

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

LARA VILELA SOARES

**ULTRASSONOGRAFIA MODO B, DOPPLER E ELASTOGRAFIA DE
DEFORMAÇÃO EM CADELAS COM PIOMETRA PARA AVALIAÇÃO
DE LESÃO RENAL AGUDA**

UBERLÂNDIA-MG

2025

LARA VILELA SOARES

ULTRASSONOGRAFIA MODO B, DOPPLER E ELASTOGRAFIA DE DEFORMAÇÃO
EM CADELAS COM PIOMETRA PARA AVALIAÇÃO DE LESÃO RENAL AGUDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Clínica Médica

Orientador: Prof. Dr. Leandro Z. Crivellenti

UBERLÂNDIA-MG

2025

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S676 Soares, Lara Vilela, 1999-
2025 ULTRASSONOGRAFIA MODO B, DOPPLER E
ELASTOGRAFIA DE DEFORMAÇÃO EM CADELAS COM
PIOMETRA PARA AVALIAÇÃO DE
LESÃO RENAL AGUDA [recurso eletrônico] / Lara Vilela
Soares. - 2025.

Orientador: Leandro Zuccolotto Crivellenti .
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Veterinárias.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.40>
Inclui bibliografia.

1. Veterinária. I. , Leandro Zuccolotto Crivellenti,
1983-, (Orient.). II. Universidade Federal de
Uberlândia. Pós-graduação em Ciências Veterinárias. III.
Título.

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2: Gizele

Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciências Veterinárias				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGCVET Nº 01/2025				
Data:	24/01/2025	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:00
Matrícula do Discente:	12312MEV015				
Nome do Discente:	LARA VILELA SOARES				
Título do Trabalho:	Ultrassonografia modo B, doppler e elastografia de deformação em cadelas com piometra para avaliação de lesão renal aguda				
Área de concentração:	Saúde Animal				
Linha de pesquisa:	Clínica Médica, Cirurgia e Morfologia				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Avaliações clínicas, epidemiológicas, diagnósticas e terapêuticas das moléstias clínicas dos animais domésticos				

Reuniu-se por vídeoconferência na Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: Alessandra Aparecida Medeiros-Ronchi - (FMVZ/UFU); Suellen Rodrigues Maia - (IFSULDEMINAS - CAMPUS MUZAMBINHO) e Leandro Zuccolotto Crivellenti - (FMVZ/UFU), orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Leandro Zuccolotto Crivellenti, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, às examinadoras, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Zuccolotto Crivellenti, Professor(a) do Magistério Superior**, em 24/01/2025, às 16:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Aparecida Medeiros Ronchi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 24/01/2025, às 16:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Suellen Rodrigues Maia, Usuário Externo**, em 24/01/2025, às 17:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6002044** e o código CRC **C29246AF**.

Referência: Processo nº 23117.000545/2025-71

SEI nº 6002044

LARA VILELA SOARES

ULTRASSONOGRAFIA MODO B, DOPPLER E ELASTOGRAFIA DE DEFORMAÇÃO
EM CADELAS COM PIOMETRA PARA AVALIAÇÃO DE LESÃO RENAL AGUDA

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Clínica Médica

Uberlândia, 24 de janeiro de 2024

Banca Examinadora:

Leandro Zuccolotto Crivellenti – Professor Pós-doutor (UFU)

Alessandra Aparecida Medeiros Ronchi – Professora Doutora (UFU)

Suellen Rodrigues Maia – Professora Doutora (IFSULDEMINAS-Muzambinho)

Dedico este trabalho à minha mãe e minha
irmã, pelo estímulo, carinho e compreensão
desde que me entendo por gente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao orientador e amigo Leandro Z. Crivellenti pelo incentivo, motivação e orientação nesta caminhada acadêmica.

Um agradecimento especial à minha mãe Márcia, irmã Maiza e aos meus sobrinhos Alice e Gabriel por serem meus motivos para continuar, não desistir e ser um ser humano melhor todos os dias.

Agradeço a Deus e irmã Benigna por nunca me deixarem só na caminhada.

Aos animais atendidos no setor de Nefrologia e Urologia da UFU, aos amigos e companheiros de mestrado e agora de vida, aos animais que participaram do projeto, toda equipe e professores do Hospital Veterinário da UFU, em especial Suzana Akemi.

Agradeço especilamente o Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia (PPGCVET) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

E por fim, agradeço todos os membros da banca.

ULTRASSONOGRAFIA MODO B, DOPPLER E ELASTOGRAFIA DE DEFORMAÇÃO EM CADELAS COM PIOMETRA PARA AVALIAÇÃO DE LESÃO RENAL AGUDA

RESUMO

A ultrassonografia convencional permite uma avaliação morfológica detalhada dos rins. Quando associada à técnicas complementares como Doppler e Elastografia, essa ferramenta expande suas funcionalidades, proporcionando uma análise mais abrangente da vascularização e elasticidade tecidual, respectivamente. No entanto, estudos correlacionando esses métodos ultrassonográficos com o exame histopatológico em pacientes com lesão renal aguda (LRA) são escassos na literatura científica. Assim, este estudo visou avaliar a aplicabilidade da ultrassonografia modo B, Doppler e elastografia de deformação como ferramentas complementares para o diagnóstico precoce de lesão renal aguda (LRA) em cadelas com piometra. Foram avaliadas 20 fêmeas caninas diagnosticadas com piometra, atendidas no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia, que passaram por avaliações clínicas, físicas, laboratoriais, ultrassonográficas e histopatológicas. A ultrassonografia modo B foi utilizada para avaliar a morfologia renal (ecotextura, ecogenicidade, relação cortico-medular, comprimento do rim/diâmetro da aorta e superfície). A ultrassonografia associada ao Doppler permitiu a avaliação da integridade vascular, fornecendo valores de velocidade sistólica, diastólica e índice de resistividade.. A elastografia foi empregada para analisar a distribuição de rigidez tecidual através de um elastograma, onde as cores verde, azul e vermelha foram quantificadas através do programa ImageJ. Com base nos resultados histopatológicos, os pacientes foram classificados em dois grupos, de acordo com a severidade das lesões: discreto e severo. Diferenças estatisticamente significativas foram observadas na contagem de plaquetas ($p = 0,04$), razão proteína-creatinina urinária (RPC) ($p = 0,0004$) e elastografia ($p = 0,018$) entre os grupos. Esses achados sugerem que a elastografia pode atuar como uma ferramenta complementar promissora no diagnóstico de LRA, destacando a necessidade de estudos adicionais para aprofundar sua aplicabilidade.

Palavras-chave: cão; sepse; injúria renal aguda.

B-MODE ULTRASONOGRAPHY, DOPPLER, AND STRAIN ELASTOGRAPHY FOR ASSESSMENT OF ACUTE KIDNEY INJURY IN BITCHES WITH PYOMETRA

ABSTRACT

Conventional ultrasonography provides a detailed morphological evaluation of the kidneys. When combined with complementary techniques such as Doppler and elastography, this tool expands its functionalities, offering a more comprehensive analysis of tissue vascularization and elasticity. However, studies correlating these ultrasonographic methods with histopathological findings in patients with acute kidney injury (AKI) are scarce in the scientific literature. This study aimed to assess the applicability of B-mode ultrasonography, Doppler, and strain elastography as complementary tools for the early diagnosis of AKI in bitches with pyometra. Twenty female dogs diagnosed with pyometra, attended at the Veterinary Hospital of the Federal University of Uberlandia, underwent clinical, physical, laboratory, ultrasonographic, and histopathological evaluations. B-mode ultrasonography was used to assess kidney morphology (echotexture, echogenicity, corticomedullary ratio, kidney-to-aorta length ratio, and surface). Doppler ultrasound enabled the evaluation of vascular integrity by providing values for systolic and diastolic velocities and resistive index. Elastography analyzed tissue stiffness distribution using elastograms, where green, blue, and red regions were quantified via ImageJ software. Based on histopathological findings, the subjects were categorized into two groups according to lesion severity: mild and severe. Statistically significant differences were observed in platelet count ($p = 0.04$), urinary protein-to-creatinine ratio (UPCR) ($p = 0.0004$), and elastography ($p = 0.018$) between the groups. These findings suggest that elastography holds promise as a complementary tool for AKI diagnosis, highlighting the need for further studies to explore its broader applicability.

Keywords: dog; sepsis; acute kidney injury.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	12
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Piometra.....	14
2.2 Seps e Lesão Renal Aguda	14
2.3 Técnicas de ultrassonografia na nefropatia: Modo-B e Doppler	15
2.4 Técnicas de ultrassonografia na nefropatia: Elastografia de deformação	16
3 HIPÓTESES	17
4 OBJETIVOS.....	18
4.1 Objetivo geral.....	18
4.2 Objetivos específicos	18
5 REFERÊNCIAS	19
6 CAPÍTULO 2 – PIOMETRA E SEPS E EM CADELAS: ALTERAÇÕES ELASTOGRÁFICAS NA DUREZA DO TECIDO RENAL	23

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A lesão renal aguda (LRA) é uma condição clínica frequentemente diagnosticada na medicina humana e na veterinária, com incidência significativa em pacientes hospitalizados, associada a um prognóstico desfavorável e a maiores taxas de mortalidade (Hoste et al., 2018; Thoen; Kerl, 2011). Dentre as causas de LRA, destaca-se a sepse, especialmente em pacientes críticos, onde essa etiologia apresenta risco significativamente maior de mortalidade em comparação com outras causas de LRA (Hoste et al., 2018; Snipes et al., 2023).

O diagnóstico de LRA em humanos é realizado com base nos níveis séricos de creatinina e no débito urinário, conforme as diretrizes do *Kidney Disease: Improving Global Outcomes* (KDIGO) (Kdigo, 2012). Na veterinária, de forma semelhante, seguem-se os critérios da *International Renal Interest Society* (IRIS), que também considera os valores de creatinina sérica associados à produção urinária (Iris, 2023). Porém, apesar da utilização previamente estabelecida das concentrações séricas de creatinina e volume urinário, tanto em humanos quanto em animais, diante de uma injúria tubular importante, as alterações nesses indicadores podem ser tardias, sutis e inespecíficas (Wen; Parikh, 2021).

Nesse contexto, biomarcadores urinários como *Kidney Injury Molecule-1* (KIM-1), Lipocalina Associada com Gelatinase de Neutrófilos (*Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin – NGAL*), Cistatina B, Clusterina, Interleucina-18 (IL-18) e N-acetil- β -d-glucosaminidase (NAG), destacam-se por serem liberados diante de lesão dos túbulos renais, antecedendo o aumento da creatinina sérica. No entanto, devido aos custos associados, seu uso permanece limitado na prática clínica veterinária (Yoon et al., 2022; Sargent; Elliott; Jepson, 2020). Além disso, com o objetivo de aprimorar o diagnóstico precoce da LRA, estudos recentes têm explorado a aplicação de técnicas ultrassonográficas, como Modo-B, Doppler e elastografia de deformação. Essas ferramentas destacam-se pelo baixo grau de invasividade e rapidez diagnóstica, sendo a ultrassonografia em modo B e associada ao Doppler, amplamente utilizada na rotina clínica veterinária. No entanto, a aplicação da elastografia, apesar de promissora, ainda é menos frequente nesse cenário devido a fatores como disponibilidade de equipamentos e familiaridade técnica (Kelahan et al., 2019; McDonald; Watchorn; Hutchings, 2024).

Pesquisas utilizando dopplerfluxometria mostraram que, em pacientes humanos com LRA induzida por sepse, o índice de resistividade (IR) renal, medida da resistência ao fluxo sanguíneo nas artérias renais, estava elevado em comparação a indivíduos sem LRA, sugerindo que essa técnica pode ser útil para investigar alterações no fluxo sanguíneo renal

em casos agudos (Liu et al., 2023). Em cães submetidos à hemodiálise devido à LRA, alterações ultrassonográficas, como ecogenicidade e tamanho renal, foram consideradas inespecíficas (Mannucci et al., 2019). Evidencia-se, portanto, que, na medicina veterinária, os estudos que utilizam a ultrassonografia Modo B e Doppler para o diagnóstico precoce são incipientes e, em sua maioria, avaliaram animais em estádios avançados da doença, nos quais já era necessária a adoção de terapias de substituição renal.

Dentre as modalidades de elastografia, destacam-se pesquisas envolvendo a elastografia por ondas de cisalhamento (*Shear Wave*), onde através da quantificação da rigidez tecidual, foi possível distinguir pacientes com LRA e sem LRA (Qiang et al., 2024). Já a elastografia de compressão baseia-se na mensuração qualitativa da elasticidade dos tecidos em resposta à compressão mecânica aplicada pelo transdutor. Estudo utilizando essa técnica demonstrou correlação entre menor elasticidade renal e graus mais avançados de fibrose em humanos e cães com doença renal crônica (DRC), contudo, sua aplicabilidade no diagnóstico de LRA permanece pouco explorada (Okda et al., 2024; Thanaboonipat et al., 2020).

Diante das informações apresentadas, o presente estudo teve como objetivo avaliar a aplicabilidade do exame de ultrassonografia modo B, Doppler e elastografia de deformação para diagnóstico precoce da LRA em cadelas com piometra através da comparação dos resultados fornecidos pelos exames ultrassonográficos às alterações histopatológicas renais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Piometra

A piometra é uma desordem uterina frequente em cadelas não castradas, que ocorre mais comumente no período do diestro, e apresenta envolvimento hormonal e bacteriano como fatores fundamentais no seu desenvolvimento (Hagman, 2022). É caracterizada pelo acúmulo de exsudato inflamatório no lúmen uterino, em que o principal agente bacteriano envolvido é a *Escherichia coli* (Sanholm; Vasenius; Kivisto, 1975).

Os principais sinais clínicos envolvem poliúria, polidipsia, anorexia, vômito e presença de secreção vulvar mucopurulenta e/ou serossanguinolenta nos casos de cérvix aberta e ausência de secreção quando fechada (Hagman, 2022). A afecção pode evoluir para um quadro séptico, que pode contribuir de maneira importante com a ocorrência de lesão renal aguda (LRA) nesses pacientes (Gasser et al., 2020).

2.2 Seps e Lesão Renal Aguda

De acordo com o consenso Sepsis-3, seps pode ser definida como uma disfunção orgânica potencialmente fatal, resultante de uma resposta desregulada do hospedeiro frente a uma infecção (Singer et al., 2016). Essa condição pode estar associada à síndrome da resposta inflamatória sistêmica (SIRS), que é uma resposta inflamatória generalizada do corpo e pode ocorrer na presença ou ausência de agente infeccioso (Spillane et al., 2023). Na veterinária, a SIRS é frequentemente usada para identificar pacientes com suspeita de seps, e são utilizados critérios adaptados da medicina relacionados às alterações na temperatura (T) corporal, frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e contagem de leucócitos. Contudo, a ausência de um consenso claro sobre a definição de seps na medicina veterinária compromete a uniformidade diagnóstica e dificulta a comparabilidade entre estudos clínicos e de pesquisa (Cortellini et al., 2024). Assim, indivíduos são considerados sépticos quando apresentam duas ou mais alterações clínicas, descritas na Tabela 1, associadas à forte suspeita ou foco infeccioso constatado.

A LRA é definida como uma diminuição abrupta da função renal resultante de causas pré, renais ou pós-renais (Ross, 2011). Tanto na medicina quanto na veterinária, são utilizados valores de creatinina sérica e produção de urina para definir um paciente com LRA (IRIS, 2016; KDIGO, 2012). Embora a LRA e a seps possam ocorrer de forma independente, quadros sépticos frequentemente desencadeiam a LRA, e diversas teorias tentam esclarecer esse mecanismo multifatorial. Entre os processos envolvidos estão as alterações no fluxo

microcirculatório causadas por danos endoteliais, a redução do fluxo sanguíneo renal, que leva à morte das células epiteliais tubulares e à necrose tubular aguda, além de uma resposta inflamatória desregulada caracterizada pela liberação excessiva de citocinas pró-inflamatórias, culminando em estresse oxidativo (Peerapornratana et al., 2019). Na medicina, todos os pacientes com sepse devem ser considerados em alto risco de desenvolver LRA, por isso, os valores de creatinina e o débito urinário são avaliados e o paciente estadiado seguindo as diretrizes (KDIGO, 2012). Na veterinária, seguindo as diretrizes do consenso para diagnóstico e manejo de cães e gatos com LRA, pacientes com sepse devem ser rigorosamente monitorados devido ao alto risco de desenvolver LRA (Segev et al., 2024).

Tabela 1. Critério para o diagnóstico de Síndrome da Resposta Inflamatória Sistêmica (SIRS) para cães.

PARÂMETRO	REFERÊNCIA DIAGNÓSTICA
Frequência cardíaca	>120 bpm
Frequência respiratória	>20 mrpm
Temperatura Corporal	< 38,1°C ou > 39,2°C
Leucócitos	< 6.000/ μ L ou >16.000/ μ L
Bastões	$\geq 3\%$

Fonte: Adaptado de Laforcade et al. (2003)

2.3 Técnicas de ultrassonografia na nefropatia: Modo-B e Doppler

A ultrassonografia modo B possibilita, de maneira não invasiva, a obtenção de informações anatômicas renais relacionadas à dimensão, arquitetura, contorno e topografia. Segundo as diretrizes do consenso *International Renal Interest Society* (IRIS) para o manejo de lesão renal aguda em cães e gatos, essa modalidade deve ser utilizada nos casos de LRA para auxiliar a identificação do agente indutor, como obstrução ureteral ou intoxicação por etilenoglicol (Segev et al., 2024).

A ecogenicidade do órgão é avaliada através da comparação com baço e fígado, podendo ser classificada em levemente hipoeicoica ou isoecoica em relação ao fígado e hipoeicoica em relação ao baço, sendo que a região cortical se apresenta hiperecogênica em relação a medular (Bragato; Borges; Fioravanti, 2017). Estudo de Moghazi et al. (2005) comparou parâmetros ultrassonográficos com achados de biópsia renal, observando que o aumento da ecogenicidade cortical esteve relacionada a atrofia tubular e inflamação intersticial. De maneira adicional,

pesquisa realizada com cães, em que alterações ultrassonográficas como a perda da definição cortico-medular, aumento da ecogenicidade cortical e alteração na forma renal, foram significativamente associadas a achados histopatológicos de degeneração renal, incluindo glomerulosclerose, necrose tubular e fibrose (Burti et al., 2020).

A relação entre o comprimento renal e o diâmetro da aorta é atualmente utilizada para avaliar o tamanho dos rins em cães (Nyland; Widmer; Mattoon, 2015). Observou-se, em estudo realizado por Gasser et al. (2020), que em cadelas naturalmente acometidas por piometra com LRA essa relação, quando superior a 5,93 e medida por ultrassonografia em modo B, apresentou correlação positiva com a presença de LRA, alcançando uma acurácia de 80%. Esse achado também foi associado a alterações histológicas compatíveis com degeneração tubular renal, necrose tubular aguda e glomerulonefrite membranosa nesse mesmo estudo.

O Doppler possibilita a avaliação da dinâmica vascular renal e fornece valores de velocidade sistólica (VS), velocidade diastólica (VD) e índice hemodinâmico de resistividade (IR) e pulsatividade (IP) (Bragato; Borges; Fioravanti, 2017). Sendo que o IR, medido para estimar a resistência do fluxo sanguíneo no vaso, é a razão entre a VS e a VD. Na medicina humana, estudos em pacientes com LRA decorrente de sepse, mostraram que IR e IP aumentaram significamente (Liu et al., 2023). Na veterinária, estudos estabeleceram o limite superior de 0,7 para o IR em cães não sedados (Novellas; Espada; de Gopegui, 2007). Morrow et al. (1996), verificaram que cães diagnosticados com LRA, DRC, e outros diagnósticos, foi encontrada uma relação significativa entre o IR e LRA, onde todos os rins com valores de IR >0,70 apresentavam nefrite intersticial e degeneração tubular.

2.4 Técnicas de ultrassonografia na nefropatia: Elastografia de deformação

A elastografia é uma ferramenta inovadora utilizada para analisar a elasticidade dos tecidos, baseada no princípio de que o tecido tem a capacidade de resistir à deformação quando submetido a uma força e retornar à sua forma original após a remoção dessa força. Dentre as técnicas elastográficas destacam-se a elastografia de deformação, ARFI (acoustic radiation force impulse) e elastografia por ondas de cisalhamento (Shear Wave) (Oglat; Abukhalil, 2024). A utilização dessas técnicas tem se mostrado úteis ao avaliar a rigidez do parênquima renal em pacientes com doença renal crônica (DRC) e no acompanhamento pós transplante renal, por serem consideradas modalidades diagnosticas de baixa invasividade comparadas à biópsia tecidual (Menzilcoiglu et al., 2015; Qi; Yang; Zhu, 2020).

A elastografia de deformação é uma técnica com o princípio básico de avaliar a elasticidade tecidual por meio da aplicação de compressão e descompressão manual do transdutor sobre a área de interesse (Dietrich et al., 2017). A quantidade adequada de força aplicada é visualizada na tela do aparelho de ultrassonografia. Essa técnica baseia-se no princípio de que tecidos mais rígidos apresentam menor deformação em comparação com tecidos mais macios quando submetidos à mesma força de compressão (Sigrist et al., 2017). Assim, é gerado um elastograma, onde a partir das cores geradas é possível avaliar de maneira qualitativa a rigidez tecidual. A escala pode ser definida como a predominância de cores azuis indicando tecidos com maior rigidez, verde indica rigidez intermediária e vermelho indicativo de menor rigidez, denotando-se um tecido macio, ou o inverso, a depender do usuário e aparelho (Itoh et al., 2006). Com base na pesquisa conduzida por Okda et al. (2024) em pacientes humanos que tinham indicação para realização de biópsia renal, essa técnica apresentou alta sensibilidade (83,3%) e especificidade (93,8%) na detecção de fibrose moderada a severa.

Na veterinária, pesquisas com essa modalidade elastográfica concentram-se na avaliação de órgãos de cães e gatos com função renal normal e na detecção de neoplasias (White et al., 2013; Holdsworth et al., 2014; Massimini et al., 2022). Além disso, em humanos, essa técnica também demonstrou eficácia na avaliação de fibrose hepática e nódulos tireoidianos com o intuito de prover técnicas menos invasivas de diagnóstico (Tajiri; Kawai; Sugiyama, 2016; Okasha et al., 2020). No entanto, pesquisas com a aplicabilidade da técnica de elastografia por deformação na identificação da LRA, tanto em humanos quanto em modelos animais ainda carece de maiores pesquisas (Lin et al., 2017; Katagiri et al., 2021).

3 HIPÓTESES

A realização do exame ultrassonográfico modo B associado ao uso do Doppler e elastografia de deformação pode ser indicador preditivo de LRA;

Os valores de rigidez renal avaliados por elastografia de deformação são compatíveis com lesão renal aguda quando comparados com as alterações bioquímicas séricas e histopatologia renal.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicabilidade do exame de ultrassonografia modo B, Doppler e elastografia de deformação como ferramentas complementares para o diagnóstico precoce de LRA em cadelas com piometra.

4.2 Objetivos específicos

Relacionar os achados ultrassonográficos e hematológicos aos grupos histopatológicos com alterações discretas e severas.

Verificar a aplicabilidade dos métodos ultrassonográficos para diagnosticar lesão renal aguda usando a histopatologia de material proveniente de biópsia renal como padrão ouro de diagnóstico.

5 REFERÊNCIAS

BRAGATO, N.; BORGES, N. C.; FIORAVANTI, M. C. S. B-mode and Doppler ultrasound of chronic kidney disease in dogs and cats. **Veterinary Research Communications**, v. 41, n. 4, p. 307–315, 21 jun. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11259-017-9694-9>

BURTI, S. et al. Correlation between renal histopathology and renal ultrasound in dogs. **Research in Veterinary Science**, v. 129, p. 59–65, 1 abr. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.01.003>

CORTELLINI, S. et al. Defining sepsis in small animals. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, 13 fev. 2024. <https://doi.org/10.1111/vec.13359>

DIETRICH, C. et al. Strain Elastography - How To Do It? **Ultrasound International Open**, v. 03, n. 04, p. E137–E149, set. 2017. <https://doi.org/10.1055/s-0043-119412>

GASSER, B. et al. Clinical and ultrasound variables for early diagnosis of septic acute kidney injury in bitches with pyometra. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2 jun. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65902-4>

HAGMAN, R. Pyometra in Small Animals 2.0. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 52, n. 3, p. 631–657, maio 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2022.01.004>

HOLDSWORTH, A. et al. Elastography of the normal canine liver, spleen and kidneys. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 55, n. 6, p. 620–627, 20 maio 2014. <https://doi.org/10.1111/vru.12169>

HOSTE, E. A. J. et al. Global epidemiology and outcomes of acute kidney injury. **Nature Reviews Nephrology**, v. 14, n. 10, p. 607–625, 22 ago. 2018. <https://doi.org/10.1038/s41581-018-0052-0>

IRIS – International Renal Interest Society. IRIS Grading of Acute Kidney Injury (AKI) 2016. Disponível em: <http://www.iris-kidney.com/guidelines/grading.html>. Acesso em: 07 nov. 2024.

ITOH, A. et al. Breast Disease: Clinical Application of US Elastography for Diagnosis. **Radiology**, v. 239, n. 2, p. 341–350, maio 2006. <https://doi.org/10.1148/radiol.2391041676>

KATAGIRI, D. et al. Clinical and experimental approaches for imaging of acute kidney injury. **Clinical and Experimental Nephrology**, v. 25, n. 7, p. 685–699, 1 jul. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10157-021-02055-2>

KIDNEY DISEASE: IMPROVING GLOBAL OUTCOMES (KDIGO). Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. **Kidney International Supplements**, v. 2, n. 1, p. 1–138, 2012. <https://doi.org/10.1159/000339789>

KELAHAN, L. C. et al. Ultrasound Assessment of Acute Kidney Injury. **Ultrasound Quarterly**, v. 35, n. 2, p. 173–180, jun. 2019. <https://doi.org/10.1097/RUQ.0000000000000389>

LAFORCADE, A. M. et al. Hemostatic changes in dogs with naturally occurring sepsis. **Journal of veterinary internal medicine**, v. 17, n. 5, p. 674–9, 2003. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2003.tb02499.x>

LIN, H. Y.-H. et al. Association of Renal Elasticity and Renal Function Progression in Patients with Chronic Kidney Disease Evaluated by Real-Time Ultrasound Elastography. **Scientific Reports**, v. 7, p. 43303, 27 fev. 2017. <https://doi.org/10.1038/srep43303>

LIU, P. et al. The clinical application of ultrasound for acute kidney injury during sepsis-from macroscopic to microscopic renal perfusion perspectives. **Ultrasound in medicine & biology**, v. 49, n. 9, p. 2017–2024, 1 set. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2023.05.006>

MANNUCCI, T. et al. Contrast enhancement ultrasound of renal perfusion in dogs with acute kidney injury. **Journal of Small Animal Practice**, v. 60, n. 8, p. 471–476, 22 abr. 2019. <https://doi.org/10.1111/jsap.13001>

MASSIMINI, M. et al. Strain and Shear-Wave Elastography and Their Relationship to Histopathological Features of Canine Mammary Nodular Lesions. **Veterinary Sciences**, v. 9, n. 9, p. 506–506, 15 set. 2022. <https://doi.org/10.3390/vetsci9090506>

MCDONALD, R.; WATCHORN, J.; HUTCHINGS, S. New ultrasound techniques for acute kidney injury diagnostics. **Current Opinion in Critical Care**, v. 30, n. 6, p. 571–576, 26 set. 2024. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001216>

MENZILCIOGLU, M. S. et al. Strain wave elastography for evaluation of renal parenchyma in chronic kidney disease. **The British Journal of Radiology**, v. 88, n. 1050, p. 20140714, jun. 2015. <https://doi.org/10.1259/bjr.20140714>

MOGHAZI, S. et al. Correlation of renal histopathology with sonographic findings. **Kidney International**, v. 67, n. 4, p. 1515–1520, abr. 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1755.2005.00230.x>

MORROW, K. L. et al. Comparison of the resistive index to clinical parameters in dogs with renal disease. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 37, n. 3, p. 193–199, 1 maio 1996. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1996.tb01220.x>

NOVELLAS, R.; ESPADA, Y.; DE GOPEGUI, R. R. Doppler ultrasonographic estimation of renal and ocular resistive and pulsatility indices in normal dogs and cats. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 48, n. 1, p. 69–73, jan. 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2007.00206.x>

NYLAND, T.; WIDMER, W.; MATTOON, J. S. Urinary Tract. In: NYLAND, T.; MATTOON, J. S. **Small Animal Diagnostic Ultrasound**. 3. ed. St. Louis: Elsevier, 2015. p. 557–607.

OGLAT, A. A.; ABUKHALIL, T. Ultrasound Elastography: Methods, Clinical Applications, and Limitations: A Review Article. **Applied sciences**, v. 14, n. 10, p. 4308–4308, 19 maio 2024. <https://doi.org/10.3390/app14104308>

OKASHA, H. H. et al. Role of elastography strain ratio and TIRADS score in predicting malignant thyroid nodule. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, 24 ago. 2020. <https://doi.org/10.20945/2359-3997000000283>

OKDA, H. I. et al. The Role of Strain Wave Elastography in The Evaluation of Renal Fibrosis in Patients with Kidney Diseases. **Nefrología**, out. 2024.

<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2024.10.007>

PEERAPORN RATANA, S. et al. Acute Kidney Injury from sepsis: Current concepts, epidemiology, pathophysiology, Prevention and Treatment. **Kidney International**, v. 96, n. 5, p. 1083–1099, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2019.05.026>

QI, R.; YANG, C.; ZHU, T. Advances of Contrast-Enhanced Ultrasonography and Elastography in Kidney Transplantation: From Microscopic to Microcosmic. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 47, n. 2, p. 177–184, 1 nov. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.025>

QIANG, B. et al. Shear wave elastography: A noninvasive approach for assessing acute kidney injury in critically ill patients. **PLoS ONE**, v. 19, n. 1, p. e0296411–e0296411, 11 jan. 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296411>

ROSS, L. Acute Kidney Injury in Dogs and Cats. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v. 41, n. 1, p. 1–14, 1 jan. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.09.003>

SANDHOLM, M.; VASENIUS, H.; KIVISTO, A.K. Pathogenesis of canine pyometra. **J Am Vet Med Assoc**, 167:1006–10, 1975.

SARGENT, H. J.; ELLIOTT, J.; JEPSON, R. E. The new age of renal biomarkers: does SDMA solve all of our problems? **Journal of Small Animal Practice**, v. 62, n. 2, 13 nov. 2020. <https://doi.org/10.1111/jsap.13236>

SEGEV, G. et al. International Renal Interest Society best practice consensus guidelines for the diagnosis and management of acute kidney injury in cats and dogs. **The Veterinary Journal**, v. 305, p. 106068–106068, 1 fev. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2024.106068>

SIGRIST, R. M. S. et al. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. **Theranostics**, v. 7, n. 5, p. 1303–1329, 2017. <https://doi.org/10.7150/thno.18650>

SINGER, M. et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3). **JAMA**, v. 315, n. 8, p. 801–810, 23 fev. 2016. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0287>

SNIPES, M. M. et al. Acute kidney injury is common in dogs with septic peritonitis and is associated with increased mortality. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 261, n. 11, p. 1–10, 1 nov. 2023. <https://doi.org/10.2460/javma.23.04.0184>

SPELLANE, A. M. et al. Evaluating the clinical utility of the systemic inflammatory response syndrome criteria in dogs and cats presenting to an emergency department. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 33, n. 3, p. 315–326, 22 abr. 2023. <https://doi.org/10.1111/vec.13293>

TAJIRI, K.; KAWAI, K.; SUGIYAMA, T. Strain elastography for assessment of liver fibrosis and prognosis in patients with chronic liver diseases. **Journal of Gastroenterology**, v. 52, n. 6, p. 724–733, 27 out. 2016. <https://doi.org/10.1007/s00535-016-1277-y>

THANABOONNIPAT, C. et al. Renal ultrasonographic strain elastography and symmetric dimethylarginine (SDMA) in canine and feline chronic kidney disease. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 82, n. 8, p. 1104–1112, 2020. <https://doi.org/10.1292/jvms.19-0496>

THOEN, M. E.; KERL, M. E. Characterization of acute kidney injury in hospitalized dogs

and evaluation of a veterinary acute kidney injury staging system. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, p. n/a-n/a, nov. 2011.
<https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2011.00689.x>

WEN, Y.; PARIKH, C. R. Current concepts and advances in biomarkers of acute kidney injury. **Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences**, v. 58, n. 5, p. 354–368, 8 fev. 2021. <https://doi.org/10.1080/10408363.2021.1879000>

WHITE, J. et al. Ultrasound elastography of the liver, spleen, and kidneys in clinically normal cats. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 55, n. 4, p. 428–434, 20 dez. 2013.
<https://doi.org/10.1111/vru.12130>

YOON, S.-Y. et al. Acute Kidney Injury: Biomarker-Guided Diagnosis and Management. **Medicina**, v. 58, n. 3, p. 340, 23 fev. 2022.
<https://doi.org/10.3390/medicina58030340>

6 CAPÍTULO 2 – PIOMETRA E SEPSE EM CADELAS: ALTERAÇÕES ELASTOGRÁFICAS NA DUREZA DO TECIDO RENAL

Resumo

A lesão renal aguda (LRA) é uma complicação comum em pacientes sépticos, incluindo cadelas com piometra, condição frequentemente associada à sepse. Este estudo avaliou a aplicabilidade da ultrassonografia modo B, Doppler e elastografia de deformação para o diagnóstico precoce de lesão renal aguda (LRA) em 20 cadelas diagnosticadas com piometra e sépticas, submetidas a exames ultrassonográficos, laboratoriais e histopatológicos, sendo o último considerado o padrão-ouro para classificação das lesões renais. A ultrassonografia modo B foi utilizada para avaliar ecotextura, ecogenicidade, relação corticomedular, relação comprimento renal/diâmetro da aorta e superfície renal. O Doppler forneceu parâmetros de integridade vascular e índice de resistividade, enquanto a elastografia avaliou rigidez tecidual. Todos os animais com piometra apresentaram algum grau de lesão renal na histopatologia. Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas para elastografia (p valor=0,018) entre os grupos com lesões histopatológicas discretas e severas, sendo que houve predomínio entre os grupos da cor verde, indicando elasticidade intermediária entre eles. A elastografia de deformação pode ser uma ferramenta de imagem promissora ao avaliar precocemente a lesão renal aguda.

Palavras-chave: elastografia; lesão renal aguda; piometra

Introdução

A lesão renal aguda (LRA), caracterizada pela diminuição da taxa de filtração glomerular (TFG), está frequentemente associada a uma variedade de fatores e comorbidades, como nefrotoxinas, doença renal crônica (DRC) pré-existente, doenças cardiovasculares e, especialmente, sepse, que comprometem a perfusão e a função renal (Rimer et al., 2022).

A patogênese da LRA resultante de sepse, embora ainda não totalmente compreendida, envolve uma série de alterações na perfusão sanguínea renal, inflamação desregulada, ativação do sistema imunológico inato, disfunção mitocondrial e morte celular programada (Zarbock et al., 2023). Em estádios avançados, a sepse pode levar à imunossupressão e exaustão das células T (Kuwabara; Goggins; Okusa, 2022). Em cadelas, a sepse está frequentemente relacionada à piometra, uma infecção bacteriana uterina que causa graus variados de lesão glomerular e tubular (Gasser et al., 2020).

De acordo com as diretrizes da International Renal Interest Society (IRIS) para o manejo da LRA em cães e gatos, a avaliação deve ser fundamentada na combinação do histórico do paciente, achados clínicos e exames laboratoriais, com ênfase nos níveis de creatinina sérica e na produção urinária. Contudo, os biomarcadores convencionais apresentam limitações em relação à sensibilidade para a identificação precoce da LRA (Segev et al., 2024). Nesse contexto, a detecção antecipada de pacientes sépticos com LRA, tanto em humanos quanto em animais, é crucial, uma vez que possui um potencial significativo para reduzir as taxas de mortalidade nas unidades de terapia intensiva (Bellomo et al., 2017).

Em cães, ferramentas ultrassonográficas de baixa invasividade, como Modo-B e Doppler, são amplamente empregadas na rotina clínica por fornecerem informações detalhadas sobre a morfologia renal e a integridade vascular. Além disso, técnicas avançadas de elastografia, que exploram as propriedades elásticas teciduais, como Compressão/Deformação, Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) e Shear Wave Elastography (SWE), têm se consolidado como métodos auxiliares e de diagnóstico de câncer de próstata, tireoide e mama em humanos (Gandhi et al., 2018; Layek et al., 2022; Patel et al., 2022). Essas técnicas também foram empregadas no diagnóstico de doenças hepáticas e renais crônicas em cães (Tamura et al., 2019). De maneira mais recente, estudos na medicina humana evidenciaram também sua utilidade no diagnóstico de LRA em pacientes críticos, destacando o impacto da rigidez tecidual em regiões específicas dos rins (Qiang et al., 2024). Na veterinária, a elastografia por onda de cisalhamento (Shear Wave) foi considerada útil na identificação de alterações no parênquima renal na LRA azotêmica (Puccinelli et al. 2023), porém nenhum estudo comparou os achados com a histopatologia renal em animais não azotêmicos. Ainda, nesse mesmo trabalho não foi possível diferenciar, por meio da técnica elastográfica, animais com doença renal crônica (DRC), LRA e processos de agudização da DRC (Puccinelli et al. 2023).

O presente estudo teve como objetivo investigar a aplicabilidade da ultrassonografia

modo B, Doppler e elastografia por deformação na detecção precoce de LRA em cadelas com piometra como modelo de sepse, correlacionando os achados ultrassonográficos com os resultados de exames hematológicos, bioquímicos séricos e histopatológicos renais, considerado o padrão ouro de diagnóstico.

Materiais e métodos

Este estudo foi conduzido sob aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), protocolo nº 23117.082171/2022-5, seguindo as normas éticas. O experimento foi conduzido no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia.

Animais

Durante o período experimental (janeiro a agosto de 2024) foram selecionadas 20 cadelas, em idade fértil, de raças variadas, com diagnóstico clínico e ultrassonográfico de piometra. O histórico e sinais clínicos incluíram secreção vaginal mucopurulenta ou serossanguinolenta, dor abdominal, prostração, poliúria e polidipsia, êmese e anorexia; além de cio recente e administração de progestágenos exógenos.

Os casos foram confirmados através de exame ultrassonográfico que evidenciou aumento de cornos uterinos com presença de conteúdo hipo a hiperecoico. Os animais foram avaliados segundo o escore de síndrome da resposta inflamatória sistêmica (SIRS) (Laforcade et al., 2003) que associa o foco infeccioso aos seguintes parâmetros clínicos: frequência respiratória acima de 20 mrpm; frequência cardíaca abaixo de 38,1 ou acima de 39,2°C; frequência cardíaca acima de 120 bpm; leucócitos abaixo de 6.000 / μ L ou acima de 16.000/ μ L e/ou 3% ou mais de bastões.

Foram excluídas do experimento todas as cadelas que apresentavam sinais clínicos e físicos de qualquer outra doença, incluindo neoplasias, doenças crônicas e/ou endocrinopatias. Os tutores receberam um termo de consentimento livre e esclarecido e após assinatura o animal era incluído no projeto.

Exames ultrassonográficos

Todos os animais foram submetidos à tricotomia na região abdominal e foram posicionados em decúbito dorsal para a realização dos exames ultrassonográficos. Os procedimentos foram conduzidos por um ultrassonografista experiente cerca de 2 horas antes da cirurgia de ovariectomia (OH) terapêutica, utilizando o aparelho de ultrassom GE LOGIQ F6, equipado com um transdutor linear matricial multifrequencial de 7,75 MHz e um transdutor microconvexo de 6,5 MHz.

Após confirmação de piometra através da avaliação do trato reprodutivo, o ultrassonografista prosseguia com avaliação dos rins através dos métodos de ultrassonografia modo-B, Doppler e elastografia.

Ultrassonografia Modo-B

Os rins foram avaliados seguindo os critérios de ecotextura, ecogenicidade, relação cortico-medular e relação comprimento renal/diâmetro da aorta, tendo os seguintes escores atribuídos: ecotextura (escore 1: homogêneo ou escore 2: heterogêneo); ecogenicidade em relação ao baço ou fígado (escore 1: isoecoico (igual) , escore 2: hiperecoico (> baço ou fígado) ou escore 3: hipoecoico (< baço ou fígado); relação cortico medular (escore 1: preservada ou escore 2: alterada); relação comprimento renal/ diâmetro da aorta (escore 1: preservado (5,5-9,1 cm), escore 2: aumentado (>9,1) ou escore 3 reduzido (<5,5) e tamanho renal do rim direito e rim esquerdo (cm).

Doppler

A análise Doppler foi realizada após a identificação da artéria renal com o uso do Doppler colorido. Em seguida, o modo Doppler pulsado foi ativado, garantindo que o ângulo entre o feixe de Doppler e o eixo longitudinal do vaso permanecesse inferior a 60°. Posteriormente, o percurso do fluxo espectral foi analisado e registrado até que fossem obtidas ondas de qualidade, com o mínimo possível de artefatos. Os parâmetros investigados foram a velocidade sistólica (SV em cm/s); velocidade diastólica (DV em cm/s) e índice de resistividade ($RI = (V_{max} \text{ em cm/s} - V_{min} \text{ em cm/s}) / (V_{max} \text{ em cm/s})$) em que foi considerado o escore 1 para regular (índices menor ou igual a 0,7) e 2 para aumentado (índice maior que 0,7).

Elastografia de deformação

A elastografia de deformação foi realizada nos animais do experimento por meio da compressão manual aplicada pelo médico veterinário ultrassonografista com o transdutor na superfície corporal, próxima à área renal esquerda. Através do gráfico de força gerado na tela do ultrassom foi possível calibrar a compressão até o nível ideal fornecido pelo aparelho. Através do elastograma gerado na tela do ultrassom foi possível delimitar a área de interesse, que deveria compreender o córtex e medula do rim esquerdo.

Posteriormente, a imagem captada foi analisada através do programa computacional Image J (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EUA), versão 1.54k, que permitiu através da área de interesse delimitada, obter um histograma do mapa de cores presente, o que possibilitou realizar uma análise quantitativa dos pixels na imagem. O programa analisou a quantidade de cores vermelha, verde e azul e forneceu valores da média e desvio padrão. A predominância de cores vermelhas indica que o tecido é macio (menos rígido) e por consequência, sofre maior deformação. A predominância de cor verde indica rigidez intermediária e a predominância de cor azul indica que o tecido é mais rígido e por consequência não sofre deformação.

Dosagens hematológicas, bioquímicas séricas, urinálise e hemogasométricas

Amostras de sangue foram coletadas por meio de punção venosa periférica e imediatamente encaminhadas para análise no Laboratório Clínico Veterinário (LCVET) localizado nas dependências do Hospital Veterinário da UFU, onde as amostras eram processadas.

As análises hematológicas foram realizadas através de analisador hematológico automático (URIT-3000Plus®, China, República Popular) e posteriormente conferidas em esfregaço sanguíneo através de microscópio convencional (Nikon®) por um patologista experiente. As análises bioquímicas (creatinina (mg/dL), ureia (mg/dL), proteína total (g/dL), albumina (g/dL), fósforo (mg/dL), alanina aminotransferase (ALT, U/L), fosfatase alcalina (FA, U/L), bilirrubina total (BT, mg/dL), foram realizadas através de analisador automático (Labmax plenno®, LabTest, Brasil) utilizando kits comerciais deste equipamento, conforme as orientações do fabricante. A dosagem de SDMA foi realizada através da utilização de reagente específico IDEXX seguindo as recomendações do fabricante em máquina (IDEXX Catalyst one®). Após as análises, o sobrenadante do soro foi armazenado à -20°C em crio tubos.

Para obtenção dos parâmetros hemogasométricos, foi realizada a punção venosa periférica utilizando seringas descartáveis específicas para gasometria de 1 mL (Monovette, Sarstedt, Alemanha) e o sangue foi imediatamente processado em analisador automático de gases (Stat Profile Prime).

As amostras de urina foram coletadas através de cistocentese guiada por ultrassom e analisadas quanto à densidade urinaria através de refratômetro e a razão proteína creatinina urinária (RPC) através de analisador automático (Labmax plenno, LabTest, Brasil). Após as análises, o sobrenadante da urina foi armazenado à -20°C em crio tubos.

Biópsia renal e avaliação histopatológica

Os animais foram submetidos à biópsia renal transcirúrgica, após a realização da ovariectomia (OH) terapêutica. Assim, o rim esquerdo foi tracionado, posicionado e a biópsia foi realizada com agulha tipo Tru-cut de 16Gx150mm (TradeVet). Após a coleta do fragmento, o local foi comprimido com auxílio de uma gaze durante 3-5 minutos. A monitorização de possíveis complicações do procedimento da biópsia foi realizada através de avaliação da coloração da urina e acompanhamento ultrassonográfico.

O tecido coletado foi enviado em formal a 10% para processamento histológico onde foram utilizados os corantes próprios para avaliação renal: hematoxilina e eosina (HE), ácido periódico de Schiff (PAS), Jones metenamina prata (JMS) e tricrômio de Masson (TRI). O material obtido através da biópsia foi avaliado segundo o consenso do WSAVA-RSSG (Cianciolo et al., 2016) por um patologista experiente e sem conhecimento prévio das condições clínicas do animal.

Foram avaliados os compartimentos glomerulares, tubulares e interstício. A gravidade das lesões em cada compartimento, incluindo as alterações individuais e seu grau de distribuição, foi analisada seguindo os escores propostos pela Iniciativa de Patologia Renal da Associação Mundial de Veterinários de Pequenos Animais (WSAVA-RSSG) (Cianciolo et al., 2016), conforme descrito na Tabela 1. Foram analisados cortes com no mínimo 3 glomérulos.

Tabela 1. Classificação histopatológica de lesões renais por compartimentos estruturais e grau de envolvimento.

INTERSTÍCIO	TÚBULOS	GLOMÉRULOS
• Inflamação • Fibrose	• Necrose • Atrofia • Cilindros Hialinos	• Esclerose
Escore		Escore
0: ausente		0 :Ausente
1: leve		1:Envolvimento <25%
2: moderada		2 :Envolvimento de 25 – 50%
3: severa		3 :Envolvimento de 51 – 75%
		4 :Envolvimento >75%
	Escore	
	0: ausente	• Espessamento da Membrana Basal (BEM)
	1: rara	
	2: leve	Escore
	3: moderada	0: ausente
	4: severa	1: leve
		2: moderada
		3: severa

Fonte: Adaptado de Cianciolo, R. E., Mohr, F. C., Aresu, L., et al. World Small Animal Veterinary Association Renal Pathology Initiative: Classification of Glomerular Diseases in Dogs. Veterinary Pathology, 2016.

Grupo experimental proposto

Após a somatória dos escores atribuídos a cada lesão, os autores dividiram os animais em grupos relacionados à severidade das lesões em: Grupo Discreto (D): animais com somatória da pontuação igual ou inferior a 2 e Grupo Severo (S): animais com somatória da pontuação das lesões igual ou maior que 3.

Análises estatísticas

As variáveis qualitativas ecogenicidade, ecotextura, relação córtico-medular, relação

comprimento renal/diâmetro da aorta e escore do índice de resistividade foram analisadas por meio da estimativa da proporção amostral em porcentagem, com seus respectivos intervalos de confiança (IC) de 95%. O cálculo do IC utilizou a distribuição F, conforme descrito por Leemis e Trivedi (1996), sendo realizado no software SISVAR (Ferreira, 2011). Adicionalmente, foi aplicado o teste de independência (ou associação) Qui-Quadrado, baseado na amostragem de Monte Carlo, conforme descrito por Siegel e Castellan (1988). Resultados não significativos indicaram independência entre as variáveis e os grupos, sugerindo que as diferenças numéricas observadas ocorreram apenas pelo acaso.

Para as variáveis quantitativas, os pressupostos de normalidade, homogeneidade das variâncias e independência dos resíduos foram avaliados por meio dos testes de Shapiro-Wilk, Bartlett e Durbin-Watson, respectivamente. Quando esses pressupostos eram atendidos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para delineamento inteiramente ao acaso (DIC) com dois tratamentos (grupos D e S), considerando o número de animais como repetições. Os p-valores apresentados nas tabelas dos resultados referem-se ao teste F da ANOVA. Quando os pressupostos não eram atendidos, aplicaram-se testes não paramétricos e transformações dos valores, como o teste de Mann-Whitney, utilizando as medianas como medida de posição, e os p-valores foram obtidos com base nesse teste. Para as variáveis creatinina e razão proteína creatinina urinária (RPC) foram realizadas transformações logarítmicas e para as variáveis velocidade diastólica (VD), bilirrubina total, fosfatase alcalina, foi utilizada transformação raiz quadrada.

Para a variável média de pixels obtidas através da elastografia, foi utilizado um modelo DIC em esquema fatorial 2x3, considerando o grupo (D e S) como primeiro fator e as cores (verde, azul e vermelho) como segundo fator. Quando os pressupostos do modelo não eram atendidos, foi aplicado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis.

Resultados

Avaliação histopatológica

Os pacientes foram classificados em diferentes graus de severidade da LRA com base na soma das alterações histopatológicas observadas. As lesões foram avaliadas nos compartimentos glomerular, tubular e intersticial, considerando os escores atribuídos a cada tipo de alteração. Com base na pontuação total, os pacientes foram categorizados em dois grupos: discreto ($n = 8$) e severo ($n = 12$). A classificação detalhada dos resultados está apresentada na Tabela 2.

Lesões glomerulares incluíram esclerose glomerular, uma alteração menos frequente, observada em 3/12 (25%) animais do grupo severo enquanto nenhum caso foi observado nos animais do grupo discreto. Já o espessamento da membrana basal glomerular (EMB) foi identificado em 3/8 (37,5%) dos animais do grupo discreto e em 10/12 (83,3%) do grupo severo

(Figura 1).

No compartimento tubular, necrose e atrofia tubular foram observadas em iguais proporções 4/12 (33,33%) nos animais do grupo severo. No grupo discreto, necrose tubular foi identificada em 1/8 (12,5%) dos animais, enquanto atrofia tubular não foi observada. Cilindros hialinos foram ausentes nos animais do grupo discreto, mas prevalentes em 5/12 (41,66%) dos animais do grupo severo.

No compartimento intersticial, foi identificado infiltrado inflamatório em 10/12 animais (83,33%) do grupo severo e em 3/8 animais (37,5%) do grupo discreto. Todos os animais (100%) apresentaram infiltrado inflamatório linfoplasmocitário, com ou sem a presença de neutrófilos. Fibrose intersticial foi identificada em 6 dos 12 animais (50%) do grupo severo, dos quais 5 apresentaram fibrose de grau leve e 1 de grau severo. No grupo discreto, a fibrose intersticial de grau leve foi observada em 1 dos 8 animais (12,5%).

Tabela 2. Alterações renais histopatológicas por compartimento avaliadas em cadelas com piometra agrupadas de acordo com alterações severas (S) e discretas (D).

ANIMAL	GLOMÉRULOS		TÚBULOS			INTERSTÍCIO		PONTUAÇÃO	GRUPO
	ESC	EMB	NE	AT	CH	FI	INF		
1	0	2	0	0	0	0	0	2	D
3	0	0	0	0	0	0	0	0	D
6	0	0	0	0	0	0	0	0	D
9	0	0	0	0	0	1	1*	2	D
13	0	2	0	0	0	0	0	2	D
17	0	2	0	0	0	0	0	2	D
19	0	0	0	0	0	0	1*	1	D
20	0	0	1	0	0	0	1*	2	D
4	0	2	2	0	0	0	0	4	S
5	0	2	0	1	0	0	0	3	S
8	0	2	0	0	1	0	1*	4	S
18	0	2	0	0	0	0	2*	4	S
2	0	2	0	0	0	0	3*	5	S
7	2	3	0	0	0	1	1*	7	S
10	1	2	0	0	1	1	1*	6	S
11	2	2	1	2	1	3	1*	12	S
12	0	3	0	0	0	1	1*	5	S
14	0	2	1	0	1	1	3*	8	S
15	0	0	2	1	0	1	1*	5	S
16	0	0	0	1	2	0	2*	5	S

Legenda: ESC, esclerose; EMB, espessamento da membrana basal; NE, necrose; AT, atrofia;

CH, cilindros hialinos; FI, fibrose; INF, inflamação. *Indica presença de infiltrado inflamatório linfoplasmocitário com/sem neutrófilos.

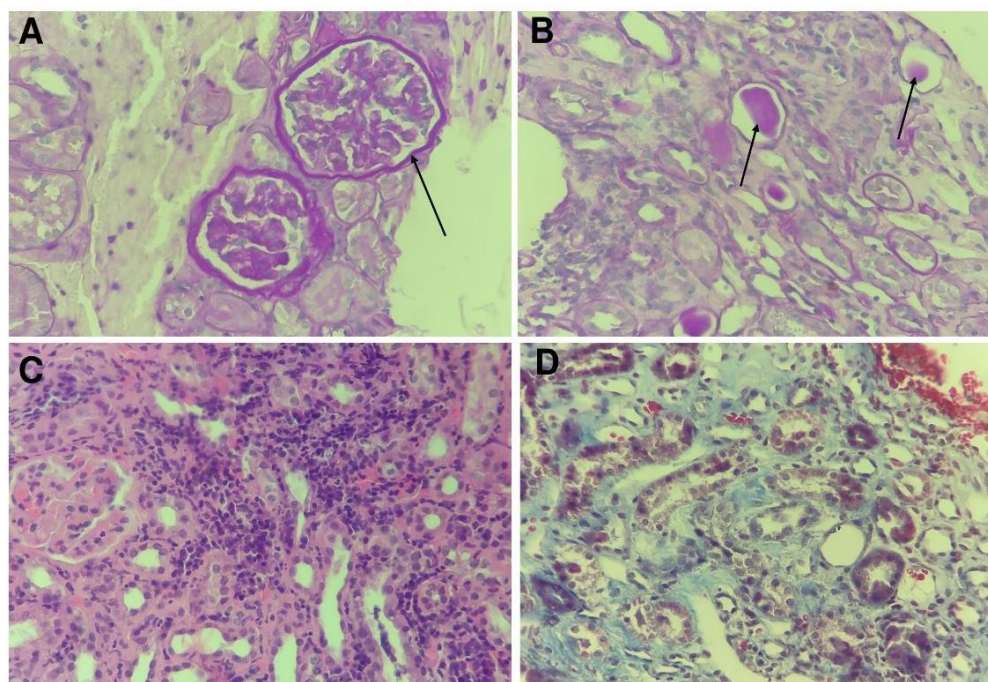


Figura 1. Fotomicrografia de rim de cão. A. Espessamento moderado da membrana basal glomerular e cápsula de Bowman (seta) Ácido periódico de Schiff (PAS); B. Atrofia tubular leve e lúmen tubular preenchido por cilindros hialinos (setas) (PAS); C. Infiltrado inflamatório linfoplasmocitário com neutrófilos (HE); D. Atrofia tubular e fibrose intersticial moderada (TRI).

Parâmetros relacionados à SEPSE/SIRS

Todos os animais incluídos no experimento atenderam a pelo menos dois critérios diagnósticos e foram classificados como positivos para SIRS. Os parâmetros clínicos e hematológicos avaliados, incluindo frequência cardíaca (bpm), frequência respiratória (mrpm), contagem de leucócitos e bastonetes, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Os resultados detalhados dos parâmetros clínicos e hematológicos estão apresentados na Tabela 3.

Exames laboratoriais

Entre os resultados obtidos, o grupo severo possui média de RPC significativamente maior em comparação ao grupo discreto (p valor = 0,0004) e o grupo discreto possui média de plaquetas significativamente maior em comparação ao grupo severo (p valor = 0,04). Demais resultados não apresentaram diferença significativa entre os grupos.

Tabela 3. Valores médios ou medianas dos parâmetros SIRS, hematológicos, bioquímicos, urinálise e hemogasométricos em cadelas com piometra agrupadas de acordo com as lesões

histopatológicas renais para os grupos Discreto (D) e Severo (S).

Parâmetro	D (N=8)	S (N=12)	P valor	CV (%)
Parâmetros SIRS				
FC (bpm)	134,25a	130,50a	0,63	12,7
FR (mrpm)	37,75a	36,67a	0,79	23,3
Temperatura corporal (TC) (°C)	39,10a	38,42a	0,28	3,4
Leucócitos (x10 ³ /uL)	22,5a	20,22a	0,63	48
Bastonetes* (x10 ³ /uL)	6,5a	6,5a	1,0	122,6
Hematológicos				
Hematócrito	36,8a	33,59a	0,28	18,3
Plaquetas	305,12a	151,33b	0,04	73,5
Proteína Total*	8,05a	9,0a	0,16	19,1
Albumina	2,82a	2,13a	0,06	30,7
Bioquímicos				
Fósforo*	4,47	4,40	0,54	58,7
Creatinina ¹	1,14a	1,38a	0,72	70,8
Ureia*	29,40a	34,15a	0,49	116,8
SDMA*	13,0a	14,5a	0,64	106,6
ALT	34,87a	33,00a	0,79	45,2
FA ²	244,5a	277,08a	0,90	77,6
Bilirrubina Total ²	0,13a	0,25a	0,35	107,7
Urinalise				
Densidade urinária*	1,024a	1,015a	0,10	1,3
RPC ¹	0,336b	1,235a	0,0004	94
Hemogasometria				
pH	7,41a	7,40a	0,60	0,84
HCO ₃	20,85a	16,84a	0,19	34,9
Lactato*	1,80	1,90a	0,94	61,7

Legenda: RPC: relação proteína/creatinina urinária; SDMA: dimetilarginina simétrica; ALT: alanina aminotransferase; FA: fosfatase alcalina; HCO₃: bicarbonato. *Indica que os valores estão expressos em mediana, e medianas seguidas por letras diferentes na mesma linha, diferem entre si pelo teste Mann-Whitney. ¹ Indica que foi realizada transformação logarítmica e valores indicados por médias. ²Indica que foi realizada transformação raiz quadrada e valores indicados por médias. Demais variáveis são apresentadas como médias, e médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de significância de 0,05.

Parâmetros ultrassonográficos

Na avaliação ultrassonográfica em modo B, todos os 20 animais (100%) apresentaram ecotextura homogênea e superfície regular. Quanto às variáveis de ecogenicidade, relação corticomedular, relação comprimento renal/diâmetro aórtico (R/AO) e índice de resistividade (IR), não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos discreto e severo. Os resultados detalhados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Distribuição das variáveis qualitativas ultrassonográficas e seus respectivos escores em cadelas com piometra agrupadas de acordo com as lesões renais histopatológicas discretas (D) e severas (S).

Variável qualitativa			Grupos fa (%) [IC] _{95%}		P valor ¹
	Escore		D	S	
Ecotextura	1 (n=20)	Homogêneo	8(40,0) [19,1-63,9]	12(60,0) [36,0-80,9]	-
Ecogenicidade	1(n=10)	Isoecoico	5(50,0) [18,7-81,3]	5(50,0) [18,7-81,3]	0,65
	3(n=10)	Hipoecoico	3 (30,0) [6,7-65,2]	7 (70,0) [34,7-93,3]	
Relação Corticomedular	1(n=17)	Preservada	6(35,3) [14,2-61,7]	11 (64,7) [38,3-85,8]	0,54
	2(n=3)	Alterada	2 (66,7) [9,4Z-99,2]	1 (33,3) [0,8-90,6]	
R/AO	1(n=19)	Preservada	7(36,8) [16,3-61,6]	12 (63,2) [38,4-83,7]	0,40
	2(n=1)	Aumentada	1 (100,0)	0 (0,0)	
Escore IR	1(n=11)	Regular	4(36,4) [10,9-69,2]	7 (63,6) [30,8-89,1]	1,0
	2(n=9)	Aumentado	4(44,4) [13,7-78,8]	5 (55,6) [21,2-86,3]	

Legenda: ¹ p valor do teste de Qui-Quadrado. IC: Intervalo de confiança para proporção. fa: frequência absoluta. R/AO: relação tamanho renal/ diâmetro aorta. IR: índice de resistividade.

Com base nos resultados da análise Doppler, as velocidades sistólicas (VS), diastólicas (VD) e o índice de resistividade numérico (IR) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Resultados detalhados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios e mediana dos parâmetros ultrassonográficos de cadelas com piometra de acordo com as lesões renais histopatológicas discretas (D) e severas(S).

Parâmetro	D	S	P valor	CV (%)
Modo B				
Tamanho RD*	4,33a	4,71a	0,32	22,9
Tamanho RE*	3,995a	4,265a	0,37	24,7
Doppler				
VD ²	10,16a	9,09a	0,48	43,0

VS	33,875a	830,475a	0,53	36,8
Índice Resistividade	0,675a	0,696a	0,68	15,8

Legenda: *Indica que os valores estão expressos em mediana pelo teste Mann-Whitney. ² Indica que houve transformação raiz quadrada e os valores estão expressos em médias. Demais variáveis são apresentadas como médias, e médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de significância de 0,05. RD: rim direito. RE: rim esquerdo. VD: velocidade diastólica. VS: velocidade sistólica.

No presente estudo, 17 dos 20 animais foram submetidos à elastografia do rim esquerdo. Três animais foram excluídos devido a dificuldades técnicas durante o exame, incluindo dispneia/polipneia, tremores e profundidade do rim, que demandava compressão excessiva por parte do operador.

As análises revelaram diferenças estatisticamente significativas na distribuição das médias de pixels entre os grupos discreto e severo e as cores ($p = 0,018$), conforme evidenciado pelos resultados do teste de Kruskal-Wallis. Em ambos os grupos, a mediana da cor verde foi superior à da cor vermelha, sugerindo uma elasticidade tecidual intermediária. Os resultados detalhados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Medianas das médias de pixels estimadas via ImageJ de 17/20 animais com piometra.

PARÂMETRO	D	S
Pixels		
Verde*	95,3	105,0
Azul	90,7	95,0
Vermelho	71,8	81,1
CV (%)		19,7
P-valor ¹		0,018

¹ p-valor do teste de Kruskal-Wallis, * difere teste post-hoc do Kruskal-Wallis.

Discussão

Na elastografia de deformação, observou-se uma diferença estatisticamente significativa nas cores do elastograma entre os grupos com alterações discretas e severas à histopatologia. Houve predominância de elasticidade intermediária nos elastogramas desses animais. A análise detalhada demonstrou que a mediana dos pixels verdes, correspondentes à elasticidade intermediária, foi superior à mediana dos pixels vermelhos, que indicam maior elasticidade tecidual, em ambos os grupos analisados. Essa abordagem analítica contribui para a identificação precoce de alterações associadas à lesão renal aguda (LRA), que inicialmente provoca modificações na dureza do tecido renal.

Esse achado sugere que, mesmo diante de lesões precoces e sem azotemia, o elastograma mantém um predomínio de cores associadas à rigidez intermediária. Isso pode ser explicado pelas características teciduais, que, em casos de lesões agudas, refletem processos inflamatórios com menor presença de tecido fibrótico e assim uma tendência a demonstrar predomínio de cores intermediárias. Este trabalho pode ser útil na diferenciação entre animais com doença renal crônica (DRC) e LRA, considerando que animais com DRC apresentam maior proporção de tecido fibrótico, o que se traduz em um predomínio de cores azuis no elastograma. Esse padrão foi apontado tanto em nódulos hepáticos (Huaijantug et al. 2020) quanto na doença renal crônica (Puccinelli et al. 2023). A partir das cores geradas pelo mesmo software utilizado em nosso trabalho, tumores hepáticos malignos apresentavam maior proporção de pixels azuis, indicando aumento da rigidez tecidual devido à fibrose. Assim, sugerimos que a elastografia possa ser utilizada na diferenciação de animais com DRC agudizada dos com LRA.

Um estudo semelhante avaliou a rigidez renal mensurada por elastografia por onda de cisalhamento bidimensional (2D-SWE) e constatou um aumento significativo nos valores de rigidez renal em pacientes nefropatas em comparação com animais saudáveis. Contudo, a técnica não conseguiu diferenciar entre doença renal crônica (DRC) e lesão renal aguda (LRA). Nesse estudo, foram comparados apenas animais azotêmicos, e a ausência de critérios histopatológicos para a classificação dos grupos representou uma limitação importante, tornando impossível distinguir casos agudos de DRC agudizada (Puccinelli et al., 2023). Em nosso trabalho, a integração dos resultados da elastografia com os dados histopatológicos individuais permitiu confirmar que, mesmo entre os animais com alterações histopatológicas mais severas, predominou a fibrose de grau leve. Esses achados sugerem que as alterações podem estar relacionadas a processos intrínsecos ao envelhecimento ou a acometimentos prévios, descaracterizando a presença de uma DRC agudizada. Esse diagnóstico foi corroborado pelo predomínio de inflamação intersticial e pelas alterações no compartimento tubular, como necrose e atrofia, lesões predominantes em quadros agudos.

Embora Gasser et al. (2020), em seu estudo com cadelas com piometra, tenha identificado que a relação comprimento renal/diâmetro da aorta foi o parâmetro de maior precisão para a determinação de LRA, os resultados do presente estudo não demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em relação a essa variável, sendo que 19 dos 20 animais avaliados apresentaram dimensões renais dentro do intervalo de referência (5,5-9,1cm), sugerindo que, neste caso, o tamanho renal não se mostrou um parâmetro eficaz para a determinação de LRA. Essa discrepância pode ser atribuída ao fato de o estudo anterior ter utilizado um grupo controle comparativo composto por animais saudáveis, enquanto o presente estudo adotou uma abordagem diferente, utilizando comparações entre animais doentes. Além disso, essa diferença encontrada no trabalho anterior pode estar relacionada à discrepância entre tamanhos, raças e pesos dos animais, uma

vez que o autor não deixa claro esses parâmetros em sua pesquisa. Dentre os biomarcadores, a RPC apresentou diferenças significativas entre os grupos ($p=0,004$), sendo que a média dos animais do grupo severo foi maior do que no grupo com alterações discretas à histopatologia. Tais achados mostram que as lesões tubulares possam contribuir significativamente para a origem da proteinúria nesses casos (Heiene et al., 2007; Maddens et al., 2010; Andrade et al., 2023). Além disso, lesões compatíveis com glomeruloesclerose, presente em 25% dos pacientes do grupo severo e espessamento da membrana basal glomerular, observada em 83% dos casos severos, também podem ter contribuído para a proteinúria nesses animais. Apesar do nosso estudo não correlacionar a RPC diretamente com a elastografia, os resultados sugerem que esse biomarcador pode ser útil ao correlacionar-se à severidade do dano renal e pacientes do grupo severo apresentaram rigidez intermediária e sua mensuração juntamente com a elastografia pode ser um importante marcador de LRA..

Quanto à ecogenicidade, a característica hiperecoica do córtex renal é comum na LRA, mas não foi um bom parâmetro para diferenciar o grupo severo do discreto. Essa baixa correlação entre a ecogenicidade cortical e alterações histopatológicas em cães, tanto *in vivo* quanto *ex vivo* já foram exploradas, e relataram que a alta variabilidade da ecogenicidade em rins normais é acentuada o que dificulta a discriminação entre tecidos normais e patológicos (Zotti et al. 2015 Banzato et al. (2016),

Valores do IR acima de 0,7 em cães não sedados podem indicar alterações renais (Bragato, Borges e Fioravanti, 2017; Novellas, Espada e De Gopegui, 2007) sem diferença entre os rins direito e esquerdo Szczepankiewicz et al. (2021) e Elgazzar et al. (2021). O principal aumento do IR relatado está ligado à progressão da DRC (Kharsa et al., 2023; Radermacher, Ellis e Haller, 2002; Doi et al., 2012). Enquanto para o diagnóstico precoce de LRA não tem sido utilizado, inclusive acredita-se que sua alteração ocorra após o aparecimento da azotemia, conforme mostrado em um trabalho com indução de LRA com gentamicina em cães, o qual o IR aumentou apenas no quinto e décimo dia de indução, quando os animais já apresentavam azotemia (Elgazzar et al. (2021).

Em humanos em estádios avançados de DRC, especialmente aqueles com diabetes mellitus e azotemia (estádios II e III), foram observados valores aumentados do índice de resistividade (IR). Em contrapartida, indivíduos com DRC sem essas comorbidades não apresentaram elevação nos valores do índice (Theertha; Das; Sheety, 2023). Esse estudo associou o aumento do IR ($\geq 0,7$) a alterações histopatológicas características da DRC, como esclerose glomerular, atrofia tubular, aumento da fibrose intersticial e arteriosclerose significativa das artérias intrarrenais, as quais contribuíram diretamente para o aumento do índice. Nosso estudo, no entanto, não evidenciou alterações significativas no IR entre os grupos avaliados. Isso sugere que, nos casos precoces e sem azotemia, o índice de resistividade pode permanecer inalterado, possivelmente devido à menor presença de alterações relacionadas à cronicidade, ou mesmo correlacionados à doença de base.

Nosso estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A inclusão de um grupo controle formado por animais saudáveis, com características físicas semelhantes, poderia ter fornecido uma base comparativa mais sólida e ampliado os parâmetros disponíveis para a análise estatística. Quanto à elastografia, reconhecemos que a técnica apresenta limitações inerentes, como a dependência do operador para a realização e interpretação dos exames.

Conclusões

A elastografia por deformação demonstrou viabilidade como ferramenta complementar na avaliação de lesão renal aguda (LRA) em cadelas com piometra, destacando alterações na elasticidade tecidual associadas a processos inflamatórios agudos. Apesar disso, limitações como a ausência de um grupo controle negativo e a sobreposição de alterações histopatológicas comuns à doença renal crônica (DRC) impedem a definição clara da técnica para diferenciar LRA de DRC agudizada.

Outros parâmetros avaliados, como o índice de resistividade (IR), a relação comprimento renal/diâmetro da aorta e a ecogenicidade cortical, não se mostraram eficazes na diferenciação entre os grupos com LRA de diferentes severidades.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. C. et al. Evaluation of kidney injury through early markers in canine pyometra. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 60, p. e199954–e199954, 15 maio 2023. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2023.199954>
- BANZATO, T. et al. Relationship of diagnostic accuracy of renal cortical echogenicity with renal histopathology in dogs and cats, a quantitative study. **BMC Veterinary Research**, v. 13, n. 1, dez. 2016. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0941-z>
- BELLOMO, R. et al. Acute kidney injury in sepsis. **Intensive Care Medicine**, v. 43, n. 6, p. 816–828, 31 mar. 2017. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4755-7>
- BRAGATO, N.; BORGES, N. C.; FIORAVANTI, M. C. S. B-mode and Doppler ultrasound of chronic kidney disease in dogs and cats. **Veterinary Research Communications**, v. 41, n. 4, p. 307–315, 21 jun. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11259-017-9694-9>
- CIANCIOLO, R. E. et al. World Small Animal Veterinary Association Renal Pathology Initiative: Classification of Glomerular Diseases in Dogs. **Veterinary Pathology**, v. 53, n. 1, p. 113–35, 1 jan. 2016. <https://doi.org/10.1177/0300985815579996>
- DOI, Y. et al. Renal Resistive Index and Cardiovascular and Renal Outcomes in Essential Hypertension. **Hypertension**, v. 60, n. 3, p. 770–777, set. 2012. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.196717>
- ELGAZZAR, Y. M. Y. et al. Evaluation of symmetric dimethylarginine and Doppler ultrasonography in the diagnosis of gentamicin-induced acute kidney injury in dogs. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 29, n. 6, p. 8779–8789, 1 fev. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16086-5>
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, dez. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- GANDHI, J. et al. The Evolving Role of Shear Wave Elastography in the Diagnosis and Treatment of Prostate Cancer. **Ultrasound Quarterly**, v. 34, n. 4, p. 245–249, dez. 2018. <https://doi.org/10.1097/RUQ.0000000000000385>
- GASSER, B. et al. Clinical and ultrasound variables for early diagnosis of septic acute kidney injury in bitches with pyometra. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2 jun. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65902-4>
- HEIENE, R. et al. Renal histomorphology in dogs with pyometra and control dogs, and long term clinical outcome with respect to signs of kidney disease. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 49, n. 1, p. 13, 2007. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-49-13>
- HUAIJANTUG, S. et al. Quantitative ultrasound elastography and serum ferritin level in dogs with liver tumors. **Journal of Advanced Veterinary and Animal Research**, v. 7, n. 4, p. 575–575, 1 jan. 2020. <https://doi.org/10.5455/javar.2020.g455>
- IRIS. International Renal Interest Society. IRIS Grading of Acute Kidney Injury (AKI) 2016. Disponível em: <http://www.iris-kidney.com/guidelines/grading.html>. Acesso em 07 de novembro de 2024.

KHARSA, C. et al. Association of renal resistive indices with kidney disease progression and mortality. **BMC Nephrology**, v. 24, n. 1, 28 nov. 2023. <https://doi.org/10.1186/s12882-023-03398-6>

LAFORCADE, A. M. et al. Hemostatic changes in dogs with naturally occurring sepsis. **Journal of veterinary internal medicine**, v. 17, n. 5, p. 674–9, 2003. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2003.tb02499.x>

LAYEK, K. et al. Stiffness prediction on elastography images and neuro-fuzzy based segmentation for thyroid cancer detection. **Applied Optics**, v. 61, n. 1, p. 49–49, 3 dez. 2021. <https://doi.org/10.1364/AO.445226>

LEEMIS, L.M.; TRIVEDI, K.S. A comparison of approximate interval estimators for the bernoulli parameter. **The American Statistician**. Alexandria, v. 50, n. 1, p. 63–68, Feb.1996. <https://doi.org/10.1080/00031305.1996.10473544>

MADDENS, B. et al. Evaluation of Kidney Injury in Dogs with Pyometra Based on Proteinuria, Renal Histomorphology, and Urinary Biomarkers. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 25, n. 5, p. 1075–1083, 16 ago. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2011.0772.x>

NOVELLAS, R.; ESPADA, Y.; DE GOPEGUI, R. R. Doppler ultrasonographic estimation of renal and ocular resistive and pulsatility indices in normal dogs and cats. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 48, n. 1, p. 69–73, jan. 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2011.0772.x>

PATEL, B. K. et al. Association of breast cancer risk, density, and stiffness: global tissue stiffness on breast MR elastography (MRE). **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, v. 194, n. 1, p. 79–89, 30 abr. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10549-022-06607-2>

PUCCINELLI, C. et al. Diagnostic utility of two-dimensional shear wave elastography in nephropathic dogs and its correlation with renal contrast-enhanced ultrasound in course of acute kidney injury. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 85, n. 11, p. 1216–1225, 1 jan. 2023. <https://doi.org/10.1292/jvms.23-0065>

QIANG, B. et al. Shear wave elastography: A noninvasive approach for assessing acute kidney injury in critically ill patients. **PLoS ONE**, v. 19, n. 1, p. e0296411–e0296411, 11 jan. 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296411>

RADERMACHER, J.; ELLIS, S.; HALLER, H. Renal Resistance Index and Progression of Renal Disease. **Hypertension**, v. 39, n. 2, p. 699–703, fev. 2002. <https://doi.org/10.1161/hy0202.103782>

RIMER, D. et al. Acute kidney injury in dogs: Etiology, clinical and clinicopathologic findings, prognostic markers, and outcome. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 36, n. 2, p. 609–618, 1 mar. 2022. <https://doi.org/10.1111/jvim.16375>

SEGEV, G. et al. International renal interest society best practice consensus guidelines for intermittent hemodialysis in dogs and cats. **Veterinary Journal**, London, v. 305, p. 106092, 1 jun. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2024.106092>

SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. New York: McGraw-Hill, 1988.

SZCZEPANKIEWICZ, B. et al. Evaluation of the diagnostic value of the renal resistive index as a marker of the subclinical development of cardiorenal syndrome in MMVD dogs. **Journal of the Renin-Angiotensin-Aldosterone System**, v. 22, n. 1, p. 147032032199508, jan. 2021. <https://doi.org/10.1177/1470320321995082>

TAMURA, M. et al. Usefulness of noninvasive shear wave elastography for the assessment of hepatic fibrosis in dogs with hepatic disease. **Journal of veterinary internal medicine**, v. 33, n. 5, p. 2067–2074, 28 ago. 2019. <https://doi.org/10.1111/jvim.15598>

THEERTHA, K. C.; DAS, S. K.; SHETTY, M. S. Renal resistive index: revisited. **Cureus**, v. 15, n. 3, p. e36091, 13 mar. 2023. <https://doi.org/10.7759/cureus.36091>

KUWABARA, S.; GOGGINS, E.; OKUSA, M. D. The Pathophysiology of Sepsis-Associated AKI. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, v. 17, n. 7, p. 1050–1069, 28 jun. 2022. <https://doi.org/10.2215/CJN.00850122>

ZARBOCK, A. et al. Sepsis-associated acute kidney injury: consensus report of the 28th Acute Disease Quality Initiative workgroup. **Nature Reviews. Nephrology**, v. 19, n. 19, 23 fev. 2023. <https://doi.org/10.1038/s41581-023-00683-3>

ZOTTI, A. et al. Correlation of renal histopathology with renal echogenicity in dogs and cats: an ex-vivo quantitative study. **BMC Veterinary Research**, v. 11, n. 1, 25 abr. 2015. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0415-8>