RAMIREZ, S. Equine Neonatal Thoracic and Abdominal Ultrasonography. *Vet. Clin. N. Am. Equine Pract.*, v.21, p.407-429, 2005.

REEF, V.B. Recent Advances in Abdominal Ultrasonography of the Adult Horse. In: 8ÈME CONGRÈS DE MÉDICINE ET CHIRURGIE ÉQUINE - 8. KONGRESS FÜR PFERDEMEDEZIN UND CHIRURGIE – 8TH CONGRESS ON EQUINE MEDICINE AND SURGERY, 2003, Ithaca. International Veterinary Information Service... Ithaca: [s.n.] 2003. p.1-8.

ROBLES, M.; PEUGNET, P.M.; VALENTINO, S.A. *et al.* Placental alterations in structures and function in intra-uterine growth-retarded horses. *Equine Vet J.*, v.50, n.3, p.405-414, 2018.

WHITCOMB, M.B. Ultrasound in equine practice – where we´ve been, where we are now, and where we need to go. *AAEP Proceedings*, v.60, p.141-160, 2014.

YILMAZ, O.; ERTUGRUL, M. Some morphological traits of Thouroughbred Horses in Turkey. *AgroLife Scientific Journal*, v.1, 157-164, 2012.