

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA
MEDICINA VETERINÁRIA

**CORRELAÇÃO ENTRE ELASTOGRAFIA E MENSURAÇÃO
ULTRASSONOGRÁFICA DO DUODENO DE CÃES COM
ENTEROPATIA CRÔNICA INFLAMATÓRIA: UM ESTUDO PILOTO**

Maria Eduarda do Carmo Dâmaso

Orientador: Prof. Dr. Iago Martins Oliveira

Goiânia - Goiás

2026



MARIA EDUARDA DO CARMO DÂMASO



**CORRELAÇÃO ENTRE ELASTOGRAFIA E MENSURAÇÃO
ULTRASSONOGRAFICA DO DUODENO DE CÃES COM
ENTEROPATIA CRÔNICA INFLAMATÓRIA: UM ESTUDO PILOTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Medicina Veterinária, junto ao curso de Medicina Veterinária, da Escola de Ciências Médicas e da Vida, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Orientador

Prof. Dr. Iago Martins Oliveira

Goiânia - Goiás

2026

ANEXO 3

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO

No dia 29 / 05 / 2026, às 14:00 horas, o(a) estudante

Maria Eduarda do Carmo Dâmaso,

do curso de Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, expôs, em Sessão Pública de Apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso, o trabalho intitulado Condição intra e uso da ultrassonografia e da

elastografia do duodeno de cães com enteropatia crônica

para a Banca de Avaliação composta pelos docentes,

João Martins Almeida (Presidente),

Graciela Paula Araújo Costa (Membro 1) e

Leiny Paula de Oliveira (Membro 2). O

trabalho da Banca de Avaliação foi conduzido pelo (a) docente Presidente que, inicialmente, após apresentar os docentes integrantes da Comissão, concedeu 20+5 minutos ao (a) aluno (a) para que este (a) expusesse o trabalho. Após a exposição, o (a) docente Presidente concedeu a palavra a cada membro convidado da Comissão para que estes arguissem o (a) aluno. Após o encerramento das arguições, a Banca de Avaliação, reunida isoladamente, avaliou o trabalho desenvolvido e o desempenho do (a) aluno na exposição, considerada a trajetória deste (a) no desenvolvimento do TCC. Como resultado da avaliação, a Banca de Avaliação deliberou pela:

☒ Aprovação;

☐ Aprovação, condicionado às correções recomendadas pelos membros da banca;

☐ Reprovação.

Aprovação condicionada às correções recomendadas pelos membros da banca:

A Banca de Avaliação conclui que o(a) aluno está APROVADO(A) condicionado às correções de forma e/ou conteúdo recomendados. As correções deverão ser indicadas no formulário de Avaliação Final de Trabalho de Conclusão de Curso. O(A) aluno terá o prazo de 10 dias para os ajustes e entrega da versão final ao professor (a) orientador (a), contado a partir da data da sessão de apresentação pública do TCC.

Reprovação.

A Banca de Avaliação conclui que o trabalho apresentado não satisfaz as condições mínimas e o estudante está REPROVADO(A).

A Banca Avaliadora:

Membro Presidente da Banca Avaliadora: Tiago Martins Oliveira

Membro Convidado da Banca Avaliadora: Carla Paula Cruzes Costa

Membro Convidado da Banca Avaliadora: Luiz Roberto Oliveira

Esse TCC eu dedico as pessoas que mais amo, papai, mamãe, vovó, família, amigos e à minha primogênita Milly.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me permitir viver esse sonho. Por me conceder força, sabedoria e por guiar meus caminhos ao longo de toda essa jornada, mesmo nos momentos mais desafiadores. Sem a Sua presença e sua bondade, nada disso seria possível.

À toda a minha família, meu alicerce e meu porto seguro, deixo minha mais profunda gratidão. Aos meus pais, Célio e Sueli, por serem sinônimo de um amor incondicional por mim, por nunca medirem esforços para que eu pudesse realizar meus sonhos, pelos inúmeros sacrifícios feitos para que eu pudesse chegar até aqui e por acreditarem em mim até quando eu mesma duvidei. Tudo o que sou e tudo o que conquistei carrega um pouco de vocês, e foi para vocês.

Aos meus avós, por todo amor, por cada ensinamento, cada gesto de carinho e cada incentivo tiveram um papel fundamental na minha caminhada. Em especial minha avó Abadia, por todo carinho, cuidado e amor que sempre me ofereceu, sua presença é um conforto constante e sua força sempre foi uma inspiração para mim.

Aos meus animais de estimação, minha primogênita Milly, minhas duas Ticas e todos os peixinhos que passaram pelos meus cuidados, que, mesmo sem palavras, me mostraram a todo momento a forma mais pura de amor que já conheci. Vocês são parte do significado dessa escolha de formação e tornaram a minha jornada de vida mais alegre.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado em cada etapa dessa trajetória, dividindo não apenas os momentos de alegria, mas também os de angústia e incerteza. Obrigada pela paciência, parceria, por serem minha rede de apoio e por tornarem os dias mais leves.

Aos professores e principalmente meu orientador Dr. Iago Martins, pela dedicação, paciência e por compartilharem muito mais do que conhecimento, por inspirarem, desafiarem e contribuírem diretamente para a profissional que estou me tornando.

Aos pacientes que passaram por mim durante toda a graduação, que foram fundamentais para o meu aprendizado. Cada um deles, com sua história, contribuiu para que eu compreendesse, na prática, a responsabilidade, a sensibilidade e o propósito da profissão que escolhi seguir.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa jornada. Este trabalho não é apenas uma conquista acadêmica, mas a materialização de anos de esforço, renúncias, aprendizados e, principalmente, de muito amor.

“O meu eu de ontem, o meu eu de hoje, e o meu de amanhã.
Todos eles, sem exceção, continuam sendo eu.”

(BTS)

RESUMO

A elastografia de deformação é uma técnica de diagnóstico por imagem que avalia a elasticidade dos tecidos, fornecendo informações sobre sua rigidez. Desta forma, o conhecimento da razão de deformação (RD) da mucosa intestinal de cães com enteropatia crônica inflamatória (ECI) e a análise da associação entre a elastografia e a ultrassonografia para avaliação intestinal desses cães, são essenciais para aplicação dessa modalidade de imagem na prática clínica. Os objetivos deste trabalho foram: realizar revisão de literatura sobre anatomia e histologia do duodeno, ultrassonografia em modo B e elastografia para avaliação intestinal de cães e analisar a associação entre a elastografia intestinal e a mensuração ultrassonográfica da parede duodenal em cães com ECI. Foram avaliados 6 cães com ECI. Os valores médios de referência da RD para o duodeno apresentou média de $2,10 \pm 1,01$. Na ultrassonografia dos animais os valores médios da mensuração do duodeno foram $0,48 \pm 0,075$ cm. Os resultados demonstraram correlação forte e positiva entre a espessura da parede duodenal mensurada por ultrassonografia e a rigidez tecidual avaliada pela elastografia ($r = 0,82$). Esses resultados permitem concluir que a elastografia de deformação pode ser aplicada na avaliação intestinal de cães e contribui para diagnóstico e monitoramento da enteropatia crônica canina.

Palavras-chave: ultrassom, intestino, rigidez, elastografia.

ABSTRACT

Strain elastography is a diagnostic imaging technique that assesses tissue elasticity, providing information about tissue stiffness. Therefore, knowledge of the strain ratio (SR) of the intestinal mucosa in dogs with chronic inflammatory enteropathy (CIE) and the analysis of the association between elastography and ultrasonography for intestinal evaluation in these dogs are essential for the application of this imaging modality in clinical practice. The objectives of this work, in the order of presentation of the chapters, were: 1) to conduct a literature review on the anatomy and histology of the duodenum, B-mode ultrasonography, and elastography for intestinal evaluation in dogs; 2) to analyze the association between intestinal elastography and ultrasonographic measurement of the duodenal wall in dogs with IEC. In the present study, 6 dogs with IEC were evaluated. The mean reference values for SR in the duodenum were 2.10 ± 1.01 . In the ultrasound examination of the animals, the average values for duodenal wall thickness were 0.48 ± 0.075 cm. The results obtained showed a strong and positive correlation between the duodenal wall thickness measured by ultrasound and the tissue stiffness assessed by elastography ($r = 0.82$). These results allow us to conclude that strain elastography can be applied to the intestinal evaluation of dogs and contributes to the diagnosis and monitoring of canine chronic enteropathy.

Keywords: ultrassound, intestine, stiffness, elastography.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Imagens histológicas do duodeno de cão. (A) Organização geral da mucosa duodenal em menor com preservação da arquitetura das vilosidades intestinais. (B) Detalhamento da mucosa duodenal com presença de infiltrado inflamatório linfoplasmocitário na lâmina própria. Barras de escala: 100 μ m em A e 50 μ m em B. Coloração por hematoxilina e eosina (HE). 15
- Figura 2 - Fotomicrografia do duodeno de cão evidenciando glândulas de Brunner localizadas na submucosa intestinal, associadas à produção de secreção mucosa alcalina com função protetora da mucosa duodenal. Observa-se preservação da arquitetura das vilosidades intestinais e organização da parede duodenal. Ampliação original de 50 $\times$. Coloração por hematoxilina e eosina (HE). 16
- Figura 3 - Imagens ultrassonográficas dos segmentos gastrointestinais avaliados rotineiramente na ultrassonografia de cães e gatos (sonda linear de 9 a 11 MHz). (A) Imagem ultrassonográfica de um estômago vazio de um gato (pregas rugosas); (B) Imagem ultrassonográfica longitudinal do duodeno de um cão e (C) jejuno de um gato, evidenciando as cinco camadas ecogênicas; (D) Imagem ultrassonográfica transversal do íleo distal de um gato; (E) Região ileocólica de gato: íleo e cólon preenchido por gás, exibindo sombra acústica; (F) Cólon de cão: preenchido por gás, evidenciando sombra acústica. 18
- Figura 4 - Vista longitudinal do duodeno descendente proximal de um cão hígado..... 19
- Figura 5 - Representação esquemática das modalidades de elastografia. (a). Elastografia com compressão ou deformação, que mede o deslocamento do tecido ao longo do eixo onde a força é exercida. (b) Elastografia com ondas de cisalhamento geradas pelo deslizamento tangencial das partículas do tecido. 20
- Figura 6 - Elastografia por deformação do duodeno de cão com enteropatia inflamatória crônica. (A) Elastograma colorido associado à imagem ultrassonográfica em modo B do duodeno, evidenciando a delimitação das camadas intestinais e avaliação elastográfica da mucosa duodenal. (B) Elastograma com evidência da heterogeneidade da elasticidade tecidual em região intestinal acometida por processo inflamatório crônico. A escala cromática representa diferentes graus de rigidez tecidual, com variação de estruturas macios (soft) a rígidos (hard). 26

Figura 7 - Correlação entre a espessura ultrassonográfica da parede duodenal (cm) e a razão de deformação (RD) obtida por elastografia de deformação em cães com enteropatia crônica inflamatória. Observou-se correlação forte e positiva entre as variáveis o que sugere que o aumento da espessura duodenal está associado ao aumento da rigidez tecidual. 30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média, desvio padrão, intervalo de confiança média (IC) e coeficiente de variação das variáveis ROI 1 e 2 do duodeno, razão de deformação (RD) do duodeno, peso e idade de cães com enteropatia crônica inflamatória.	30
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ALT	Alanina aminotransferase
CIE	Enteropatia crônica inflamatória
ECI	Enteropatia crônica inflamatória
GALT	Tecido linfoide associado ao intestino
IC	Intervalo de confiança
kPa	Quilopascal
pSWE	Elastografia por onda de cisalhamento pontual
RD	Razão de deformação
ROI	Região de interesse
SWE	Elastografia por ondas de cisalhamento
TNF- α	Fator de necrose tumoral alfa
IL-1 β	Interleucina 1 beta
TGF- β	Fator de crescimento transformador beta
USG	Ultrassonografia

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XIII
INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA	14
1.1. ANATOMIA E HISTOLOGIA DO DUODENO DE CÃES	14
1.1.1. Anatomia macroscópica e microscópica do segmento duodenal de cães.....	14
1.1.2. Organização histológica e funcional do duodeno	15
1.2. ULTRASSONOGRAFIA INTESTINAL DE CÃES.....	17
1.2.1. Fundamentos físicos.....	17
1.3. ELASTOGRAFIA ULTRASSONOGRÁFICA NA MEDICINA VETERINÁRIA.....	20
1.3.1. Fundamentos físicos.....	20
1.3.2. Modalidades técnicas	21
1.3.3. Aplicações da elastografia	23
1.3.4. Vantagens e desvantagens.....	25
1.4. ELASTOGRAFIA INTESTINAL EM CÃES.....	25
1.5. ENTEROPATIA CRÔNICA INFLAMATÓRIA.....	27
MATERIAIS E MÉTODOS	28
RESULTADOS.....	29
DISCUSSÃO	31
CONCLUSÃO.....	33
CAPÍTULO 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

INTRODUÇÃO

O duodeno corresponde à porção inicial do intestino delgado dos cães, estendendo-se do piloro à flexura duodenojejunal. Funcionalmente, desempenha papel central na digestão e absorção inicial de nutrientes, além de receber secreções pancreáticas e biliares por meio da papila duodenal. Sua parede é composta por quatro camadas histológicas: mucosa, submucosa, muscular e serosa que, à ultrassonografia, são visualizadas como cinco camadas que alternam a ecogenicidade, o que permite avaliação morfológica detalhada da arquitetura mural (Mattoon e Nyland, 2015).

As enteropatias crônicas inflamatórias (ECI) em cães representam grupo heterogêneo de distúrbios caracterizados por sinais gastrointestinais persistentes por período superior a três semanas e evidência histopatológica de infiltração inflamatória intestinal. Um estudo recente demonstrou que alterações estruturais da parede intestinal podem incluir espessamento da mucosa, distorção das vilosidades e graus variáveis de fibrose da submucosa, especialmente em quadros crônicos e refratários. A progressão do processo inflamatório pode resultar em remodelamento tecidual, com deposição de colágeno e alteração das propriedades mecânicas da parede intestinal, o que potencialmente modifica sua elasticidade (Jergens e Heilmann, 2022).

A ultrassonografia (USG) abdominal permanece como método diagnóstico de primeira linha na avaliação do trato gastrointestinal em pequenos animais, o que permite mensuração da espessura parietal, avaliação da estratificação mural e análise de linfonodos mesentéricos adjacentes. Entretanto, apesar de sua ampla aplicabilidade clínica, a USG convencional apresenta limitações na diferenciação entre inflamação ativa, fibrose e infiltração neoplásica, especialmente quando a arquitetura em camadas permanece parcialmente preservada. Dessa forma, métodos complementares que avaliem propriedades biomecânicas do tecido podem ampliar a acurácia diagnóstica (Jung *et al.*, 2020).

A elastografia ultrassonográfica é uma técnica emergente que permite mensurar a rigidez tecidual por meio da análise da deformação ou da velocidade de propagação de ondas de cisalhamento. Fundamenta-se no princípio de que tecidos com maior deposição de colágeno ou fibrose apresentam maior rigidez quando comparados a tecidos normais. A técnica foi aplicada na avaliação de órgãos abdominais na medicina humana e veterinária, com destaque ao seu potencial na caracterização não invasiva de processos inflamatórios e fibróticos (Sigrist *et al.*, 2017).

Na medicina veterinária, estudos recentes demonstram a viabilidade da elastografia por ondas de cisalhamento na avaliação de tecidos abdominais, com inclusão do intestino, e estabelecimento de valores de rigidez em animais hígidos (Spuzak *et al.*, 2019; Toom *et al.*, 2022). Apesar desses avanços, a aplicação da elastografia intestinal de cães ainda é limitada, com escassez de estudos específicos, o que reforça a relevância de investigações adicionais nessa área (Oliveira *et al.*, 2024).

Diante disso, hipotetiza-se que a aplicação da elastografia em cães com ECI possa contribuir para melhor compreensão da fisiopatologia da doença, bem como para o aprimoramento da abordagem diagnóstica por imagem.

Face ao exposto, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão de literatura sobre elastografia intestinal em cães e descrever um estudo de correlação de parâmetros elastográficos e ultrassonográficos em cães com ECI.

REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Anatomia e histologia do duodeno de cães

1.1.1. Anatomia macroscópica e microscópica do segmento duodenal de cães

O duodeno constitui o primeiro segmento do intestino delgado dos cães, e desempenha papel central na integração digestiva entre estômago, pâncreas e fígado. Estende-se do piloro até a flexura duodenojejunal, dividido em quatro porções: cranial, descendente, transversa e ascendente. Sua posição relativamente fixa decorre da inserção mesoduodenal e da íntima relação com o lobo direito do pâncreas, ducto pancreático e ducto colédoco. Essa proximidade tem implicações clínicas diretas nas afecções pancreáticas e hepatobiliares (Dyce, Sack e Wensing, 2017; Evans e Lahunta, 2018).

A vascularização arterial provém predominantemente das artérias pancreaticoduodenais cranial e caudal, ramos da artéria gastroduodenal e da artéria mesentérica cranial. Essa rica rede vascular sustenta a alta taxa metabólica da mucosa duodenal, cuja renovação epitelial é contínua e exigente. A drenagem linfática, efetuada pelos linfonodos pancreatoduodenais e mesentéricos, participa ativamente da resposta imune intestinal, especialmente em enteropatias crônicas (Zachary, 2017).

1.1.2. Organização histológica e funcional do duodeno

Histologicamente a parede duodenal é composta por quatro camadas: mucosa, submucosa, muscular e serosa. A mucosa é composta por microvilosidades densamente organizadas, revestidas por epitélio colunar simples, formado por enterócitos com borda em escova (Figura 1), células caliciformes secretoras de mucina e células enteroendócrinas reguladoras da motilidade e secreção. O citoesqueleto de actina que sustenta essa estrutura amplia exponencialmente a superfície absorptiva e influencia propriedades mecânicas locais da mucosa. A lâmina própria é rica em vasos linfáticos e infiltrado linfocitário fisiológico (Junqueira e Carneiro, 2023).

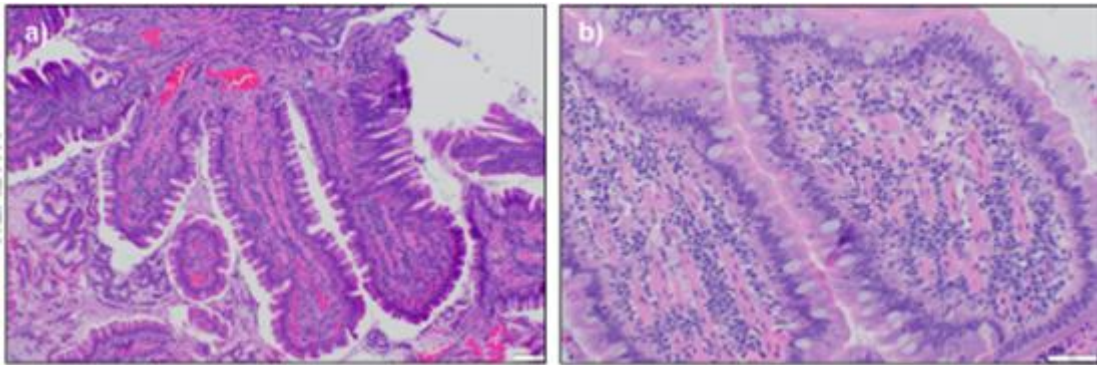


Figura 1 - Imagens histológicas do duodeno de cão. (A) Organização geral da mucosa duodenal em menor com preservação da arquitetura das vilosidades intestinais. (B) Detalhamento da mucosa duodenal com presença de infiltrado inflamatório linfoplasmocitário na lâmina própria. Barras de escala: 100 μ m em A e 50 μ m em B. Coloração por hematoxilina e eosina (HE).

Fonte: Adaptada de Manchester *et al.*, 2024.

A submucosa consiste em tecido conjuntivo denso irregular, plexo submucoso e vasos sanguíneos de médio calibre. A túnica muscular é formada por uma camada circular interna e uma camada longitudinal externa, responsáveis pelo peristaltismo e reguladas pelo plexo mioentérico (Day *et al.*, 2021).

As vilosidades duodenais são mais curtas e largas em comparação ao jejuno, característica que reflete sua função prioritária de digestão e mistura luminal. Entre essas vilosidades encontram-se as criptas, onde células-tronco intestinais promovem a renovação epitelial em ciclos de 3 a 5 dias. Essa renovação contínua garante a manutenção da integridade da barreira epitelial, cuja disfunção é um fator central em enteropatias inflamatórias (Cerquetella *et al.*, 2010).

A lâmina própria contém abundante tecido conjuntivo frouxo, capilares fenestrados e células do sistema imune associado ao intestino (GALT), com inclusão de linfócitos T e B, macrófagos e plasmócitos. A ativação crônica desse sistema promove a secreção de citocinas pró-inflamatórias como $\text{TNF-}\alpha$, $\text{IL-1}\beta$ e $\text{TGF-}\beta$, que desempenham papel essencial no remodelamento da matriz extracelular (Zachary, 2017).

A submucosa abriga as glândulas de Brunner (Figura 2), cuja secreção alcalina rica em bicarbonato protege a mucosa contra o quimo ácido. Alterações crônicas podem comprometer não apenas a atividade secretora, mas também a densidade do tecido conjuntivo submucoso, o que interfere negativamente na elasticidade local (Junqueira e Carneiro, 2023).

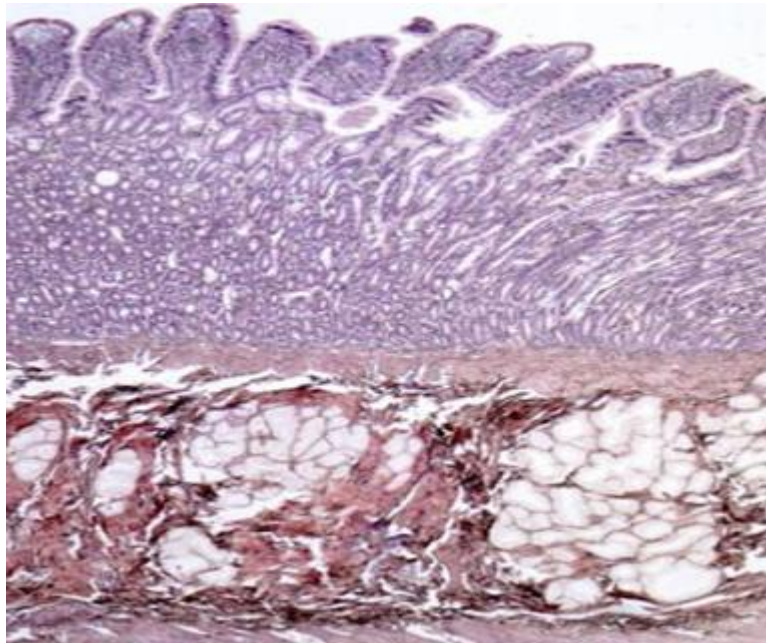


Figura 2 - Fotomicrografia do duodeno de cão evidenciando glândulas de Brunner localizadas na submucosa intestinal, associadas à produção de secreção mucosa alcalina com função protetora da mucosa duodenal. Observa-se preservação da arquitetura das vilosidades intestinais e organização da parede duodenal. Ampliação original de 50 $\times$. Coloração por hematoxilina e eosina (HE).

Fonte: Khan, 2021

A parede intestinal comporta-se como uma estrutura viscoelástica não linear, cuja resistência mecânica depende da interação entre fibras colágenas (principalmente tipos I e III), fibras de elastina e matriz proteoglicana. O colágeno tipo I está associado à resistência à tração, enquanto o colágeno tipo III contribui para maior distensibilidade tecidual. Alterações na proporção e organização desses componentes estão diretamente relacionadas a mudanças nas propriedades biomecânicas da parede intestinal, especialmente em processos inflamatórios crônicos (Junqueira e Carneiro, 2023).

1.2. Ultrassonografia intestinal de cães

1.2.1. Fundamentos físicos

A ultrassonografia baseia-se na emissão de ondas acústicas cuja formação de imagem depende da diferença de impedância entre tecidos adjacentes. No sistema gastrointestinal, essa técnica constitui uma ferramenta diagnóstica de elevada relevância, o que permite a obtenção de informações fundamentais em condições fisiológicas e patológicas. Entre os principais parâmetros avaliados destacam-se a mensuração da espessura da parede intestinal, a análise individualizada de suas camadas e segmentos (Figura 3), caracterização do conteúdo intraluminal, avaliação da motilidade gastrointestinal e a visualização de estruturas e órgãos adjacentes, como pâncreas, mesentério, linfonodos e peritônio (D'Anjou e Penninck, 2015) e fibróticos (Cosgrove *et al.*, 2013; Sigrist *et al.*, 2017).

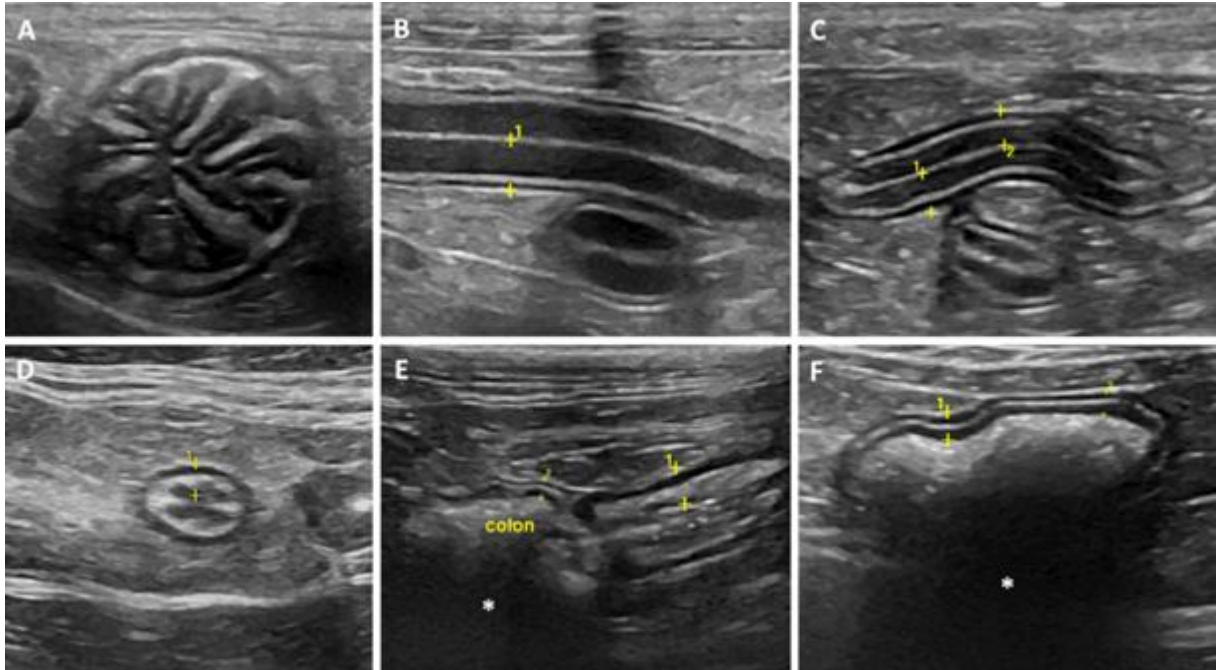


Figura 3 - Imagens ultrassonográficas dos segmentos gastrointestinais avaliados rotineiramente na ultrassonografia de cães e gatos (sonda linear de 9 a 11 MHz). (A) Imagem ultrassonográfica de um estômago vazio de um gato (pregas rugosas); (B) Imagem ultrassonográfica longitudinal do duodeno de um cão e (C) jejuno de um gato, evidenciando as cinco camadas ecogênicas; (D) Imagem ultrassonográfica transversal do íleo distal de um gato; (E) Região ileocólica de gato: íleo e cólon preenchido por gás, exibindo sombra acústica; (F) Cólon de cão: preenchido por gás, evidenciando sombra acústica.

Fonte: Monteiro-Esteves *et al.*, 2026.

A adoção de uma abordagem sistematizada na avaliação ultrassonográfica do trato gastrointestinal assegura uma análise abrangente e padronizada, o que contempla segmentos anatômicos de importância clínica que são examinados de forma rotineira, tais como estômago, junção piloroduodenal, duodeno, jejuno, íleo, junção ileocecocólica e cólon (D'Anjou e Penninck, 2015).

Diversas afecções são capazes de alterar a espessura e/ou a estratificação fisiológica da parede do trato gastrointestinal, como processos inflamatórios, enteropatias crônicas, distúrbios proliferativos de natureza neoplásica e não neoplásica, além de lesões ulcerativas e ruptura da parede intestinal. Essas alterações frequentemente levam a mudanças na ecogenicidade e/ou espessura da parede intestinal e podem envolver uma ou mais camadas intestinais (Gaschen, 2011).

No duodeno, a estratificação ecográfica reflete cinco interfaces histológicas distintas. O padrão de cinco camadas ecográficas corresponde, histologicamente, à alternância entre epitélio/mucosa, submucosa rica em colágeno, muscular e serosa (Figura 4). A camada

submucosa hiperecogênica resulta de maior densidade de fibras colágenas e vasos, enquanto a muscular hipoeecogênica decorre da organização paralela das fibras musculares lisas (D'Anjou e Penninck, 2015).



Figura 4 - Vista longitudinal do duodeno descendente proximal de um cão hígido.
Fonte: Huynh e Berry, 2018.

A ultrassonografia intestinal é considerada ferramenta na investigação de enteropatias caninas, por permitir a avaliação da espessura total da parede, integridade da estratificação, motilidade e órgãos adjacentes. O espessamento isolado da mucosa pode sugerir inflamação, enquanto a perda da estratificação mural pode estar associada a infiltração neoplásica. Contudo, processos inflamatórios crônicos podem apresentar espessamento com a estratificação preservada, o que dificulta a diferenciação apenas pela morfologia (Gaschen, 2011).

Uma recente pesquisa demonstrou que o espessamento da camada muscular é marcador ultrassonográfico frequente em cães com enteropatia crônica, porém não permite distinguir entre inflamação ativa e fibrose. Essa sobreposição de achados limita a especificidade diagnóstica da ultrassonografia estrutural isolada. A avaliação por Doppler vascular pode evidenciar hiperemia mural em fases inflamatórias ativas, mas sua sensibilidade é variável, dependente da padronização técnica e da experiência do operador (Gaschen, 2011).

O avanço das tecnologias ultrassonográficas, associado à implementação de protocolos de imagem mais sofisticados, tem impactado diretamente as mensurações gastrointestinais e a definição de limiares diagnósticos. Um estudo pregresso avaliou alterações da parede

gastrointestinal em cães acometidos por pancreatite aguda e evidenciou variações na espessura parietal e nos padrões de estratificação (Hardwick *et al.*, 2022),

1.3. Elastografia ultrassonográfica na Medicina Veterinária

1.3.1. Fundamentos físicos

A elastografia ultrassonográfica é uma técnica complementar que se fundamenta na quantificação da rigidez tecidual a partir da resposta do tecido à aplicação de estresse mecânico. Tecidos biológicos apresentam comportamento viscoelástico, ou seja, possuem componentes elásticos (capacidade de retornar à forma original) e viscosos (dependentes do tempo). A rigidez tecidual está associada à composição da matriz extracelular, especialmente à concentração de colágeno e organização fibrilar (Sigrist *et al.*, 2017).

Na elastografia por deformação, a compressão aplicada resulta em deslocamento tecidual proporcional à elasticidade do tecido. Com base nisso, tecidos mais rígidos apresentam menor deformação relativa. Na elastografia por ondas de cisalhamento, impulsos acústicos geram ondas transversais cuja velocidade de propagação é diretamente proporcional ao módulo de elasticidade do tecido (Figura 5), o que permite mensuração quantitativa em metros por segundo (m/s) ou quilopascals (kPa) (Cosgrove *et al.*, 2013; Sigrist *et al.*, 2017).

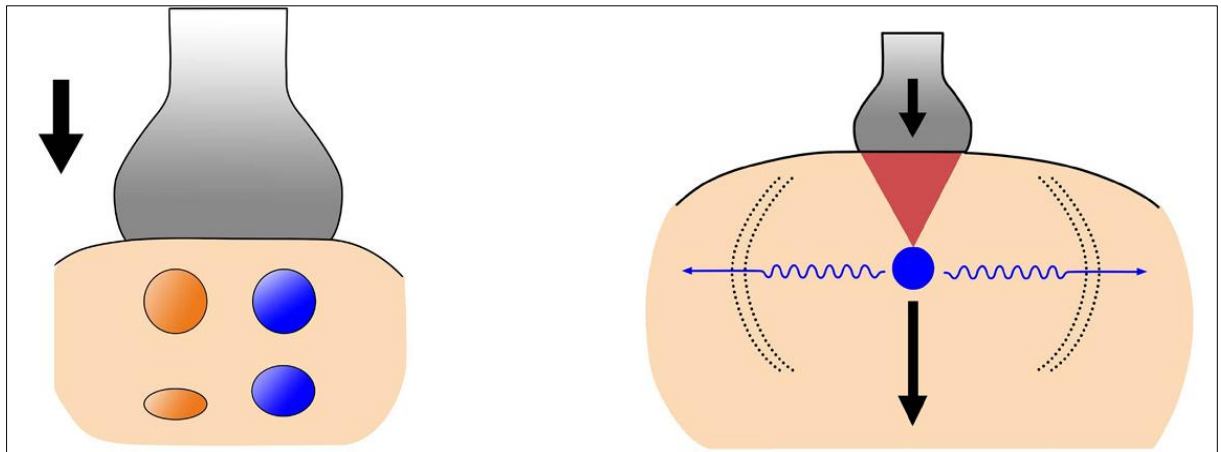


Figura 5 - Representação esquemática das modalidades de elastografia. (a). Elastografia com compressão ou deformação, que mede o deslocamento do tecido ao longo do eixo onde a força é exercida. (b) Elastografia com ondas de cisalhamento geradas pelo deslizamento tangencial das partículas do tecido.

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.*, 2024.

A equação simplificada que relaciona o módulo de Young (E) e a velocidade da onda de cisalhamento (c) é: $E \approx 3\rho c^2$ onde ρ representa a densidade do tecido. Tecidos com maior

deposição de colágeno apresentam maior módulo de elasticidade e, consequentemente, maior velocidade de propagação da onda. Processos fibróticos tendem a elevar significativamente esses valores devido ao aumento da deposição de colágeno e à reorganização da matriz extracelular, o que aumenta sua rigidez tecidual. Esse princípio é amplamente validado para avaliação hepática em animais (Cosgrove *et al.*, 2013).

1.3.2. Modalidades técnicas

Na medicina veterinária, a elastografia pode ser realizada por meio de diferentes modalidades técnicas que se distinguem principalmente pelo mecanismo de deformação tecidual e pelo método empregado para mensurar suas propriedades mecânicas. De forma geral, dividem-se em dois grandes grupos: a elastografia por compressão e a elastografia por onda de cisalhamento. Ambas têm como objetivo principal estimar a rigidez a partir da resposta do tecido a estímulos mecânicos, porém diferem significativamente em relação ao princípio físico envolvido, à forma de aquisição das imagens e ao tipo de informação fornecida ao examinador. O desenvolvimento dessas modalidades tecnológicas ampliou as possibilidades diagnósticas o que permite não apenas a avaliação morfológica das estruturas anatômicas, mas também a análise funcional das propriedades biomecânicas dos tecidos, o que é particularmente relevante em processos inflamatórios crônicos, fibrose e neoplasias (Cosgrove *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2024).

A elastografia por compressão foi uma das primeiras modalidades a ser incorporada aos equipamentos ultrassonográficos e baseia-se na avaliação da deformação relativa do tecido quando submetido a uma força mecânica externa. Essa força pode ser aplicada manualmente pelo operador por meio de pequenas compressões repetidas com o transdutor ou resultar de movimentos fisiológicos do próprio organismo, como pulsação vascular ou movimentos respiratórios. Durante o exame, o equipamento analisa a diferença de deslocamento entre os tecidos antes e após a compressão e calcula o grau de deformação que ocorre em cada região avaliada (Cosgrove *et al.*, 2017).

Tecidos mais macios tendem a apresentar maior deformação quando submetidos à pressão, enquanto tecidos mais rígidos demonstram menor capacidade de deformação. O resultado é apresentado na forma de um mapa elastográfico qualitativo, no qual diferentes cores representam diferentes graus de elasticidade. Essa técnica apresenta a vantagem de ser relativamente simples e de fácil implementação nos sistemas de ultrassonografia, porém possui

caráter predominantemente qualitativo ou semiquantitativo, o que pode limitar a padronização dos resultados entre diferentes examinadores e equipamentos (Cosgrove *et al.*, 2017).

Em contrapartida, a elastografia por ondas de cisalhamento, representa uma modalidade mais recente e tecnologicamente avançada, que permite a obtenção de medidas quantitativas da rigidez tecidual. Nesse método, o próprio equipamento ultrassonográfico gera impulsos acústicos de alta intensidade que produzem microdeslocamentos no tecido, por meio de ondas mecânicas transversais denominadas ondas de cisalhamento

. A velocidade de propagação dessas ondas está diretamente relacionada à rigidez do tecido: quanto maior a rigidez, maior será a velocidade de propagação da onda. O equipamento calcula essa velocidade e a converte em valores numéricos de elasticidade, geralmente expressos em metros por segundo ou em quilopascals, o que permite uma avaliação quantitativa e reprodutível das propriedades mecânicas do tecido examinado. Essa característica torna a elastografia por onda de cisalhamento particularmente útil em estudos clínicos e experimentais, nos quais a obtenção de valores objetivos e comparáveis é fundamental para a análise estatística dos resultados (Oliveira *et al.*, 2024).

No contexto de elastografia por onda de cisalhamento, existem ainda diferentes variações tecnológicas, entre as quais se destacam a elastografia por onda de cisalhamento pontual (pSWE) e a elastografia bidimensional por onda de cisalhamento (2D - SWE). Na modalidade pontual, a mensuração da rigidez tecidual é realizada em uma pequena região de interesse (ROI) previamente selecionada pelo operador, o que gera valor numérico representativo da elasticidade daquela área específica. Já na elastografia bidimensional por onda de cisalhamento, o equipamento é capaz de gerar mapas elastográficos quantitativos em tempo real, o que favorece visualizar a distribuição espacial da rigidez em uma área mais ampla do tecido. Essa modalidade fornece informações mais detalhadas sobre a heterogeneidade biomecânica do tecido examinado, o que pode ser particularmente útil na avaliação de lesões focais ou de processos patológicos que afetam o tecido de forma irregular (Cosgrove *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2024).

Além dessas técnicas principais, outras abordagens elastográficas também têm sido investigadas em menor escala na medicina veterinária, com inclusão de métodos baseados em vibração mecânica externa ou em excitação acústica transitória. Essas modalidades são mais frequentemente utilizadas em contextos experimentais ou em equipamentos específicos para avaliação de determinados órgãos, como o fígado. Embora ainda não sejam amplamente difundidas na prática clínica veterinária, essas tecnologias demonstram o potencial de expansão

da elastografia como ferramenta diagnóstica multidimensional, capaz de integrar informações estruturais e biomecânicas em um único exame de imagem (Cosgrove *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2024).

A escolha da modalidade elastográfica mais adequada depende de diversos fatores, incluindo o órgão a ser avaliado, a disponibilidade tecnológica do equipamento e a experiência do operador. Em muitos casos, a elastografia é utilizada de forma complementar à ultrassonografia convencional, por correlacionar alterações morfológicas observadas no modo B com modificações nas propriedades mecânicas do tecido. Essa abordagem integrada pode fornecer informações diagnósticas mais completas. Na medicina veterinária, o uso combinado dessas técnicas tem sido progressivamente explorado, especialmente em cães, espécie que apresenta grande relevância como modelo de investigação em diversas áreas da medicina comparada (D'Anjou e Penninck, 2015; Oliveira *et al.*, 2024).

A SWE apresenta maior reprodutibilidade interobservador, menor dependência de compressão manual do operador e melhor padronização, sendo considerada mais adequada para avaliação de órgãos profundos, tal como o intestino. Alguns fatores técnicos que influenciam os resultados da elastografia incluem a profundidade da região de interesse, movimento respiratório, presença de gás intestinal e pressão excessiva do transdutor.

1.3.3. Aplicações da elastografia

A elastografia tem se consolidado, nas últimas décadas, como ferramenta complementar promissora na medicina diagnóstica veterinária, especialmente por permitir a avaliação não invasiva das propriedades biomecânicas dos tecidos. Diferentemente da ultrassonografia em modo B, que fornece predominantemente informações morfológicas baseadas na ecogenicidade e na arquitetura anatômica, a elastografia possibilita a mensuração indireta da rigidez tecidual, característica frequentemente associada a alterações patológicas. Essa técnica tem sido aplicada principalmente na avaliação de órgãos abdominais, como fígado, baço, rins e intestinos, além de estruturas superficiais, como glândulas mamárias, linfonodos e tendões. Estudos recentes demonstram que elastografia pode detectar precocemente alterações teciduais que ainda não são evidentes em exames ultrassonográficos convencionais (Oliveira *et al.*, 2024).

No contexto da gastroenterologia veterinária, a elastografia tem sido investigada como ferramenta auxiliar na avaliação de doenças intestinais crônicas em cães e gatos, particularmente nas enteropatias inflamatórias crônicas (EIC). A expansão da técnica para o trato gastrointestinal baseia-se no mesmo princípio fisiopatológico: processos inflamatórios

persistentes levam à deposição progressiva de matriz extracelular, alterando a rigidez tecidual (Spuzak *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2024)

Dessa forma, a técnica pode contribuir para a diferenciação entre alterações predominantemente inflamatórias e processos fibróticos, o que possui relevância clínica significativa, uma vez que diferentes padrões histopatológicos podem estar associados a prognósticos distintos e respostas terapêuticas variadas. Além disso, a associação entre elastografia e ultrassonografia convencional possibilita uma abordagem mais abrangente da avaliação intestinal, o que permite correlacionar alterações estruturais, como espessamento mural e perda de estratificação, com modificações nas propriedades mecânicas do tecido (Oliveira *et al.*, 2024).

Outra aplicação relevante da elastografia na medicina veterinária está relacionada à avaliação de doenças hepáticas, área na qual a técnica tem sido amplamente explorada. Em cães e gatos, a elastografia tem sido utilizada para estimar o grau de fibrose hepática, condição frequentemente associada a hepatopatias crônicas, colestase prolongada e processos inflamatórios persistentes. A mensuração da rigidez hepática por meio de técnicas como a elastografia por ondas de cisalhamento (SWE) tem demonstrado correlação com alterações histopatológicas do fígado, e pode auxiliar na estratificação da gravidade da doença e no monitoramento da resposta ao tratamento (Toom *et al.*, 2022).

Em processos neoplásicos, a rigidez tecidual frequentemente aumenta devido à proliferação celular desorganizada, deposição de matriz extracelular e aumento da densidade do estroma tumoral. Permite identificar essas alterações por meio da análise da deformabilidade dos tecidos, o que contribuiu para a diferenciação entre lesões benignas e malignas em determinados contextos clínicos. Estudos demonstram que tumores malignos tendem a apresentar menor deformabilidade e maior rigidez quando comparados a tecidos normais ou a lesões benignas, o que pode auxiliar na seleção de áreas mais representativas para realização de biópsias guiadas por imagem e no planejamento terapêutico. Embora a elastografia não substitua métodos diagnósticos definitivos, como a análise histopatológica, sua utilização como ferramenta complementar tem demonstrado potencial para aumentar a acurácia diagnóstica em exames ultrassonográficos (Cosgrove *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2024).

Além do fígado, uma pesquisa investigou a aplicação da elastografia na avaliação de tumores mamários em cadelas, na caracterização de lesões prostáticas em cães e na análise da integridade de tendões e ligamentos em animais atletas, o que demonstra o amplo potencial dessa tecnologia no diagnóstico por imagem veterinário (Oliveira *et al.*, 2024).

1.3.4. Vantagens e desvantagens

Entre as principais vantagens, destacam-se o caráter não invasivo, a possibilidade de execução em tempo real e a ausência de exposição à radiação ionizante, características que tornam o método seguro em avaliações seriadas. Além disso, a técnica pode ser facilmente incorporada ao exame ultrassonográfico convencional, uma vez que muitos equipamentos modernos já possuem *softwares* específicos para elastografia integrados ao sistema de ultrassom. Outra vantagem importante é a capacidade de fornecer informações funcionais adicionais sobre o tecido avaliado, complementando a análise morfológica tradicional e aumentando a sensibilidade do exame na detecção de alterações patológicas precoces. Em determinadas situações clínicas, a elastografia pode contribuir para reduzir a necessidade de procedimentos invasivos, como biópsias, especialmente quando utilizada como ferramenta de triagem ou de monitoramento da progressão de doenças crônicas (Oliveira *et al.*, 2024).

Apesar de seu grande potencial diagnóstico, a elastografia ainda apresenta algumas limitações na prática veterinária. Um dos principais desafios está relacionado à padronização da técnica, uma vez que fatores como pressão exercida pelo transdutor, movimentação respiratória, peristaltismo intestinal e posicionamento do animal podem influenciar os resultados obtidos. Além disso, diferenças entre equipamentos, *softwares* e algoritmos de processamento utilizados por diferentes fabricantes podem dificultar a comparação direta de valores de elasticidade entre estudos (Oliveira *et al.*, 2024).

Outra limitação importante refere-se à dependência da experiência do operador, especialmente nas modalidades qualitativas de elastografia, como a técnica de compressão, nas quais a interpretação das imagens pode apresentar certo grau de subjetividade. No caso específico da avaliação intestinal, a presença de gás intraluminal e a motilidade fisiológica das alças podem gerar artefatos que interferem na aquisição adequada das imagens elastográficas. Dessa forma, embora a elastografia represente uma tecnologia promissora para a medicina veterinária, sua aplicação clínica ainda demanda maior número de estudos experimentais e clínicos que estabeleçam valores de referência padronizados para diferentes espécies, órgãos e condições fisiopatológicas (Cosgrove *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2024).

1.4. Elastografia intestinal em cães

A aplicação da elastografia no trato gastrointestinal baseia-se na premissa de que alterações inflamatórias crônicas promovem modificações estruturais na parede intestinal capazes de alterar suas propriedades biomecânicas. Em cães com enteropatia inflamatória

crônica (EIC), observa-se infiltração linfoplasmocitária, alteração da arquitetura vilositária e remodelamento da matriz extracelular, especialmente marcado por deposição de colágeno na submucosa e na muscular própria (Heilmann e Steiner, 2018).

O uso da elastografia no intestino canino é área emergente de investigação científica. Estudos recentes demonstram aumento significativo da rigidez da parede intestinal em cães com enteropatia crônica (Figura 7) quando comparados a cães hígidos, especialmente na camada muscular, sugerindo correlação com remodelamento fibrótico. Entretanto, sua aplicação ao intestino apresenta desafios técnicos, como interferência gasosa, peristaltismo e profundidade variável da parede intestinal (Spuzak *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2024).

A fibrose intestinal representa um dos principais determinantes do aumento da rigidez parietal. O excesso de colágeno tipo I e III, associado à ativação de miofibroblastos e citocinas pró-fibróticas, como o TGF- β , contribui para redução da complacência intestinal. Esse processo altera o comportamento viscoelástico do tecido, aumentando a velocidade de propagação de ondas de cisalhamento detectadas por elastografia quantitativa. Além da fibrose, edema intersticial, hiperplasia muscular e infiltração celular também podem modificar temporariamente a elasticidade tecidual. Dessa forma, a interpretação dos valores elastográficos deve considerar o contexto clínico e histopatológico. (Cosgrove *et al.*, 2013).

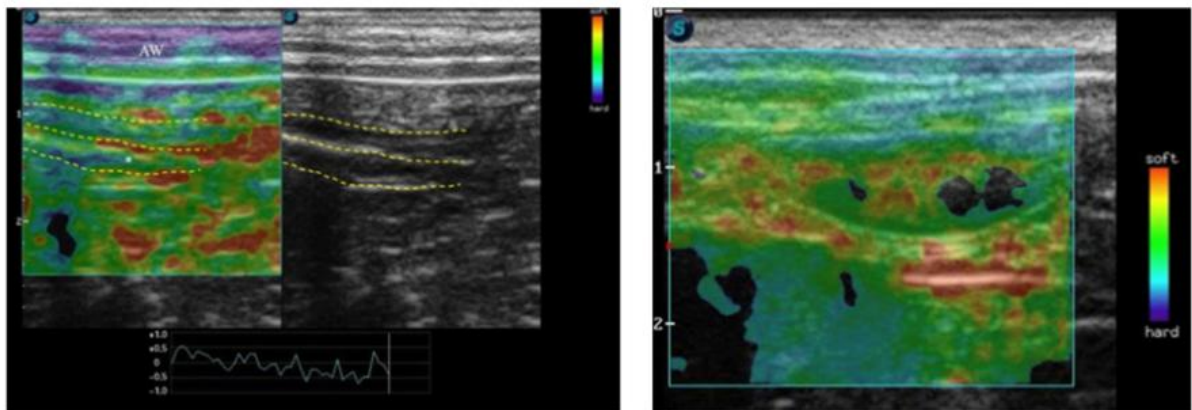


Figura 6 - Elastografia por deformação do duodeno de cão com enteropatia inflamatória crônica. (A) Elastograma colorido associado à imagem ultrassonográfica em modo B do duodeno, evidenciando a delimitação das camadas intestinais e avaliação elastográfica da mucosa duodenal. (B) Elastograma com evidência da heterogeneidade da elasticidade tecidual em região intestinal acometida por processo inflamatório crônico. A escala cromática representa diferentes graus de rigidez tecidual, com variação de estruturas macios (soft) a rígidos (hard).

Fonte: Oliveira *et al.*, 2024.

1.5. Enteropatia crônica inflamatória

A enteropatia crônica inflamatória (ECI) representa uma das principais causas de sinais gastrointestinais persistentes ou recorrentes em cães, caracterizada por fisiopatologia multifatorial e predominantemente imunomediada. Sua patogênese envolve interação complexa entre predisposição genética, fatores ambientais, microbiota intestinal e desregulação das respostas imunes inata e adaptativa (Heilmann *et al.*, 2026).

O sistema imune inato atua como a primeira linha de defesa do organismo por meio de células sentinelas e mediadores inflamatórios responsáveis pela modulação da resposta imune adaptativa. Entretanto, alterações nesses mecanismos podem desencadear respostas inflamatórias exacerbadas na mucosa intestinal, o que contribui para a perpetuação da doença (Dandrieux e Mansfield, 2019).

Atualmente, a ECI é classificada de acordo com a resposta terapêutica apresentada pelos pacientes, dividida em enteropatia responsiva à dieta enteropatia responsiva a modulação da microbiota intestinal e enteropatia responsiva a imunossupressores (Dandrieux, 2016).

Além da desregulação imunológica, alterações no microambiente intestinal desempenham papel fundamental na fisiopatologia da doença. Cães com ECI frequentemente apresentam disbiose intestinal, caracterizada pela redução da diversidade microbiana, aumento da abundância de bactérias pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, alterações no metabolismo dos ácidos biliares e redução da produção de ácidos graxos de cadeia curta (Eissa *et al.*, 2019). Associadas à ruptura da barreira epitelial intestinal e à diminuição dos mecanismos protetores da mucosa, essas alterações favorecem a manutenção de respostas inflamatórias crônicas e contribuem para a progressão da enfermidade (Cassmann *et al.*, 2016).

Clinicamente, os cães acometidos podem apresentar diarreia, vômito, perda de peso, hiporexia e alterações no escore corporal, com variação na intensidade dos sinais conforme o segmento gastrointestinal afetado e o grau de inflamação presente (Heilmann *et al.*, 2026). Embora a enfermidade possa acometer cães de diferentes idades e raças, predisposições raciais já foram descritas, especialmente em Pastor Alemão, Shar Pei Chinês e Soft Coated Wheaten Terrier (Kathrani *et al.*, 2011).

O diagnóstico baseia-se na presença de sinais gastrointestinais persistentes por período superior a três semanas, associado à exclusão de outras causas de distúrbios gastrointestinais e à confirmação histopatológica de inflamação da mucosa intestinal (Marchesi *et al.*, 2024). Apesar de muitos pacientes apresentarem resposta satisfatória ao tratamento inicial, parte dos cães evolui com recorrência clínica ou refratariedade terapêutica, o que evidencia a necessidade

de novas abordagens diagnósticas e terapêuticas capazes de auxiliar na identificação precoce, monitoramento e avaliação da progressão da doença (Heilmann *et al.*, 2026).

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Goiás (UFG), sob os protocolos nº 071/20 e 041/24. Foram avaliados 6 cães com sinais clínicos gastrointestinais crônicos, definidos como alterações persistentes por mais de três semanas. Os atendimentos ocorreram no Hospital Veterinário da UFG, na Clínica Escola de Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) e em clínicas veterinárias parceiras da cidade de Goiânia. A participação dos animais foi condicionada à assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido por seus responsáveis.

Todos os cães passaram por triagem clínica e laboratorial. Foram realizados anamnese, exame físico completo e avaliação específica do trato gastrointestinal, com inspeção, palpação e percussão abdominal, além da avaliação da cavidade oral e região esofágica. A triagem incluiu hemograma, bioquímicas séricas (ALT, FA, albumina, creatinina e colesterol total), ultrassonografia abdominal e exames complementares como cortisol basal, tripsinogênio canino, ácidos biliares basais, cobalamina, folato, parasitológico de fezes e teste para detecção de *Giardia duodenalis*. Os animais foram submetidos a tratamento antiparasitário com fembendazol e dieta hipoalergênica com proteína hidrolisada por 30 dias. Foram incluídos apenas os cães que não apresentaram remissão clínica com a triagem inicial e cujos exames descartem causas extraintestinais para os sinais observados.

A confirmação diagnóstica da enteropatia crônica inflamatória (ECI) foi realizada por meio de endoscopia digestiva alta com coleta de biópsias do duodeno. As amostras foram analisadas histologicamente de acordo com critérios inflamatórios e morfológicos padronizados.

A ultrassonografia abdominal foi realizada após jejum alimentar de 12 horas e restrição hídrica de 4 a 6 horas. O exame foi conduzido com equipamento SAEVO® FT422, acoplado a transdutores microconvexo e linear, com frequências entre 5,0 e 10 MHz. O animal foi posicionado em decúbito dorsal, e realizado a tricotomia ampla do abdômen, seguido da aplicação de gel acústico. A avaliação seguiu uma varredura ventro-lateral da cavidade abdominal, com especial atenção ao segmento duodenal. Foram mensuradas a espessura total da parede do duodeno e, quando possível, suas camadas parietais, com auxílio do cursor

eletrônico do equipamento. As medições foram feitas em corte transversal, com a parede bem distendida e com ausência de conteúdo intestinal que possa interferir na precisão da imagem.

A elastografia de deformação foi realizada em até dez dias após a ultrassonografia, sob as mesmas condições de preparo. O exame foi conduzido com transdutor linear de 7,5 a 10 MHz, posicionado perpendicularmente ao abdômen. Foram aplicados dois ciclos suaves de compressão e descompressão durante a expiração. As imagens elastográficas foram sobrepostas à imagem ultrassonográfica convencional (modo B) e expressas em escala colorimétrica, com tons de azul representando rigidez elevada, verde rigidez intermediária e vermelho elasticidade aumentada.

A análise foi realizada sobre a mucosa duodenal em corte transversal. Foram selecionadas duas regiões de interesse (ROIs): uma posicionada na mucosa intestinal e outra no mesentério adjacente, ambas circulares, com dimensões proporcionais e localizadas na mesma profundidade. A razão de deformação (RD) foi automaticamente calculada pelo software do equipamento, permitindo uma avaliação semiquantitativa da rigidez da parede duodenal.

Os dados obtidos das mensurações ultrassonográficas e da elastografia foram analisados estatisticamente com o auxílio do software GraphPad Prism 10. A distribuição foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. A correlação entre a espessura duodenal (em milímetros) e a razão de deformação foi avaliada com o teste de Spearman. Os coeficientes foram interpretados conforme os critérios de intensidade: 0,00–0,19 (muito fraca), 0,20–0,39 (fraca), 0,40–0,69 (moderada), 0,70–0,89 (forte) e $\geq 0,90$ (muito forte). Foi adotado nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Foram avaliados 6 cães com ECI. A razão de deformação (RD) do duodeno dos animais apresentou média de $2,10 \pm 1,01$. A estatística descrita está representada na tabela 1.

Tabela 1 - Média, desvio padrão, intervalo de confiança média (IC) e coeficiente de variação das variáveis ROI 1 e 2 do duodeno, razão de deformação (RD) do duodeno, peso e idade de cães com enteropatia crônica inflamatória.

Variável	Média/Unidade de medida	Desvio Padrão	IC média (95%) baixo	IC média (95%) alto	Coeficiente de variação (%)
ROI 1 duodeno	0,91 %	0,36	0,14	0,52	1,29
ROI 2 duodeno	0,48 %	0,19	0,07	0,28	0,68
RD duodeno	2,10	1,01	0,41	1,03	3,17
Peso	8,08 kg	2,51	1,02	5,44	10,72
Idade	3,41 anos	2,49	1,02	0,79	6,03

*Os valores da RD do duodeno foram obtidos por elastografia de deformação.

Na ultrassonografia (USG) dos animais os valores médios da mensuração do duodeno foram $0,48 \pm 0,075$ cm. Para análise da relação entre a RD do duodeno com a mensuração feita pela USG, assim como a avaliação entre as próprias variáveis, utilizou-se o teste de correlação de Spearman. Assim, é possível observar correlação forte e positiva entre a espessura da parede duodenal mensurada por ultrassonografia e a rigidez tecidual avaliada pela elastografia ($r = 0,82$). Essa relação demonstrou significância estatística ($p = 0,04$). A dispersão dos dados e a linha de tendência linear estão representadas na Figura 7.

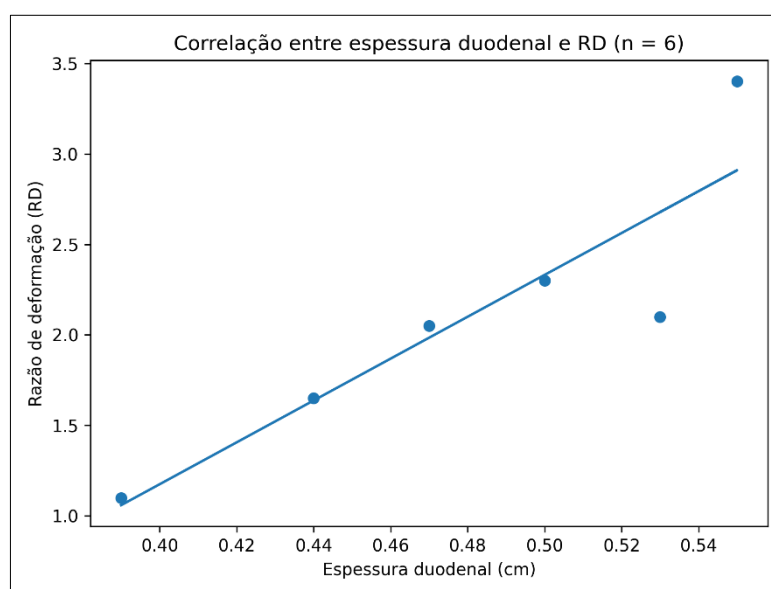


Figura 7 - Correlação entre a espessura ultrassonográfica da parede duodenal (cm) e a razão de deformação (RD) obtida por elastografia de deformação em cães com enteropatia crônica inflamatória. Observou-se correlação forte e positiva entre as

variáveis o que sugere que o aumento da espessura duodenal está associado ao aumento da rigidez tecidual.

Fonte: Imagem elaborada por inteligência artificial com base nos dados da pesquisa, 2026.

DISCUSSÃO

A média de idade dos animais avaliados neste estudo foi de 3,41 anos, valor semelhante ao descrito por Pietra *et al.* (2021), que observaram médias de 3,1 anos no grupo A e 3,8 anos no grupo B em uma amostra composta por 92 cães com enteropatia crônica. Esse achado sugere que a faixa etária dos animais incluídos no presente estudo é compatível com a população descrita na literatura, o que indica que a ECI pode acometer cães jovens a adultos.

Em relação ao peso corporal, no entanto, observou-se diferença mais evidente entre os estudos, uma vez que Pietra *et al.* (2021) relataram médias de 24,2 kg e 19,5 kg nos grupos avaliados, enquanto no presente estudo a média foi de 8,08 kg. Essa discrepância pode estar relacionada à composição da amostra, o que inclui diferenças quanto ao porte e às raças dos animais avaliados, além do menor tamanho amostral do presente estudo. Dessa forma, tais variações devem ser interpretadas com cautela, uma vez que características populacionais distintas podem influenciar parâmetros clínicos e ultrassonográficos, sem necessariamente refletir diferenças relacionadas à fisiopatologia da doença.

Os achados deste estudo demonstraram correlação forte e positiva entre a espessura ultrassonográfica da parede duodenal e a razão de deformação obtida pela elastografia ($r = 0,82$; $p = 0,04$), indicando que o aumento da espessura mural está associado ao aumento da rigidez tecidual em cães com enteropatia crônica inflamatória (ECI). Do ponto de vista fisiopatológico, esse resultado é compatível com o processo inflamatório crônico intestinal, caracterizado por infiltração celular persistente, remodelamento tecidual e deposição progressiva de colágeno, levando à fibrose e consequente aumento da rigidez do tecido. Na medicina humana, especialmente na doença de Crohn, estudos recentes demonstram que a elastografia é capaz de refletir essas alterações estruturais, sendo útil na identificação de componentes fibróticos associados à inflamação crônica intestinal (Dal Buono *et al.*, 2022).

A associação entre espessamento intestinal e aumento da rigidez observada neste estudo está em concordância com achados descritos em pacientes com doença de Crohn, nos quais segmentos intestinais espessados frequentemente apresentam maior rigidez à elastografia, refletindo a combinação de inflamação ativa e fibrose. Pesquisas anteriores (Grażyńska *et al.*,

2021; Dal Buono *et al.*, 2022) que utilizaram a elastografia na doença inflamatória intestinal humana, demonstram que há correlação significativa entre espessura da parede intestinal e parâmetros elastográficos, o que reforça a utilidade da técnica na avaliação intestinal. Embora na medicina veterinária os estudos ainda sejam limitados, evidências emergentes indicam comportamento semelhante em cães com enteropatias crônicas (Oliveira *et al.*, 2024).

A espessura média da parede duodenal observada neste estudo ($0,48 \pm 0,075$ cm) encontra-se discretamente aumentada quando comparada aos valores de referência descritos na literatura para cães saudáveis (Gladwin *et al.*, 2014). Estudos recentes indicam que a espessura normal da parede do intestino delgado em cães geralmente permanece inferior a 0,5 cm, podendo haver variações conforme o segmento intestinal, porte do animal e condições fisiológicas no momento do exame. Em particular, o duodeno tende a apresentar valores dentro dessa faixa, sendo considerado anormal quando há aumento consistente associado a alterações clínicas ou outros achados de imagem (Gaschen, 2011). Dessa forma, os valores obtidos no presente estudo sugerem espessamento leve a moderado da parede duodenal, compatível com alterações inflamatórias crônicas.

Além disso, é importante destacar que nem todos os cães com ECI apresentam aumento significativo da espessura total da parede intestinal. A literatura demonstra que alterações podem ocorrer de forma seletiva em determinadas camadas, especialmente na camada muscular, sem comprometimento expressivo da espessura global. Nesse contexto, a elastografia se destaca como método complementar, capaz de detectar alterações biomecânicas do tecido mesmo na ausência de alterações morfológicas evidentes à ultrassonografia convencional, o que permite o aumento da sensibilidade diagnóstica (Gaschen, 2011).

A relevância clínica da correlação encontrada reside no potencial da elastografia como ferramenta não invasiva adicional na avaliação da ECI. Enquanto a ultrassonografia fornece dados estruturais, a elastografia permite inferir características biomecânicas do tecido, possibilitando uma avaliação mais completa da doença. Na medicina humana, essa abordagem tem sido amplamente utilizada para diferenciar inflamação ativa de fibrose intestinal, o que possui implicações diretas no manejo terapêutico, uma vez que lesões fibróticas apresentam menor resposta ao tratamento (Dal Buono *et al.*, 2022). Acreditamos que, na medicina veterinária, essa aplicação possui potencial promissor para auxiliar no prognóstico e monitoramento terapêutico.

Entre as limitações do estudo, destaca-se o reduzido tamanho amostral ($n = 6$), o que limita a generalização dos resultados e pode influenciar a robustez da análise estatística. Além

disso, não houve correlação direta entre os achados elastográficos e os parâmetros histopatológicos individuais, o que restringe a interpretação sobre a contribuição relativa de inflamação e fibrose na rigidez tecidual observada. Outro aspecto relevante é a natureza operador-dependente da elastografia de deformação, que pode apresentar variabilidade técnica, especialmente em relação à compressão aplicada e à seleção das regiões de interesse (Cosgrove *et al.*, 2017; Sigrist *et al.*, 2017).

Como perspectivas futuras, estudos com maior número de animais e inclusão de grupos controle são necessários para validação dos achados. A correlação direta com análise histopatológica permitirá melhor compreensão da relação entre rigidez tecidual, inflamação e fibrose. Além disso, o uso de técnicas mais recentes, como a elastografia por onda de cisalhamento, pode oferecer maior reprodutibilidade e padronização. O acompanhamento longitudinal dos pacientes também pode contribuir para estabelecer o papel da elastografia no monitoramento da resposta terapêutica, conforme já demonstrado em estudos prévios na medicina (Grażynańska *et al.*, 2021; Dal Buono *et al.*, 2022).

CONCLUSÃO

Os achados deste estudo demonstraram que o aumento da espessura da parede duodenal esteve associado ao aumento da rigidez tecidual em cães com enteropatia crônica inflamatória, sugerindo que as alterações morfológicas observadas na ultrassonografia convencional podem refletir modificações estruturais mais profundas relacionadas ao remodelamento tecidual decorrente da inflamação crônica. Esses resultados reforçam a importância da avaliação integrada entre aspectos morfológicos e biomecânicos da parede intestinal, ampliando a compreensão das alterações envolvidas nessa doença.

Além disso, a elastografia demonstrou potencial como ferramenta complementar à ultrassonografia convencional, fornecendo informações adicionais sobre as propriedades mecânicas do tecido intestinal de forma não invasiva. Embora ainda existam limitações técnicas e necessidade de maior padronização da metodologia, os resultados obtidos evidenciam perspectivas promissoras para a aplicação clínica da técnica na medicina veterinária, especialmente no auxílio ao diagnóstico, acompanhamento clínico e possível diferenciação entre alterações inflamatórias e fibróticas.

Por se tratar de uma área ainda pouco explorada na medicina veterinária, este trabalho também destaca a necessidade de novos estudos com maior número amostral e associação histopatológica, capazes de fortalecer a aplicabilidade clínica da elastografia intestinal em cães.

Dessa forma, espera-se que os resultados obtidos neste estudo possam servir como base para futuras pesquisas sobre a aplicação da técnica na medicina veterinária, contribuindo para ampliar o conhecimento científico acerca das enteropatias crônicas inflamatórias em cães e incentivando o desenvolvimento de protocolos diagnósticos cada vez mais precisos e menos invasivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho representou uma importante etapa de aprendizado acadêmico e científico, especialmente por abordar um tema ainda pouco explorado na medicina veterinária, como a aplicação da elastografia intestinal em cães. Durante o desenvolvimento do projeto, foi possível aprofundar conhecimentos relacionados à ultrassonografia abdominal, à fisiopatologia intestinal e às técnicas avançadas de diagnóstico por imagem, além de proporcionar maior contato com a prática da pesquisa científica.

O estudo foi desenvolvido sem financiamento externo, o que trouxe limitações importantes relacionadas à disponibilidade de recursos, à captação de casos clínicos e à ampliação do número amostral. A obtenção de animais elegíveis para inclusão no projeto constituiu um dos principais desafios enfrentados, especialmente devido à necessidade de confirmação diagnóstica e aos critérios rigorosos de seleção dos pacientes. Como consequência, o número reduzido de amostras avaliadas e de informações complementares disponíveis representa uma limitação do estudo.

Além disso, a elaboração deste trabalho ocorreu simultaneamente às atividades acadêmicas do curso de Medicina Veterinária, incluindo disciplinas obrigatórias, avaliações, estágios e demais demandas da graduação durante o oitavo período, aliado a um período curto de apenas três meses para escrita e desenvolvimento da pesquisa. Conciliar a execução do projeto experimental, a produção científica e a rotina acadêmica foi um processo desafiador e, em muitos momentos, cansativo, exigindo organização, persistência e dedicação contínua ao longo de todo o desenvolvimento do TCC.

Apesar das dificuldades encontradas, a experiência foi extremamente enriquecedora e proveitosa tanto do ponto de vista acadêmico quanto pessoal. O tema despertou grande interesse durante a realização da pesquisa, principalmente por envolver uma área inovadora e promissora dentro do diagnóstico por imagem veterinário. Observou-se também uma escassez significativa de estudos voltados à elastografia intestinal em cães, evidenciando a necessidade de novas

pesquisas que ampliem o conhecimento científico sobre a aplicação clínica dessa técnica na medicina veterinária.

Dessa forma, espera-se que este trabalho possa contribuir, ainda que de maneira inicial, para o desenvolvimento de futuras investigações sobre a utilização da elastografia na avaliação intestinal de cães, incentivando novos estudos com maior número de animais, metodologias mais amplas e protocolos cada vez mais padronizados.

REFERÊNCIAS

ALLENSPACH, K.; CULVERWELL, C.; CHAN, D. Long-term outcome in dogs with chronic enteropathies: 203 cases. **Veterinary Record**, v. 178, n. 15, p. 368.2-368, 25 jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.103557>

CASSMANN, E. et al. Alterations of the Ileal and Colonic Mucosal Microbiota in Canine Chronic Enteropathies. **Plos one**, v. 11, n. 2, p. e0147321, 3 fev. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147321>

CERQUETELLA, M. Inflammatory bowel disease in the dog: Differences and similarities with humans. **World Journal of Gastroenterology**, v. 16, n. 9, p. 1050, 2010. DOI: 10.3748/wjg.v16.i9.1050

COLLINS-WEBB, A. G.; CHONG, D. L.; COOLEY, S. D. Ultrasonographic intestinal muscularis thickening in dogs with histologically confirmed inflammatory bowel disease: 13 cases (2010-2021). **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 64, n. 2, p. 345-350, 2023. DOI: 10.1111/vru.13173.

COSGROVE, D. *et al.* EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography. Part 2: Clinical Applications. *Ultraschall in der Medizin - European Journal of Ultrasound*, v. 34, n. 03, p. 238–253, 19 abr. 2013. DOI: 10.1055/s-0033-1335375.

COSGROVE, D.; *et al.* WFUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Ultrasound Elastography: Part 4. Thyroid. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 43, n. 1, p. 4-26, 2017. DOI: 10.1055/s-0033-1335375.

D'ANJOU, M. A.; PENNINCK, D. **Atlas of Small Animal Ultrasonography**. 2. ed. 2015.

DAL BUONO, A.; *et al.* Ultrasound Elastography in Inflammatory Bowel Diseases: A Systematic Review of Accuracy Compared with Histopathological Assessment. **Journal of Crohn's and Colitis**, v. 16, p. 1637-1646, 2022. DOI: 10.1093/ecco-jcc/jjac082.

DANDRIEUX, J. R. S. Inflammatory bowel disease versus chronic enteropathy in dogs: are they one and the same? **Journal of Small Animal Practice**, v. 57, n. 11, p. 589-599, 2016. DOI: 10.1111/jsap.12588.

DANDRIEUX, J. R. S.; MANSFIELD, C. S. Chronic enteropathy in canines: prevalence, impact and management strategies. **Veterinary Medicine: Research and Reports**, v. 10, p. 203-214, 2019. DOI: 10.2147/VMRR.S162774.

DAY, M. J. *et al.* Histopathological standards for the diagnosis of gastrointestinal inflammation in animals. **Journal of Comparative Pathology**, 2021. DOI: 10.3748/wjg.v16.i9.1050

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. *Textbook of Veterinary Anatomy*. 5. ed. 2017
EISSA, N. *et al.* Mucosal immunity and gut microbiota in dogs with chronic enteropathy. **Research in Veterinary Science**, v. 122, p. 156–164, fev. 2019. DOI: 10.1016/j.rvsc.2018.11.019

ESTEVES-MONTEIRO, M.; *et al.* Ultrasonographic evaluation of the normal gastrointestinal wall in dogs and cats: a systematic review on study design and imaging outcomes. **Veterinary Quarterly**, v. 46, n. 1, 2026. DOI: 10.1080/01652176.2026.2622732.

EVANS, H. E.; DE LAHUNTA, A. **Miller's Anatomy of the Dog**. 5. ed. 2018.

FERREIRA, A. L.; SANTOS, R. F.; MARTINS, M. M. Applications of elastography in veterinary medicine: current perspectives and future directions. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 62, n. 5, p. 561-572, 2021. DOI: 10.14202/vetworld.2024.2985-2991.

GARCIA, E. D. Ultrasonography of the Gastrointestinal Tract: Stomach, Duodenum, and Jejunum. Disponível em: <<https://todaysveterinarypractice.com/radiology>

imaging/ultrasonography-gastrointestinal-tract-stomach-duodenum-jejunum/>. Acesso em: 09.abril.2026.

GASCHEN, L. Ultrasonography of small intestinal inflammatory and neoplastic diseases in dogs and cats. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 41, n. 2, p. 329-344, 2011. DOI: 10.1016/j.cvsm.2011.01.002.

GRAŻYŃSKA, A.; *et al.* Shear wave and strain elastography in Crohn's disease - A systematic review. **Diagnostics**, v. 11, n. 9, p. 1609, 2021. DOI: 10.3390/diagnostics11091609.

HARDWICK, J. J.; *et al.* Prevalence of ultrasonographic gastrointestinal wall changes in dogs with acute pancreatitis: a retrospective study (2012-2020). **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 36, n. 3, p. 947-956, 2022. DOI: 10.1111/jvim.16414.

HEILMANN, R. M. *et al.* ACVIM–endorsed statement: consensus statement and systematic review on guidelines for the diagnosis and treatment of chronic inflammatory enteropathy in dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 40, n. 1, jan. 2026. DOI: 10.1093/jvimsj/aalaf017

HEILMANN, R. M.; STEINER, J. M. Clinical utility of currently available biomarkers in inflammatory enteropathies of dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 32, n. 5, p. 1495–1508, 2018. DOI: 10.1111/jvim.15247

HOLDSWORTH, A. *et al.* Elastography of the normal canine liver, spleen and kidneys. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 55, n. 6, p. 620–627, 2014. DOI: 10.1111/vru.12169

JERGENS, A. E.; HEILMANN, R. M. Canine chronic enteropathy - Current state-of-the-art and emerging concepts. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, 2022. DOI: 10.3389/fvets.2022.923013.

JUNG, J. W. *et al.* Two-dimensional shear wave elastography of normal soft tissue organs in adult Beagle dogs: interobserver agreement and sources of variability. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 8, 2020. DOI: 10.3389/fbioe.2020.00979

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 14. ed. 2023.

KATHRANI, A.; WERLING, D.; ALLENSPACH, K. Canine breeds at high risk of developing inflammatory bowel disease in the south-eastern UK. **Veterinary Record**, v. 169, n. 24, p. 635–635, 6 set. 2011. DOI: 10.1136/vr.d5380

KHAN, PAUL W. L. Duodenum of Dog with Brunner's Glands – Collection of Histology Images. Disponível em: <<https://sites.tufts.edu/histologyimages/digestive-system-small-and-large-intestines/492/duodenum-of-dog-with-brunners-glands/>>. Acesso em: 20 maio. 2026.

MANCHESTER, A. C.; *et al.* Single cell transcriptomic analysis of the canine duodenum in chronic inflammatory enteropathy and health. **Frontiers in Immunology**, v. 15, 2024. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1397590.

MARCHESI, M. C. et al. Monocytes Count, NLR, MLR and PLR in Canine Inflammatory Bowel Disease. **Animals**, v. 14, n. 6, p. 837, 1 jan. 2024. DOI: 10.3390/ani14060837

NYLAND, T. G.; MATTOON, J. S. **Small Animal Diagnostic Ultrasound**. 3. ed. St. Louis: Elsevier, 2015.

OLIVEIRA, I. M.; *et al.* Ultrasound elastography in dogs: physical principles and application in intestinal evaluation. **Veterinary World**, p. 2985-2991, 2024. DOI: 10.14202/vetworld.2024.2985-2991.

PIETRA, M.; *et al.* Evaluation of prognostic factors, including duodenal P-glycoprotein expression, in canine chronic enteropathy. **Animals**, v. 11, n. 8, p. 2315, 2021. DOI: 10.3390/ani11082315.

REECE, W. O. **Dukes' physiology of domestic animals**. 13. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2015.

RUBALTELLI, L.; CORRADIN, S.; DORIGO, A.; STABILITO, M.; TREGNAGHI, A.; BORSATO, S.; STRAMARE, R. Differential diagnosis of benign and malignant thyroid

nodules at elastosonography. **Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound**, v. 30, n. 2, p. 175-179, 2009. DOI: 10.1055/s-2008-1027442

RUDORF, H.; *et al.* Ultrasonographic evaluation of the thickness of the small intestinal wall in dogs with inflammatory bowel disease. **Journal of Small Animal Practice**, v. 46, n. 7, p. 322-326, 2005. DOI: 10.1111/j.1748-5827.2005.tb00327. x.

SIGRIST, R. M. S.; *et al.* Ultrasound elastography: review of techniques and clinical applications. **Theranostics**, v. 10, n. 3, p. 1115-1133, 2017. DOI: 10.7150/thno.18650

SIMPSON, K. W.; JERGENS, A. E. Pitfalls and progress in the diagnosis and management of canine inflammatory bowel disease. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 41, n. 2, p. 381-398, 2011. DOI: 10.1016/j.cvsm.2011.02.003

SPUŽAK, J. *et al.* Accuracy of real-time shear wave elastography in the assessment of normal small intestine mucosa in dogs. **Polish Journal of Veterinary Sciences**, v. 22, n. 3, p. 457–461, 2019. DOI: 10.24425/pjvs.2019.129305

STIDHAM, R. W.; *et al.* Ultrasound elasticity imaging for detecting intestinal fibrosis and inflammation in rats and humans with Crohn's disease. **Gastroenterology**, v. 141, n. 3, p. 819-826.e1, 2011. DOI: 10.1053/j.gastro.2011.07.027

TOOM, M. *et al.* Shear wave elastography measurements in dogs treated surgically for congenital extrahepatic portosystemic shunts. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, 2022. DOI: 10.3389/fvets.2022.991148

ZACHARY, J. F. **Pathologic Basis of Veterinary Disease**. 6. ed. 2017.