

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ULTRASSONOGRAFIA CONVENCIONAL E ELASTOGRAFIA
ARFI (ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE) NA
AVALIAÇÃO RENAL DE GATOS ADULTOS HÍGIDOS**

**Paulo Henrique de Souza Garcia
Médico Veterinário**

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ULTRASSONOGRAFIA CONVENCIONAL E ELASTOGRAFIA
ARFI (ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE) NA
AVALIAÇÃO RENAL DE GATOS ADULTOS HÍGIDOS**

Paulo Henrique de Souza Garcia

Orientador: Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano

Co-orientador: Prof. Dr. Wilter Ricardo Russiano Vicente

Co-orientadora: Profa. Dra. Cibele Figueira de Carvalho

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária, área de Clínica Médica.

2016

G216u Garcia, Paulo Henrique de Souza
Ultrassonografia convencional e Elastografia ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) na Avaliação Renal de Gatos Adultos Hípidos / Paulo Henrique de Souza Garcia. -- Jaboticabal, 2016
xii, 46 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Marcus Antônio Rossi Feliciano
Co-orientador: Wilter Ricardo Russiano Vicente, Cibele Figueira Carvalho
Banca examinadora: Leandro Zuccolotto Crivellenti, Eliandra Antonia Pires Butter
Bibliografia

1. Ultrassonografia. 2. Gatos. 3. Rins. 4. Elastografia. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 619:616.61:636.8

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

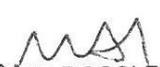


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

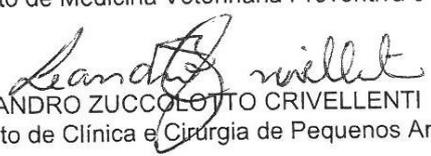
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ULTRASSONOGRAFIA CONVENCIONAL E ELASTOGRAFIA ARFI
(ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE) NA AVALIAÇÃO RENAL
DE GATOS ADULTOS HÍGIDOS

AUTOR: PAULO HENRIQUE DE SOUZA GARCIA
ORIENTADOR: MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO
CO-ORIENTADOR: WILTER RICARDO RUSSIANO VICENTE
CO-ORIENTADORA: CIBELE FIGUEIRA CARVALHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em MEDICINA
VETERINÁRIA, área: CLÍNICA MÉDICA VETERINÁRIA pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO
Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. ELIANDRA ANTONIA PIRES BUTTLER
Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. LEANDRO ZUCCOLOTTO CRIVELLENTI
Departamento de Clínica e Cirurgia de Pequenos Animais / UNIFRAN - Franca, SP

Jaboticabal, 13 de julho de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Paulo Henrique de Souza Garcia: - Nascido em São Paulo (SP), 20 de julho de 1976. Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade de Alfenas (1999), possui Pós-graduação “lato sensu” em Ultrassonografia de pequenos animais pelo Instituto Nacional de Ensino e Pesquisa (2010). Atualmente é mestrando do Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária, área de Clínica Médica, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/UNESP, Campus de Jaboticabal. Tem experiência em Ultrassonografia e Diagnóstico por Imagem de animais domésticos.

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que elas acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”

(Fernando Pessoa)

Dedicatória

Dedico esse trabalho, em primeiro lugar à minha família: minha esposa Luciana, meus filhos, Pedro e Júlia, por toda paciência durante esse período, pelo apoio nas horas mais difíceis, por entender o tempo em que não estive com vocês, enquanto estudava nos finais de semana, durante as ausências nos períodos em que passei em Jaboticabal. Esse trabalho acima de tudo é para vocês.

Aos meus pais, Roberto e Walkiria, em primeiro lugar por permitir que eu viesse a nascer por eles e junto a eles, por formarem a base do meu caráter, quanto indivíduo e cidadão do mundo, por serem meu alicerce e por serem meus grandes incentivadores, ao longo da minha vida acadêmica.

E por fim e não menos importante, aos animais, nossos irmãos menores, que são a grande paixão da minha vida, paixão essa que foi razão da escolha da minha profissão e que norteia todo o meu crescimento como profissional, pois cada vez que me melhora enquanto profissional, maior a contribuição que posso oferecer para manutenção da saúde desses nossos irmãos.

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida, pela oportunidade de estar encarnado, nessa época e lugar, pela minha capacidade intelectual, pois sem ela não poderia ser um instrumento Seu, para o auxílio dos animais, nossos irmãos menores.

Ao Marcus e Cibele, meus orientadores, por terem me aceitado como orientado, mesmo sabendo da distância e das minhas outras atividades profissionais, pelos ensinamentos, pelo apoio e por serem espelhos profissionais para mim, com vocês aprendo como devo ser, enquanto educador, profissional e líder de um grupo. Vocês são realmente demais, obrigado por fazerem parte da minha vida e ajudar a moldar o profissional que sou.

Ao Professor Wilter, por me aceitar em seu grupo de pesquisa, pelas conversas durante nossos cafés, com o Sr. aprendi, observando seu exemplo, muito de como lidar com conflitos e interesses, como manter a coesão de um grupo heterogêneo, para um fim comum e isso o Sr. faz com maestria.

A todos que frequentam a gelada sala do “Chefinho”, ou o “Q.G. do Chefinho”, como diz a Ana Paula: à Marjury e Ana Paula pelo apoio incondicional durante todas as minhas coletas, por lidar com todos os gatos, na maioria nada cooperativos, à Vivian pelas anestésias, sem elas seria impossível fazer as avaliações; ao Leandro pelas avaliações laboratoriais e ao Ricardo, o mestre das estatísticas, uma área no mínimo sombria para mim, sem você estaria perdido até agora com a análise dos dados coletados.

Ao pessoal de Araraquara: à Karla Taniguchi, da Toca da Maia, por ceder seus gatos para fazerem parte do experimento e às meninas do GIPAMA, Ligia Iost Lorenzetti e Izabela L. de Ponte, também por ceder os outros animais utilizados nas coletas.

SUMÁRIO

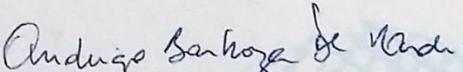
	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
CAPITULO 1- Considerações Gerais.....	13
1. Introdução.....	13
2. Revisão de literatura.....	15
2.1 Anatomia Topográfica Renal.....	15
2.2 Ultrassonografia Renal.....	16
2.3 Elastografia.....	18
2.4 Elastografia acoustic radiation force impulse (ARFI).....	20
3. Referências Bibliográficas.....	24
CAPITULO 2 - ELASTOGRAFIA ARFI (ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE) EM RINS DE GATOS ADULTOS HÍGIDOS – RESULTADOS PRELIMINARES.....	30
Resumo.....	30
Introdução.....	31
Materiais e Métodos.....	33
Resultados.....	35
Discussão.....	38
Referências Bibliográficas.....	41

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 018.897/13 do trabalho de pesquisa intitulado "**Estudo da rigidez hepática, renal e esplênica pela elastografia ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) em caninos e felinos saudáveis**", sob a responsabilidade do Dr. Marcus Antonio Rossi Feliciano está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 06 de setembro de 2013.

Jaboticabal, 06 de setembro de 2013.


Prof. Dr. Andriago Barboza De Nardi
Coordenador - CEUA

ELASTOGRAFIA ARFI (ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE) NA AVALIAÇÃO RENAL DE GATOS ADULTOS HÍGIDOS

RESUMO - O exame ultrassonográfico convencional tem baixa especificidade para detecção de alterações difusas, no entanto, o aumento da ecogenicidade renal é um dos achados mais comuns em cães e gatos com nefropatia. O objetivo deste estudo foi descrever a técnica de elastografia por irradiação da força de impulso acústico (ARFI) na avaliação dos rins de gatos adultos hígidos, e determinar os valores de referência. Foram incluídos neste trabalho dez gatos de pelo curto, adultos e saudáveis. Após sedação, foi realizada uma ampla tricotomia abdominal, para a realização do exame ultrassonográfico. O exame convencional, em Modo B foi realizado com um transdutor linear de 9,0 MHz usando equipamento de ultrassom ACUSON S2000 / SIEMENS (Siemens, Munique, Alemanha). A ecogenicidade, ecotextura, o tamanho e contornos renais foram avaliados. Com o mesmo transdutor, a elastografia foi realizada utilizando software para comparação das análises qualitativa e quantitativa do método. A elastografia qualitativa detectou a presença de deformidades e as velocidades de cisalhamento em diferentes locais (cranial, média e caudal) das regiões cortical e medular em ambos os rins. Os achados ultrassonográficos foram considerados normais em todos os gatos, sem alterações em arquitetura ou ecogenicidade renal. A elastografia qualitativa demonstrou que o córtex renal era deformável e apresentou áreas cinza escuro homogêneas; pelve renal tinha pouca rigidez (branca); e da medula mostrou um padrão de mosaico. Os resultados de velocidade de onda de cisalhamento foram diferentes em regiões cranial, média e caudal do córtex e medula: $2,46 \text{ m/s} \pm 0,45 \text{ m/s}$; $2,46 \text{ m/s} \pm 0,48 \text{ m/s}$ e $2,37 \text{ m/s} \pm 0,42 \text{ m/s}$ ($P = 0,795$) no córtex e $1,61 \text{ m/s} \pm 0,69 \text{ m/s}$, $1,75 \text{ m/s} \pm 0,66 \text{ m/s}$ e $2,00 \text{ m/s} \pm 0,55 \text{ m/s}$ ($P = 0,156$) na medula, respectivamente. A ARFI quantitativa e qualitativa do rim em gatos adultos foi realizada facilmente e este estudo forneceu valores de referência para a caracterização da normalidade do parênquima renal em gatos hígidos.

Palavras-chave: ultrassonografia, gatos, rins, elastografia.

ARFI (ACUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE) ELASTOGRAPHY IN RENAL EVALUATION OF HEALTHY ADULT CATS

ABSTRACT- Conventional ultrasonography has low specificity to detect diffuse changes, however, increased renal echogenicity is one of the most common findings in dogs and cats with nephropathy. The objective of this study was to describe elastography by acoustic radiation force impulse (ARFI) in the assessment of adult cats' kidneys and determine reference values. Ten healthy adult short hair cats were included. After sedation, abdominal hair was clipped in order to perform ultrasound exams. The conventional examination (B-mode) was performed with a 9.0 MHz linear array transducer ultrasound equipment using ACUSON S2000 / Siemens (Siemens, Munich, Germany). Echogenicity, echotexture, size and contours of each kidney were evaluated. With the same transducer, elastography was performed using a software that compares qualitative and quantitative analysis. Qualitative elastography detected deformities and shear wave velocity rates in different portions (cortical and medulla' cranial, media and caudal regions). The sonographic findings were normal in all cats, with no changes in renal architecture or echogenicity. Qualitative elastography showed that renal cortex was softer with dark gray homogeneous areas; renal pelvis presented lower stiffness (white); and medulla showed a mosaic pattern. Shear wave velocities were obtained in cranial, medial, and caudal regions of the cortex and medulla: $2.46 \text{ m / s} \pm 0.45 \text{ m / s}$; $2.46 \text{ m / s} \pm 0.48 \text{ m / s}$; $2.37 \text{ m / s} \pm 0.42 \text{ m / s}$ ($P = 0.795$) in the cortex and $1.61 \text{ m / s} \pm 0.69 \text{ m / s}$; $1.75 \text{ m / s} \pm 0.66 \text{ m / s}$ and $2.00 \text{ m / s} \pm 0.55 \text{ m / s}$ ($P = 0.156$) in medulla, respectively. Quantitative and qualitative ARFI kidney in adult cats was easily accomplished and this study was able to provide values for the characterization of the normal renal parenchyma in healthy cats.

Keywords: ultrasound, cat, kidney, elastography.

LISTA DE ABREVIATURAS

cm - centímetros

kPa - quilopascal

m/s - metros por segundo

ARFI - acoustic radiation force impulse

RSV - tempo real da velocidade de cisalhamento

Kg - quilograma

UPC - relação proteína/creatinina urinária

mg - miligrama

MHz - megahertz

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Imagens ultrassonográficas do rim normal de um gato, em corte longitudinal (A), corte transversal (B) e corte sagital (C), onde é possível identificar a região cortical (*c*), hiperecoica a região medular (*m*) e região de pelve (*p*), que possui a maior ecogenicidade da estrutura renal. (Arquivo Pessoal)..... 16
- Figura 2: Imagem ultrassonográfica em modo B e elatograma do rim de um gato hígido, onde pode-se observar a medular (M) (com padrão em mosaico) cortical (C), (em cinza médio) e pelve (P) (cinza claro) (arquivo pessoal)..... 22
- Figura 3: Imagem ultrassonográfica do rim de um gato para obtenção dos valores das velocidades de cisalhamento, em cortical (A) e em medular (B) (arquivo pessoal)..... 23

Capítulo 1- Considerações Gerais:

1. Introdução

A doença renal em felinos é rotineiramente diagnosticada na clínica veterinária, apresentando prevalência, entre 1,6 e 20%, e alta morbidade e mortalidade nos animais acometidos (LEES, 2004; SEYREK-INTAS; KRAMER, 2008). Essa afecção representa uma progressiva perda da função renal, culminando com a insuficiência renal (FRANCEY; SCHWEIGHAUSER, 2008). Embora a doença renal seja considerada, muitas vezes, uma afecção de animais senis, os felinos jovens podem desenvolver a falência renal como resultado de anomalias renais adquiridas ou congênicas, denotando grande relevância dessa afecção na clínica de felinos (SEYREK-INTAS; KRAMER, 2008).

O diagnóstico das afecções renais em felinos, é tardio na maioria dos casos, sendo verificado quando o animal já apresenta sintomatologia da insuficiência renal. Este fato se deve à considerável reserva funcional renal, sendo necessária uma lesão grave e crônica para que a sintomatologia clínica seja notada (DIBARTOLA, 1997).

O diagnóstico por imagem das estruturas renais em pequenos animais contribui consideravelmente para o diagnóstico de alterações renais de cães e gatos. Entre as técnicas de imagem, a ultrassonografia renal é um dos primeiros exames realizados para avaliação dos animais de companhia, fornecendo importantes informações anatômicas, como dimensões, contornos e arquitetura interna, independentemente de sua função (VAC, 2014; GARCIA; CRIVELLENTI; FELICIANO, 2015), porém o exame ultrassonográfico tem baixa especificidade para avaliação de alterações difusas, pois o aumento da ecogenicidade renal é um dos achados mais comuns em cães e gatos com nefropatia.

A elastografia Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) é uma técnica segura e não invasiva, na qual podem ser estudadas características quantitativas e qualitativas da rigidez dos tecidos (Dudea & outros 2011). Esta técnica tem sido recente aplicada em medicina veterinária, com resultados promissores e de grande importância na rotina, seja para detecção de anormalidades fibróticas ou diferenciação de tecidos malignos ou benignos, como por exemplo em tumores mamários em cadelas e gatas. Ato contínuo, considera-se que esta ferramenta diagnóstica possa

auxiliar na detecção precoce de anormalidades renais em pequenos animais, seu prognóstico e no acompanhamento da evolução clínica destes pacientes.

Considerando a novidade do uso da elastografia ARFI na avaliação renal em gatos, esse estudo tem como objetivo descrever a aplicabilidade desta técnica na avaliação renais em gatos, determinando padrões inéditos e relevantes para medicina veterinária.

2. Revisão de Literatura

2.1 Anatomia Topográfica Renal

Os rins são órgãos retroperitoniais simétricos, circundados por tecido adiposo (DYCE et al., 2010) e apresentando formato semelhante ao de um feijão no cão e mais globoso no gato (LANG, 2010; D'ANJOU, 2011; VAC, 2014). Quanto à localização, o rim esquerdo encontra-se relacionado anatomicamente à margem medial do baço, caudalmente à curvatura maior do estômago, laterodorsal ao cólon descendente. Já o rim direito está em contato com o lobo caudato do fígado, em sua extremidade cranial, medialmente relacionando-se com a veia cava caudal, mediocranialmente com a adrenal direita e ventralmente com o duodeno e lobo direito do pâncreas (LANG, 2010; VAC, 2014; GARCIA; CRIVELLENTI; FELICIANO, 2015).

Em comparação com o tamanho do corpo, os rins dos felinos são grandes, possuem uma região cortical mais externa, onde se encontram os corpúsculos renais; uma região medular mais interna, composta pelos ductos coletores e alças de Henle; as cristas renais; uma pelve em formato de funil; e o hilo, por onde passam os vasos renais, ureter, nervo renal e vasos linfáticos, localizado no centro da face medial e abrindo dentro do seio renal (ELLENPORT, 1986).

O suprimento vascular dos rins se faz por meio de dois ramos da aorta abdominal, as artérias renais direita e esquerda, que se originam do aspecto lateral da mesma. Ao chegar no hilo, a artéria renal se divide em várias artérias interlobares que atravessam a medular, em direção à cortical. Na região da junção córtico-medular, estes vasos se curvam, formando as artérias arqueadas que emitem pequenos ramos denominados artérias interlobulares. As veias seguem paralelamente ventrais as suas artérias correspondentes e recebem a mesma denominação, porém o sangue é drenado no sentido oposto (DYCE et al., 2010).

2.2 Ultrassonografia Renal

O diagnóstico por imagem das estruturas renais em pequenos animais contribui consideravelmente para o diagnóstico de alterações renais de cães e gatos. Entre as técnicas de imagem, a ultrassonografia renal é um dos primeiros exames realizados para avaliação dos animais de companhia, fornecendo importantes informações anatômicas, como dimensões, contornos e arquitetura, independentemente de sua função (VAC, 2014; GARCIA; CRIVELLENTI; FELICIANO, 2015).

De modo geral, o exame ultrassonográfico renal em pequenos animais permite a visualização da arquitetura do parênquima desse órgão, sendo possível a identificação das regiões cortical, medular e pelve renal (sistema coletor), por possuírem ecogenicidade diferentes (Figura 1) (NYLAND; WIDMER; MATTON, 2015; CARVALHO, 2009; LUNG, 2010; D'ANJOU, 2015,).

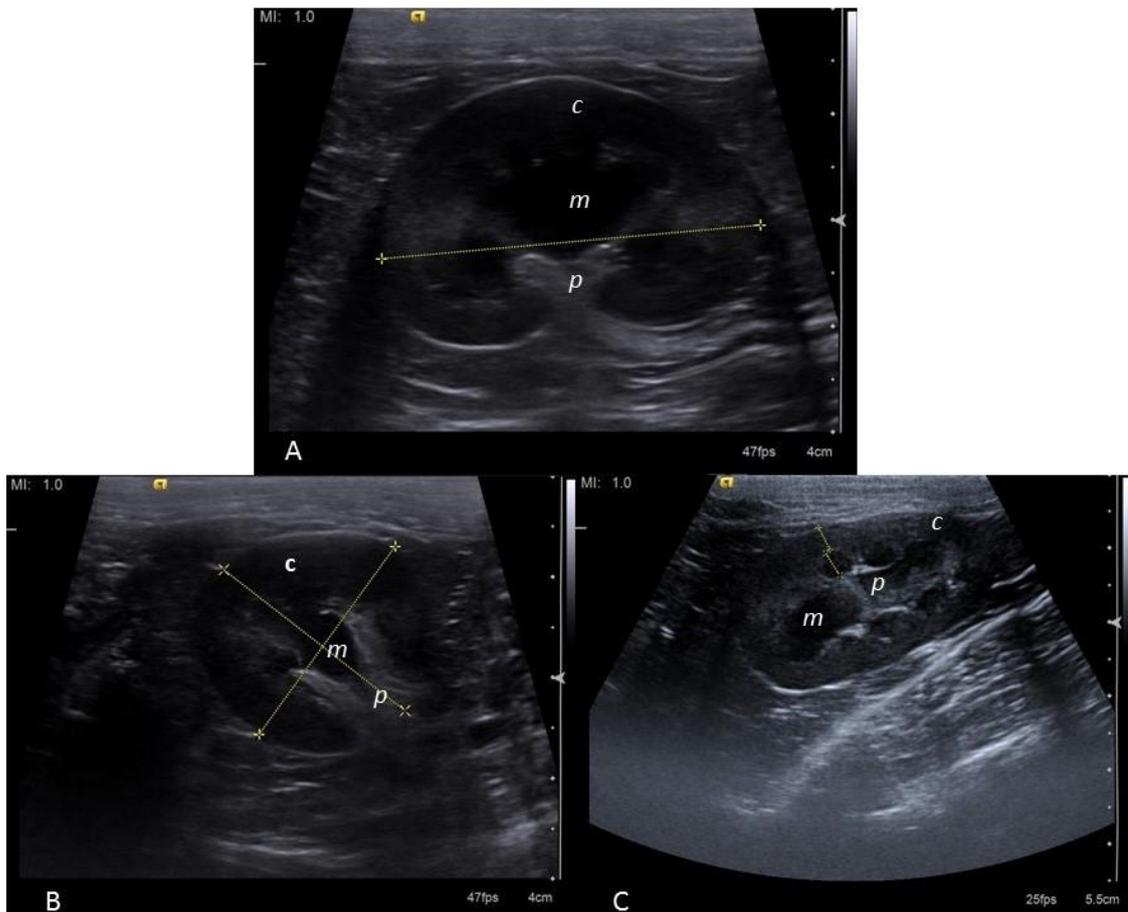


Figura 1. Imagens ultrassonográficas do rim normal de um gato, em corte longitudinal (A), corte transversal (B) e corte sagital (C), onde é possível identificar a região cortical (*c*), hiperecoica à região medular (*m*) e região de pelve (*p*), que possui a maior ecogenicidade da estrutura renal. (Laboratório de reprodução animal - UNESP Jaboticabal).

A medular apresenta-se hipoeoica, quando comparada a cortical, que por sua vez é isoecoica ou ligeiramente hipoeoica em relação ao fígado. Essa diferença de ecogenicidade entre a medular e cortical deve-se ao fato de que a região cortical é constituída pelos glomérulos, enquanto a medular é composta em sua maioria pelos túbulos do sistema coletor, possuindo assim uma maior quantidade de componente líquido (NYLAND; WIDMER; MATTON, 2015; LUNG, 2010; VAC 2014; D'ANJOU, 2015).

Em gatos, o acúmulo dos vacúolos de gordura na cortical renal pode contribuir para o aumento da ecogenicidade dessa região (D'ANJOU, 2015; GARCIA; CRIVELLENTI; FELICIANO, 2015). Estudos recentes, em cães mostram que a aparência da "cortical renal" é composta, na realidade, pela própria cortical renal e região medular externa, que pode ser isoecoica ou hiperecoica à cortical renal. A medular externa hiperecoica pode ocorrer como um achado incidental ou em lesões tubulares (HART et al., 2013).

A biometria renal nos gatos é realizada por esta técnica de imagem de forma mais precisa do que em cães, por não haver uma variação tão grande no tamanho corporal desses animais. O comprimento longitudinal dos rins de gatos varia entre 3,8cm e 4,4cm, largura de 2,7 a 3,1cm e altura entre 2,0 a 2,5cm (NYLAND; WIDMER; MATTON, 2015; VAC, 2014). Já Debruyne et al. (2013) citam que o comprimento renal em gatos normais varia entre 3,0 e 4,5 cm e é influenciada pela raça do animal. Neste mesmo trabalho, ainda se constatou que os rins também são geralmente maiores em gatos inteiros e, muitas vezes, tornam-se menores com o avançar da idade, além do rim direito poder ser mais longo do que o esquerdo.

O exame ultrassonográfico tem baixa especificidade para avaliação de alterações difusas, pois o aumento da ecogenicidade renal é um dos achados mais comuns em cães e gatos com nefropatia. Várias doenças renais podem ser associadas ao aumento da ecogenicidade cortical e/ou medular, nas fases aguda ou crônica do processo, como a nefrite túbulo intersticial, glomerulopatias, linfoma renal difuso, pielonefrite e processo inflamatório crônico (NYLAND; WIDMER; MATTON, 2015; SEYREK-INTAS; KRAMER, 2008; LUNG, 2010; VAC, 2014; D'ANJOU, 2015;). Em comparação com lesões difusas, a ultrassonografia tem grande sensibilidade e especificidade para detecção de anormalidades focais (D'ANJOU, 2015). Por meio

desta ferramenta diagnóstica pode-se identificar lesões como: massas sólidas (neoplásicas ou não), áreas cavitárias (cistos e abscessos), mineralizações distróficas, cálculos renais, áreas de infarto, além de alterações do sistema coletor, principalmente da pelve (NYLAND; WIDMER; MATTON, 2015; SEYREK-INTAS; KRAMER, 2008; LUNG, 2010; VAC, 2014; D'ANJOU, 2015; GARCIA; CRIVELLENTI; FELICIANO, 2015).

2.3 Elastografia

A sonoelastografia surgiu como um método promissor que, associado à ultrassonografia convencional, fornece informações referentes a rigidez de uma estrutura em relação ao tecido adjacente. É uma técnica ultrassonográfica que avalia a elasticidade do tecido pela compressibilidade do mesmo sob pressão externa (OPHIR et al., 1991).

Esta ferramenta diagnóstica pode ser usada para detectar o “movimento” do tecido durante sua compressão e a extensão do deslocamento ao longo do eixo de movimento. Quando um meio elástico é submetido a compressão devido à aplicação de uma força constante uniaxial, todos os pontos no meio, cujos componentes principais são dispostos ao longo do eixo de compressão do movimento, é detectado um certo nível de deslocamento longitudinal. O nível resultante do deslocamento de um dado elemento será maior ou menor, se um ou mais elementos de tecido têm parâmetros de rigidez que diferem dos outros elementos (OPHIR et al., 1991).

As propriedades mecânicas dos tecidos moles dependem da sua constituição molecular (a presença de gordura, as fibras de colágeno, elastina e água, entre outros) e na micro e organização estrutural macroscópica dos tecidos. Estes atributos incluem a elasticidade, a rigidez e a mobilidade mostrado por um tecido em resposta a forças aplicadas nele (KONOFAGOU, 2004).

Segundo Hoskins (2012), existem diferentes técnicas que estudam como essas propriedades mecânicas podem ser processadas em formato de imagem e utilizadas como ferramenta diagnóstica. A elastografia qualitativa estática, também chamada de sonoelastografia ou compressão à mão livre (BALLEYGUIER et al., 2012) baseia-se no intervalo de tempo calculado entre os sinais do eco pré-compressão e pós-compressão (DESTOUNIS; GRUTTADAURIA, 2013). Nesta técnica, o tecido a ser avaliado é submetido a uma força e, em seguida, o sistema de imagem mede a resposta do tecido a esta força realizada (por compressão mecânica ou automática) (SAFTOIUI et al., 2007; HOSKINS, 2012). A imagem elastográfica é gerada a partir da deformação dos tecidos, sendo que o *software* realiza a análise comparativa entre o momento da compressão e o resultado dela. Os tecidos mais duros se deformam menos quando comprimidos, enquanto os mais suscetíveis a ela apresentam maior deformação (SAFTOIUI et al., 2007). Essa deformidade sofrida pelo tecido pode ser

representada em uma escala de cores, conforme a variação elástica: vermelho corresponde a tecidos mais macios; verde à tecidos que apresentam deformidade intermediária; e azul corresponde àqueles com menor deformação, ou seja, maior dureza (SAFTOIUI et al., 2007). Essa modalidade é o método economicamente mais acessível no mercado (BALLEYGUIER et al., 2012) e foi validada como uma técnica médica útil. Todavia, tem como desvantagens ser dependente do operador e sensível à conformação corporal (peso e profundidade abdominal), especialmente quando se avalia órgãos mais profundos ou pacientes obesos (CARVALHO; CHAMMAS, 2013).

Para a elastografia por onda de cisalhamento, a força é exercida sobre o tecido e o sistema de imagem mede a resposta deste tecido para essa força. A técnica denominada elastografia qualitativa adquire a resposta local de um tecido submetido a uma força, transformando em imagem os cálculos de deslocamento longitudinal (axial) dos componentes envolvidos em diferentes pontos de um mesmo tecido. A imagem resultante é conhecida como elastograma (HOSKIN, 2012). Essas técnicas são capazes de detectar tanto a movimentação quanto a compressão e a extensão do tecido ao longo do eixo, em tempo real e são usadas especialmente na rotina clínica (CARVALHO; CHAMMAS, 2015). Podem ser realizadas em tempo real ou não, por meio de aparelhos ultrassonográficos equipados com um *software* específico, capaz de avaliar as propriedades físicas de um tecido, determinando seu grau de dureza em relação ao tecido adjacente, por meio da compressão do local avaliado (HOSKIN, 2012). A vantagem dessa modalidade é que o valor obtido não depende do operador, os valores são obtidos mais rapidamente, sendo potencialmente útil para avaliação de qualquer órgão (CARVALHO; CHAMMAS, 2015).

Atualmente a elastografia quantitativa é a técnica mais avançada e permite a mensuração objetiva da rigidez de uma estrutura examinada expressa por um valor numérico de dureza (em quilo Pascal - kPa ou em metros por segundo - m/s) (DOBRUCH-SOBCZAK; SUDOL-SZOPIŃSKA, 2011). Tal técnica é denominada elastografia com emissão de radiação acústica da força de impulso (acoustic radiation force impulse - ARFI). No caso da sonoelastografia os resultados são indicados em uma escala de cores, de acordo com a elasticidade, e expressos em kPa; para o método ARFI, os valores de velocidade da onda de cisalhamento são expressos em metros por segundo (m/s) (DOBRUCH-SOBCZAK; SUDOL-SZOPIŃSKA, 2011).

2.4 Elastografia acoustic radiation force impulse (ARFI)

A elastografia ARFI é uma ferramenta ultrassonográfica segura e não invasiva que fornece avaliações quantitativas e qualitativas da rigidez dos tecidos (DUDEA et al., 2011; GODDI et al., 2012). Esta técnica é baseada na propagação de uma força capaz de provocar o deslocamento do tecido, sem a necessidade de compressão manual. Neste método, as aferições deixam de ser subjetivas, pois não são resultados de variação da força de compressão que é aplicada pelo operador. Portanto, em comparação com outros métodos, estas medidas são mais precisas com menos variação inter-observador e com maior reprodutibilidade. Como desvantagem citamos o alto custo para a aquisição do equipamento, a necessidade de mais estudos e a falta padronização da técnica (CARVALHO; CHAMMAS, 2013).

Em medicina, a ARFI tem sido utilizada principalmente para identificação e diferenciação de tumores mamários, diagnóstico de tumores de próstata e lesões fibróticas focais (SRINIVASAN et al., 2004), avaliação do baço (BOTA et al., 2010), do miocárdio (NIGHTINGALE, 2011), de mamas (TOZAKI et al., 2011), dos sistemas musculoesquelético e gastrointestinal (PALMERI; NIGHTINGALE, 2011), para a avaliação de massas sólidas em mamas (BAI et al., 2012), diferenciação de neoplasias malignas e benignas em tireoides (LIU et al., 2015) e de outras alterações tireoideanas (CANTISANI, et al., 2014), avaliação da fibrose hepática (CHRISTOPHE et al., 2014), na determinação da rigidez muscular durante a contração (YAVUZ et al., 2015). Em rins de humanos há estudos com: pacientes sadios (GRENIER et al., 2013; BOTA et al., 2015), em insuficiência renal crônica (HU et al., 2014), alterações renais em crianças (GÖYA, et al., 2014), com doentes reais crônicos (WANG et al., 2014) para a detecção de áreas de fibrose renal (SYVERSVEE, 2011), diferenciação de massas renais e hepática (FAHEY et al., 2005) na classificação de massas sólidas em rins (GUO, 2014) e em avaliação de fibrose pacientes transplantados (STOK et al., 2010; SYVERSVEEN et al., 2012;).

Na Veterinária, a técnica ARFI tem aplicação recente e, principalmente experimental, sendo utilizada para avaliar lesões focais hepáticas em ratos (CARVALHO et al., 2012), tumores mamários em cadelas (FELICIANO et al., 2014a), baço, fígado e rins de cães adultos (HOLDSWORTH et al., 2014), tecido esplênico em

gatos (FELICIANO et al., 2014b) e cães de diferentes idades (MARONEZI et al., 2015), rins de gatos saudáveis (GARCIA et al., 2015), próstata e testículos de caninos saudáveis (FELICIANO et al., 2015a), testículos de gatos (BRITO et al., 2015), alterações testiculares em cães (FELICIANO et al., 2016), neoplasias mamárias em felinos (FELICIANO et al., 2015b) e na avaliação da rigidez do parênquima pulmonar e hepáticos de fetos caninos durante o terço final da gestação (SIMÕES, 2016).

Para ARFI qualitativa, impulsos acústicos curtos e de elevadas intensidades são utilizados para deformar os elementos do tecido e criar um mapa estático (elastograma) da rigidez relativa do tecido. Este método proporciona um mapa em escala de cinza que demonstra a rigidez relativa dos tecidos da região estudada, em comparação com a imagem da ultrassonografia convencional (modo B) correspondente. Em geral, as áreas mais claras representam os tecidos mais deformáveis, enquanto áreas mais escuras representam regiões de maior rigidez (GODDi et al., 2012).

O estudo quantitativo utiliza um impulso acústico para uma região de interesse, promovendo a formação de ondas secundárias capazes de deformar os tecidos e, por conseguinte, aumentar a velocidade de propagação das ondas de pressão (onda de cisalhamento). A velocidade de propagação e a atenuação das ondas estão relacionadas com a rigidez e viscoelasticidade do tecido. As ondas têm uma velocidade mais elevada em tecidos rígidos (COMSTOCK, 2011).

Especificamente para avaliação renal em animais, o primeiro estudo referente à ARFI renal foi conduzido, em cães, por Holdsworth et al. (2014). Nesse estudo, os valores de velocidade de cisalhamento obtidos para região cortical renal foram de 2,2 - 3,31m/s; esses valores foram mais elevados do que os obtidos a partir do baço (1,59 - 2,4m/s em 0 - 2cm de profundidade), o que por sua vez foram mais elevados do que os obtidos a partir do fígado (1,59 - 2,4m/s em 0 - 2cm de profundidade).

Em felinos, Garcia et al. (2015) realizaram a avaliação ARFI qualitativa e quantitativa dos rins de felinos sadios, obtendo valores de referência para aplicação dessa técnica, podendo futuramente ser comparados com valores a serem encontrados em animais doentes. Estes autores observaram segmentos renais não-deformáveis, com áreas corticais e de pelve com aspecto homogêneo e áreas medulares heterogêneas (imagem mosaico - devido à presença de urina) na avaliação qualitativa

(elastograma em tons de cinza). As regiões corticais apareceram mais rígidas (com uma ecogenicidade meados de cinza) do que a pelve renal (ecogenicidade branca) e regiões medulares (ecogenicidade tipo mosaico) (Figura 2).

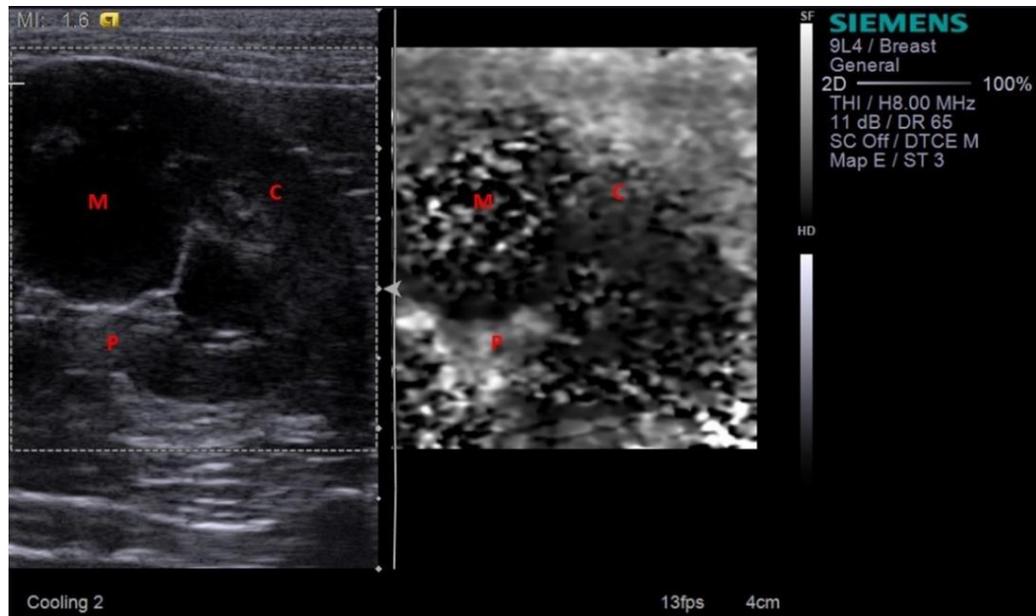


Figura 2. Imagem ultrassonográfica em modo B e elastograma do rim de um gato hígido, onde pode-se observar a medular (M) (com padrão em mosaico) cortical (C), (em cinza médio) e pelve (P) (cinza claro) (Laboratório de reprodução animal - UNESP Jaboticabal).

Para o estudo quantitativo (Figura 3), foram realizadas mensurações tanto de região cortical quanto de região medular observados valores médios foram de: 2,31 – 2,54, para cortical e 1,62 – 1,96 para medular; Estes resultados também foram semelhantes aos valores reportados encontrados em cães adultos para o intervalo interquartil: 2,2 - 3,31m/s (HOLDSWORTH et al., 2014).

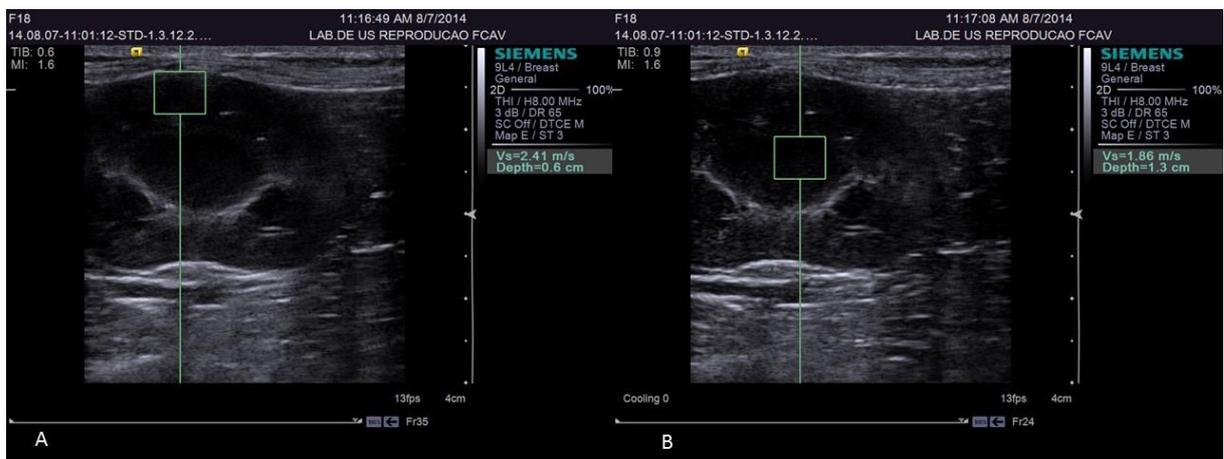


Figura 3. Imagem ultrassonográfica do rim de um gato para obtenção dos valores das velocidades de cisalhamento, em cortical (A) e em medular (B) (Laboratório de reprodução animal - UNESP Jaboticabal).

Em medicina Bota et al. (2015) constataram que os valores renais de velocidade de onda de cisalhamento avaliados pela elastografia ARFI em 'pacientes normais' foram influenciados principalmente pela idade e sexo dos mesmos; os valores mais baixos foram obtidos em pacientes mais velhos e em homens. Em um estudo com pacientes com afecções renais, Hu et al. (2014) constataram que os valores da velocidade de cisalhamento diminuía com comprometimento da função renal, com valores de 2,65m/s para os rins com lesões brandas, 2,50m/s para tecidos com deficiência moderada e 2,33m/s para rins gravemente comprometidos, demonstrando assim que a técnica pode ser útil para estadiamento da afecção e do comprometimento das estruturas renais. Adicionalmente, tem se verificado sua aplicabilidade na avaliação tumoral, como observado por Guo et al. (2014), os quais comentam sobre a diferença da velocidade de cisalhamento em massas com maior

quantidade de tecido fibroso (maiores valores de velocidade) do que tumores onde há maior vascularização e menor grau de fibrose.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAI M.; DU L.; GU J. LI, F.; JAI, X. Virtual touch tissue quantification using acoustic radiation force impulse technology: initial clinical experience with solid breast masses. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 31, p. 289-294, 2012.

BALLEYGUIER, C.; CANALE, S.; BEN HASSEN, W.; VIELH, P.; BAYOU, E. H.; MATHIEU, M. C.; UZAN, C.; BOURGIER, C.; DROMAIN, C. Breast elasticity: Principles, techniques, results: An update and overview of commercially available software. **European Journal of Radiology**, v. 82, n. 3, p. 427-434, 2013.

BOTA S.; SPOREA I.; SIRLI R.; POPESCU, A. Spleen assessment by acoustic radiation force impulse elastography (ARFI) for prediction of liver cirrhosis and portal hypertension. **Medical Ultrasonography**, v. 12, p. 213-217, 2010.

BOTA, S.; BOB, F.; SPOREIA, I.; SIRILI, R.; POPESCU, A. Factors that influence kidney shearwave speed assessed by acoustic radiation force impulse elastography in patients without kidney pathology. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 41, n. 1 p. 1-6, 2015.

BRITO, M. B. S.; FELICIANO, M. A. R.; COUTINHO, L. N.; SIMÕES, A. P. R.; MARONEZI, M. C.; GARCIA, P. H. S.; USCATEGUI, R. R.; ALMEIDA, V. T.; CRIVELARO, M. R.; VICENTE, W. R. R. ARFI Elastography of Healthy Adults Felines Testes. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 43, p. 1303, 2015.

CANTISANI, V.; LODISI, P.; GRAZHDANI, H.; MANCUSO, E.; MAGGINI, E.; DI ROCCO, G.; D'AMBROSIO, F.; CALLIADA, F.; REDLER, A.; RICCI, P.; CARLO, C. Ultrasound elastography in the evaluation of thyroid pathology. Current status. **European Journal of Radiology**, v. 83, p. 420-428, 2014.

CARVALHO, C. F. **Dopplervelocimetria renal em gatos Persas: valores de referência**. 2009 103f. Tese (Doutorado em Ciências) Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CARVALHO C. F.; CHAMMAS M. C. Elastography – Elastografia – uma nova tecnologia associada à ultrassonografia. **Clínica Veterinária**, v. 104, n. 17, p. 62-70, 2013.

CARVALHO, C. F.; CHAMMAS, M. C.; OLIVEIRA, C. P. M. S.; COGLIATI, B.; CARRILHO F. J.; CERRI, A. G. Elastography and contrast-enhanced ultrasonography improves early detection of hepatocellular carcinoma in experimental model of NASH. In: 47 th Annual meeting of the European Association for the study of the liver - The International Liver Congress 2012, Barcelona. **Journal of clinical and Experimental Hepatology**, v. 3, n. 2, p. 93-101, 2012.

CARVALHO, C. F.; CINTRA, T. C. F.; CHAMMAS, M. C. Elastography: Principles and considerations for clinical research in veterinary medicine – review, **Journal of Veterinary Medicine and Animal Health**, v. 7, n. 3, p. 99-110, 2015.

COMSTOCK, C. Ultrasound elastography of breast lesions. **Ultrasound Clinics** v. 6, n. 3 p. 407-415, 2011.

D'ANJOU, M. A.; PENNINK, D. Kidney and Ureters. In:_____. (Ed.) **Atlas of Small Animals Ultrasonography**, 2ª edição, Wiley Blackwell, 2015. p. 331-362.

DEBRUYN, K.; PAEPE, D.; DAMINET S.; COMBES, A.; DUCHATEAU. L.; PEREMANS, K.; SAUNDERS, J. H. Comparison of renal ultrasonographic measurements between healthy cats and three catbreeds: Ragdoll, British Shorthair and Sphynx. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v. 15, n. 6, p. 478–482, 2013.

DESTOUNIS, S.; GRUTTADAURIA, J. L. Elasticity Imaging 101. **Journal of Radiology Nursing**, v. 32, n. 3 p. 124-130, 2013.

DIBARTOLA, S. P.: Abordagem clínica e avaliação laboratorial da afecção renal in: ETTINGER S.J., FELDMAN E.C. **Tratado de medicina interna veterinária**. São Paulo: Ed. Manole, 1997. p. 2355- 2373.

DOBRUCH-SOBCZAK, K.; SUDOL-SZOPÍŃSKA, I. The usefulness of sonoelastography in the differential diagnosis of solid breast lesions. **Ultrasonografia**, v. 11, p. 8-16, 2011.

DUDEA, S. M.; GIURGIU, C. R.; DUMITRIU, D.; CHIOREAN, A.; CIUREA, A.; BOTAR-JID, C.; COMAN, I. Value of ultrasound elastography in the diagnosis and management of prostate carcinoma. **Medical Ultrasonography Journal**, v. 13, n. 1, p. 45-53, 2001.

DYCE, K.M.; SACK, W.O.; WENSING, C.J.G. Abdomen dos Carnívoros In:_____ (Ed.) **Tratado de anatomia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 407-424.

ELLENPORT, C. R. Sistema Urogenital. In: GETTY, R. **Anatomia dos animais domésticos**, 5ª edição Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. p. 1481-1484.

FAHEY, B. J.; NIGHTINGALE, K. R.; NELSON, R. C.; PALMERI, M. L.; TRAHEY, G. E. Acoustic radiation force impulse imaging of the abdomen: demonstration of feasibility and utility. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 31, n. 9, p. 1185–1198, 2005.

FELICIANO, M. A. R., MARONEZI, M. C., CRIVELLENTI, L. Z.; CRIVELLENTI, S. B., SIMÕES, A. P. P.; BRITO, M. B. S.; GRACIA, P. H. S.; VICENTE, W. R. R. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of the spleen in healthy adult cats – a preliminary study. **Journal of Small Animal Practice**, v. 56, n. 3, p. 180-183, 2014.

FELICIANO, M. A. R.; MARONEZI, M. C.; PAVAN, L.; CASTANHEIRA, T. L.; SIMÕES, A. P. R.; CARVALHO, C. F.; CANOLA, J. C.; VICENTE, W. R. R. ARFI elastography as complementary diagnostic method of mammary neoplasm in female dogs – preliminary results. **Journal of Small Animal Practice**, v. 55, n. 10 p. 504-508, 2014.

FELICIANO, M. A. R.; MARONEZI, M. C.; SIMÕES, A. P. R.; MACIEL, G. S.; PAVAN, L.; GASSER, B.; SILVA, P.; USCATEGUI, R. R.; CARVALHO, C. F. CANOLA, J. C.; VICENTE, W. R. R. Acoustic radiation force impulse elastography of prostate and testes of healthy dogs: preliminary results. **Journal of Small Animal Practice**, v. 56, n. 5, p. 320-324, 2015a.

FELICIANO, M. A. R.; MARONEZI, M. C.; BRITO, M. B. S.; SIMÕES, A. P. R.; MACIEL, G. S.; CASTANHEIRA, T. L. L.; GARRIDO, E.; USCATEGUI, R. R.; MICELI, N. G.; VICENTE, W. R. R. Doppler and Elastography as complementary diagnostic methods for mammary neoplasms in female cats. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 3, p. 935-939, 2015b.

FELICIANO, M. A. R.; MARONEZI, M. C.; SIMÕES, A. P. R.; MACIEL, G. S.; PAVAN, L.; GASSER, B.; SILVA, P.; USCATEGUI, R. R.; CARVALHO, C. F. CANOLA, J. C.; VICENTE, W. R. R. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of testicular disorders in dogs: preliminary results. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68 n. 2, 2016.

FRANCEY, T.; SCHWEIGHAUSER, A. Clinical epidemiology of kidney diseases in the cat. **Veterinary Focus**, v 8, n 12 p xx, 2008.

GARCIA, P. H. S.; CRIVELLENTI, L. Z.; FELICIANO, M. A. R. Rins. In: FELICIANO, M. A. R.; CANOLA, J. C. e VICENTE, W. R. R. **Diagnóstico por imagem em cães e gatos**, 1.ed. São Paulo, MedVet, 2015. cap. 12, p. 411-439.

GARCIA, P. H. S.; FELICIANO, M. A. R.; CARVALHO, C. F.; CRIVELLENTI, L. Z.; MARONEZI, M. C.; ALMEIDA, V. T.; USCATEGUI, R. R.; VICENTE, W. R. R. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of kidneys in healthy adult cats: preliminary results. **Journal of Small Animal Practice**, v. 56, n. 8 p. 505-509, 2015.

GODDI A.; BONARDI M.; ALESSI S. Breast elastography: a literature review. **Journal of Ultrasound**, v.15, n.3, p.1-7, 2012.

GÖYA, C.; HAMIDI, C.; ECE, A.; OKUR, H. H.; TAŞDEMİR, B.; ÇETINÇAKMAK, M. C., HATTAPOĞLU, S.; TEKE M.; ŞAHİN, C. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography for detection of renal damage in children. **Pediatric Radiology**, v. 45, n. 1. p. 55-61, 2014.

GRENIER, N.; GENNISSON, J. L.; CORNELIS, F., LE BRAS, Y.; COUZI, L. Renal ultrasound elastography, **Diagnostic and Interventional Imaging**, v. 94, n.5, p. 545-550, 2013.

GUO, L. H.; LIU, B. J.; XU, H. X.; LIU, C.; SUN, L.; ZHANG, Y.; XU, J. M.; WU, J.; XU, X. Acoustic radiation force impulse elastography in differentiating renal solid masses: a preliminary experience. **International Journal of Clinical and Experimental Pathology**, v. 7, n. 11, p. 7469-7476, 2014.

HART, D. H.; WINTER, M. D.; CONWAY J.; BERRY, C. R. Ultrasound appearance of the outer medulla in dogs without renal dysfunction **Veterinary radiology & Ultrasound**, v. 54, n. 6, p. 652–658, 2013.

HOLDSWORTH A.; BRADLEY K.; BIRCH S.; BROWNE, W. J. e BARBARETE, V. Elastography of the normal canine liver, spleen and kidneys. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 55, n. 6, p. 620-627, 2014.

HOSKINS, P. R. Principles of ultrasound elastography. **Ultrasound**, v. 20, n. 1, p. 8-15, 2012.

HU, Q.; WANG X. Y.; HE, H. G.; WEI, H. M.; KANG, L. L.; QIN, G. C.: Acoustic Radiation Force Impulse Imaging for Non-Invasive Assessment of Renal Histopathology in Chronic Kidney Disease. **PLOS ONE journal**, disponível em <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0115051>>, 2014.

KONOFAGOU, E. E. Quo vadis elasticity imaging? **Ultrasonics**, v. 42 n. 1-9 p. 331-336, 2004.

LANG, J. Trato Urinário. In: MANNION, P. **Ultrassonografia de Pequenos Animais**. 1. Ed Rio de Janeiro: Revinter, 2010. cap. 7, p.109-144.

LEES, E.G. Early diagnosis of renal disease and renal failure. **Veterinary clinics Small animals practice**, v. 34, p. 867-855, 2004.

LIU, B.; LU, F.; XU, H. X.; GUO, L. H.; LI, D. D.; BO, X. W.; LI, X. L.; ZHANG, Y. F.; XU, J. M.; XU, X. H.; QU, X. The diagnosis value of acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography for thyroid malignancy without highly suspicious features on conventional ultrasound. **International Journal of Clinical and Experimental Medicine**, v. 8 n. 9, p. 15362–15372, 2015.

MARONEZI, M. C.; FELICIANO, M. A. R.; CRIVELLENTI, L. Z.; SIMÕES, A. P. R.; BARTLEWSKI, P. M.; GILL, I.; CANOLA, J. C. C.; VICENTE, W. R. R. Acoustic radiation force impulse elastography of the spleen in healthy dogs of different ages. **Journal of Small Animal Practice**, v. 56, n. 6, p. 393-397, 2015.

NIGHTINGALE K. R. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) Imaging: a Review. **Current Medical Imaging Reviews**, v. 7, n. 4, p. 328-339, 2011.

NIGHTINGALE, K. R.; SOO, M. S.; NIGHTINGALE, R. W.; TRAHEY, G. E. Acoustic radiation force impulse imaging: in vivo demonstration of clinical feasibility. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 28, n. 2 p. 227-235, 2002.

NYLAND, T. G.; WIDMER, W. R.; MATTON, J. S. In: MATTON, J. S. NYLAND, T. G.; **Small Animals Diagnostic Ultrasound**, 3ed. St. Louis: Elsevier/Saunders, 2015. p. 557-607.

O'BRIEN, R. T.; HOLMES, E. S. P. Recent advances in ultrasound technology. **Clinical Techniques in Small Animal Practice** . v. 22, n. 3, p. 93-103, 2007.

OPHIR, J.; CÉSPEDES, I.; PONNEKANTI, H.; YAZDI, Y.; LI, X. Elastography: A Quantitative Method for Imaging the Elasticity of Biological Tissues. **Ultrasoic Imaging**, v. 13, n. 2, p. 111-134, 1991, disponível em: <DOI: 10.1177/016173469101300201>

PALMERI, M. L.; NIGHTINGALE, K. Acoustic radiation force-based elasticity imaging methods. **Interface Focus**, v. 1, n. 4, p. 553 - 564.

SĂFTOIU, A.; GHEONEA, D. I.; CIUREA, T. Hue histogram analysis of real-time elastography images for noninvasive assessment of liver fibrosis. **American Journal of Roentgenology**, v. 189, n. 4 p. 232-233, 2007.

SARVAZYAN, A. P. Shear acoustic properties of soft biological tissues in medical diagnostics. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 93, n. 4, p. 23-29, 1993.

SEYREK-INTAS, D., KRAMER, M. Renal imaging in cats. **Veterinary Focus**, v. 18 n. 2, p. 23-30, 2008.

SIMÕES, A. P. R. **Ultrassonografia modo B e elastografia ARFI pulmonar e hepática fetal como método preditivo para a maturidade dos conceptos em fase final de gestação de cadelas**. 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016.

SRINIVASAN, S.; KROUSKOP, T.; OPHIR, J. A quantitative comparison of modulus images obtained using nan indentation with strain elastograms. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 30, n. 7, p. 899-914, 2004.

STOCK, K. F.; KLEIN, B. S.; CONG, M. T.; SARKAR, O; RÖMISCH, M; REGENBOGEN, C.; BÜTTNER, M.; SCHUSTER, T.; MATEVOSSIAN, E.; AMANN, K.; CLEVERTE, D. A.; HEEMANN, U.; KÜCHLE, C. ARFI-based tissue elasticity quantification in comparison to histology for the diagnosis of renal transplant fibrosis. **Clinical Hemorheology and Microcirculation**, v. 46, n. 2, p. 139-148, 2010.

SYVERSVEEN, T.; BRABRAND, K.; MIDTVEDT K.; STROM, E. H.; HARTMANN, A.; JAKOBSEN, J. A.; BERSTAD, A. E. Assessment of renal allograft fibrosis by acoustic radiation force impulse quantification – a pilot study. **Transplant International**, v. 24, n. 1, p. 100-105, 2011.

SYVERSVEEN, T.; MIDTVEDT, K.; BERSTAD, A. E.; BRABRAND, K.; STROM, E. H., ABILDGAARD, A. Tissue elasticity estimated by acoustic radiation force impulse quantification depends on the applied transducer force: an experimental study in kidney transplant patients. **Transplant International**, v. 22, n. 10, p. 2130-137, 2012.

TOZAKI, M.; ISOBE, S. e FUKUMA, E. Preliminary study of ultrasonographic tissue quantification of the breast using the acoustic radiation force impulse (ARFI) technology. **European Journal of Radiology**, v. 80, n. 2, p. 182-187, 2011.

VAC, M. H. Ultrassonografia do sistema urinário. In: CARVALHO, C. F. **Ultrassonografia em Pequenos Animais**. 2ª Ed. São Paulo: Roca, 2014. p. 133-182.

WANG, L.; XAI, P.; LV, K.; HAN, J.; DAI, Q.; LI, X.; CHEN, L.; JIANG, Y. Assessment of renal tissue elasticity by acoustic radiation force impulse quantification with histopathological correlation: preliminary experience in chronic kidney disease. **European Society of Radiology**, v. 24, p.1694- 1699, 2014.

YAVUZ, A.; BORA, A.; BULUT, M. D.; BATUR, A.; MILANLIOGLU, A.; GÖYA, C.; ANDIC, C. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) elastography quantification of muscle stiffness over a course of gradual isometric contractions: a preliminary study. **Medical Ultrasonography**, v. 17, n. 1 p. 49-57-2015.

Capítulo 2 - Elastografia ARFI (acoustic radiation force impulse) em rins de gatos adultos hígidos – resultados preliminares



PAPER

Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of kidneys in healthy adult cats: preliminary results

P. H. S. Garcia¹, M. A. R. Feliciano², C. F. Carvalho³, L. Z. Crivellenti⁴, M. C. Maronezi⁵, V. T. Almeida², R. R. Uscategui² and W. R. R. Vicente²

Version of Record online: 4 JUN 2015
DOI: 10.1111/jsap.12373
© 2015 British Small Animal Veterinary Association

Issue



Journal of Small Animal Practice
Volume 56, Issue 8, pages 505–509, August 2015

Resumo

Objetivos: descrever o uso da elastografia acoustic radiation force impulse (ARFI) na avaliação dos rins de gatos adultos.

Materiais e Métodos: Dez gatos de pêlo curto adultos saudáveis foram incluídos. A ecogenicidade, ecotextura, relação cortico-medular, tamanho e bordas dos rins foram avaliados pela ultrassonografia modo-B e utilizou-se a elastografia para detectar a presença de deformidades teciduais, rigidez e determinar as velocidades de cisalhamento de diferentes porções renais (cranial, medial e caudal; em córtex e medular renal).

Resultados: as avaliações ultrassonográficas foram normais em todos os gatos. A elastografia qualitativa demonstrou que o córtex renal não era deformável e apresentou áreas cinza escuro homogêneas; a pelve renal demonstrou rigidez menor (branca); e a medular apresentou padrão de mosaico. Os resultados para a velocidade de cisalhamento foram diferentes nas regiões cranial, medial e caudal da cortical e medular: $2,46 \pm 0,45$, $2,46 \pm 0,48$ e $2,37 \pm 0,42$ m/s ($P = 0,795$) em córtex; e $1,61 \pm 0,69$, $1,75 \pm 0,66$ e $2,00 \pm 0,55$ m/s ($P = 0,156$) em medular, respectivamente.

Significância clínica: A elastografia ARFI quantitativa e qualitativa do rim de gatos adultos foram facilmente realizadas e este estudo fornece valores de referência para permitir o uso desta técnica em animais doentes.

Introdução

A ultrassonografia renal em animais de pequeno porte fornece informações importantes sobre a anatomia dos rins, incluindo dimensões, contornos e arquitetura interna, independentemente da sua função (Silva et al. 2008), possibilitando a identificação da cortical, medular e regiões da pelve renal (Yeager & Anderson, 1989; D'Anjou, 2011). Especificamente em gatos, o acúmulo dos vacúolos de gordura na cortical renal pode ser confundido com um aumento patológico da ecogenicidade do córtex (Yeager & Anderson 1989, D'Anjou, 2011).

A modificação da ecogenicidade renal é apenas um dos vários parâmetros para avaliar a doença renal em gatos. O diagnóstico definitivo das diferentes doenças renais em animais de pequeno porte requer biópsia renal e exame histopatológico, sendo que ambos são métodos invasivos que carregam um certo grau de risco (Seyrek-Intas & Kramer, 2008).

A elastografia é uma técnica de ultrassom promissora que avalia a elasticidade do tecido. Vários métodos para avaliar a elasticidade do tecido têm sido propostos, tal como a compressão, a acoustic radiation force impulse (ARFI) e tempo real da velocidade de cisalhamento (RSV) (Feliciano et al. 2014a).

A elastografia por compressão baseia-se na alteração da velocidade da onda de som (e assim a mudança no tempo de ecos de retorno para o transdutor) induzida pela aplicação de uma força de compressão no órgão ou estrutura a ser examinada, e é realizada por meio da comparação de imagens obtidas previamente e após a aplicação de pressão pelo transdutor (Saftoiu et al. 2007, Hoskins, 2012, Destounis & Gruttadauria, 2013). No entanto, a técnica é operador-dependente e é sensível a conformação corporal (peso e profundidade do tecido), particularmente quando se avalia órgãos mais profundos ou pacientes obesos (Carvalho & Chammas, 2013).

A elastografia ARFI é um método seguro e não-invasivo e fornece ambas as medidas quantitativas e qualitativas da rigidez do tecido (Duda et al. 2011), sendo baseada na propagação de uma força capaz de provocar o deslocamento do tecido, sem a necessidade de compressão manual. Em comparação com outros métodos, esta técnica é mais precisa com menor variação entre observadores e com maior reprodutibilidade (Carvalho & Chammas, 2013).

A elastografia ARFI envolve a geração de ondas de cisalhamento usando a força da radiação impulso ou força de cisalhamento associada com uma imagem em modo B (Carvalho et al. 2015). Para ARFI qualitativa, impulsos acústicos curtos e intensidades elevadas são utilizadas para deformar os elementos do tecido e criar um mapa estático (elastograma) da rigidez relativa do tecido. Em geral, as áreas mais claras representam os tecidos mais deformáveis (Goddi et al. 2012, Feliciano et al. 2014a). O estudo quantitativo utiliza um impulso acústico primário em uma região de interesse, promovendo a formação de ondas de pressão capaz de deformar os tecidos, aumentando a velocidade de propagação das ondas de pressão (cisalhamento). A velocidade de propagação é relacionada com a rigidez e viscoelasticidade do tecido. As ondas têm uma velocidade mais elevada em tecidos rígidos (Comstock, 2011).

Em medicina veterinária, a técnica ARFI é uma ferramenta recente e tem sido utilizada para avaliar lesões focais hepáticas em ratos (Carvalho et al. 2012), tumores mamários em cadelas (Feliciano et al., 2014b), baço, fígado e rins de cães adultos (Holdsworth et al. 2014), tecido esplênico em gatos (Feliciano et al. 2014a) e próstata e testículos nos cães (Feliciano et al. 2015).

Em nefrologia humana, a elastografia foi utilizada no estudo da insuficiência renal crônica (Hu et al., 2014), para a detecção de áreas de fibrose renal (Fahey, et al. 2005, Syversvee, 2010) e classificação das massas renais (Guo et al. 2014), o que sugere a possibilidade de utilizar esta técnica para avaliar doenças renais em animais. No entanto, valores de referência para felino e caninos saudáveis para a elastografia ARFI renal (incluindo o uso da onda de cisalhamento), são necessários para permitir a avaliação da patologia renal.

Em medicina felina, um estudo piloto (White et al. 2014) utilizou a combinação de ultrassom modo-B e elastografia por compressão para auxiliar no diagnóstico de alterações nos órgãos abdominais, incluindo o rim. Considerando as informações desse estudo piloto e os relatórios de elastografia ARFI na avaliação de tecidos de pequenos animais, os objetivos deste estudo foi descrever a técnica de elastografia ARFI na avaliação do rim dos gatos adultos, para avaliar a rigidez do parênquima renal saudável, e determinar os valores padrões da técnica ARFI, ainda não descritos em medicina felina.

Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Brasil (protocolo nº 18.897/13). Foram avaliados os rins de 10 gatos domésticos machos, de pêlo curto, adultos e saudáveis (20 unidades renais no total), entre 2 - 6 anos de idade (média de idade = $4,7 \pm 1,62$ anos), e pesando entre 2,9 e 4,3 kg (média = $3,45 \pm 0,7$ kg). Os animais foram selecionados para este estudo após apresentarem normalidade ao exame físico normal, sem alterações hematológicas, no perfil bioquímico (uréia e creatinina), exame de urina e na relação proteína/creatinina urinária (UPC).

Após a seleção dos animais, foi realizada ampla tricotomia abdominal para permitir a avaliação ultrassonográfica. Antes do exame, gel de acoplamento foi aplicada à pele. Os animais foram sedados por meio de injeção intramuscular de 0,5 mg/kg de clorpromazina e 5 mg/kg de cloridrato de tramadol como pré-medicação. Após 15 minutos, a anestesia foi induzida com 10 mg/kg de cetamina por via intramuscular, e, subsequentemente, um cateter intravenoso foi colocado na veia cefálica.

A ultrassonografia foi realizada por um único ultrassonografista experiente. A ultrassonografia em modo B foi realizada com um transdutor matricial linear de 9,0 MHz, utilizando equipamento ACUSON S2000/ SIEMENS (Siemens, Munique, Alemanha). A ecotextura (homogênea ou heterogênea), ecogenicidade (hipoeoico, hiperecoico ou misto) do parênquima, tamanho (comprimento e largura) e relação cortico-medular dos rins foram avaliados.

Para a elastografia, utilizou-se o software para análises qualitativa e quantitativa, usando o método ARFI com transdutor matricial linear de 9,0 MHz (Syversveen et al. 2011, Feliciano et al. 2014b).

Após a realização modo B, a técnica ARFI qualitativa foi aplicada, resultando na formação de imagens em escala de cinza das porções caudal e cranial do rim. As imagens foram avaliadas quanto a presença de deformidades e padrão de cinza: áreas em branco (indicativas de tecido mais elástico, menos rígido e mais deformáveis) e áreas escuras (tecido mais rígido e regiões não-deformáveis dentro do rim).

A avaliação quantitativa também foi realizada. Foi aplicado o mecanismo para obtenção da velocidade de cisalhamento e o calíper foi posicionado no parênquima renal. Seis medições em cada porção (porções craniais, medial e caudais da cortical e na medula renal) dos rins foram obtidas (com a profundidade entre 0,6 e 2,4 cm para o córtex e 0,9 e 2,7 cm para a medular) e utilizada para determinar as velocidades de cisalhamento (média e desvio padrão (SD)) (Fig. 1).

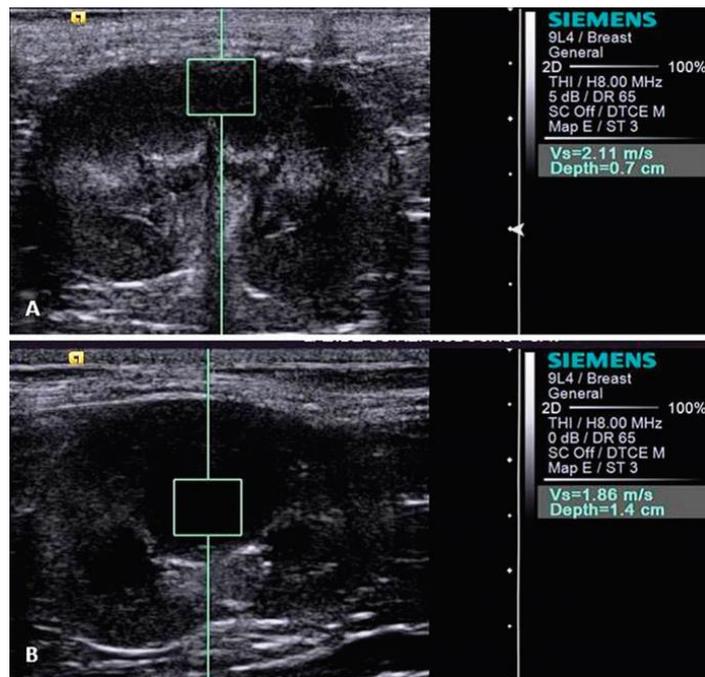


Figura 1: Imagem ultrassonográfica de rim felino durante avaliação ARFI quantitativa da região cortical (A) e medular (B). Note a mensuração da velocidade de cisalhamento de tecido renal, com presença do calíper na porção avaliada.

Os dados foram analisados para a normalidade dos resíduos e a homogeneidade da variância (teste F). PROC SIGNIFICA-SAS™ e Graph-Pad Prism 4™ foram utilizados para análise. O nível de significância foi estabelecido $P < 0,05$ para todos os testes. As médias foram avaliadas pela análise de variância (ANOVA). Além disso, aplicou-se Teste t para amostras emparelhadas (para todas as velocidades de cisalhamento e profundidade das diferentes porções renais). Utilizando o teste de Pearson, uma correlação foi avaliada em relação ao peso dos animais e a velocidade de cisalhamento obtidas nas várias porções do rim felino. Os dados qualitativos (ecotextura, ecogenicidade, tamanho e bordas; imagens em tons de cinza e presença de deformidades) foram descritos.

Resultados

Avaliação ultrassonográfica dos rins de todos os gatos não demonstrou quaisquer anormalidades de ecotextura, ecogenicidade do parênquima, tamanho e relação cortico-medular.

Na elastografia qualitativa, os segmentos renais avaliados foram não-deformáveis, com áreas corticais e de pelve homogêneas. As áreas medulares apareceram heterogêneas (aparência em mosaico) devido à presença de urina. As regiões corticais apareceram mais rígidas (coloração cinza médio) do que a pelve renal (coloração branca) e regiões medulares (tipo mosaico) (Figura 2).

Utilizando a elastografia quantitativa, os valores médios para a velocidade de cisalhamento foram: 2,46 m/s para região cranial, 2,46 m/s para porção medial e 2,37 m/s para região caudal do córtex renal (intervalo de confiança de 95%: 2,31 e 2,54 m/s); e 1,61 m/s para porção cranial, 1,75 m/s para região medial e 2,00 m/s para porção caudal da medular renal (intervalo de confiança de 95%: 1,62 e 1,96 m/s); não observou-se diferença estatística entre os valores obtidos e suas porções (cortical: $P = 0,795$; e medular: $P = 0,156$) (Tabela 1). A elastografia quantitativa da região cortical ($2,43 \pm 0,45$ m/s) foi aproximadamente 35% maior ($P < 0,001$) do que a região medular ($1,79 \pm 0,65$ m/s).

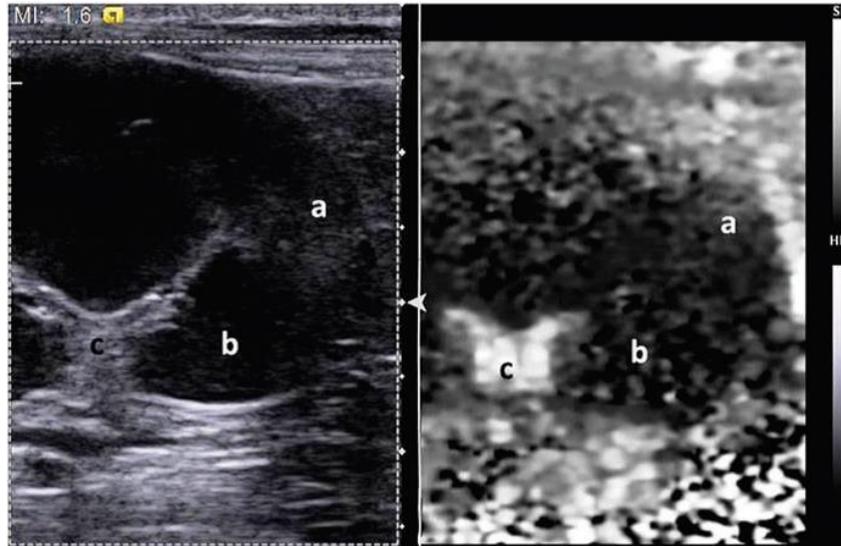


Figura 2: Imagem ultrassonográfica do rim de gato durante avaliação ARFI qualitativa. Note imagem em modo B (à esquerda) e da elastografia do rim (direito) com a porções de tecido em tons de cinzento com a caracterização da rigidez da pelve (C), medular (b) e cortical (a).

Ao avaliar as estruturas renais direita e esquerda dos gatos, os valores médios da velocidade de cisalhamento não apresentaram diferença estatística em relação às porções renais (cranial, média e caudal) e regiões (cortical e medular) ($P > 0,05$; Tabela 2).

Nenhuma correlação significativa foi encontrada entre o peso corporal e valores para velocidade de cisalhamento no tecido renal ($P = 0,707$; Fig. 3) e da profundidade utilizada para avaliação do rim esquerdo ($1,58 \pm 0,48$ cm) e direito ($1,72 \pm 0,54$ cm) ($P = 0,15$).

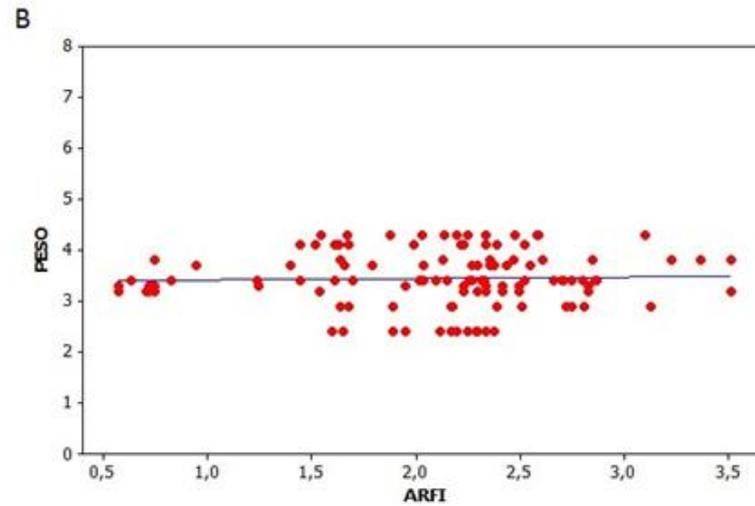


Figura 3: Ilustração gráfica que mostra a correlação entre a velocidade de cisalhamento renal e peso dos animais felinos avaliada.

Tabela 1. Valores médios (\pm desvio padrão) (m/s) e intervalos de confiança 95% (IC 95%) para velocidades de cisalhamento das diferentes porções dos rins felinos.

Rim	Porções			IC 95%	Valor P
	cranial	medial	caudal		
Cortical	2,46 \pm 0,45	2,46 \pm 0,48	2,37 \pm 0,42	2,31 – 2,54	0,795
Medular	1,61 \pm 0,69	1,75 \pm 0,66	2,00 \pm 0,55	1,62 – 1,96	0,156

One-way ANOVA a 5% de nível de significância.

IC: intervalo de confiança de 95%.

Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) (m/s) (IC 95%) para velocidades de cisalhamento dos rins esquerdo e direito de gatos (em região cranial, média e caudal) determinada usando a elastografia ARFI quantitativa.

Rim	cranial	medial	caudal	Valor P
Cortical esquerda	2,41 \pm 0,33	2,25 \pm 0,49	2,52 \pm 0,55	0,42
(IC 95%)	2,17 – 2,64	1,89 – 2,60	2,13 – 2,92	
Medular esquerda	1,63 \pm 0,72	2,14 \pm 0,32	1,51 \pm 0,64	0,052
(IC 95%)	1,11 – 2,14	1,91 – 2,37	1,05 – 1,97	
Cortical direita	2,50 \pm 0,55	2,49 \pm 0,31	2,39 \pm 0,40	0,80
(IC 95%)	2,10 – 2,90	2,27 – 2,72	2,09 – 2,68	
Medular esquerda	1,58 \pm 0,70	1,85 \pm 0,70	1,98 \pm 0,62	0,41
(IC 95%)	1,08 – 2,09	1,35 – 2,35	1,53 – 2,43	

One-way ANOVA a 5% de nível de significância.

IC: intervalo de confiança de 95%.

Discussão

O diagnóstico de doenças renais em gatos é realizado por meio da associação de achados clínicos, exames laboratoriais e outras técnicas, tais como a ultrassonografia. No entanto, o diagnóstico de doenças renais é feito geralmente em um estágio bastante avançado do processo da doença, devido à capacidade de reserva funcional das estruturas renais, comprometendo o prognóstico do animal (Heine, 2008). Isto implica na necessidade para estudos de novas técnicas de diagnóstico, tais como a elastografia ARFI. Este é o primeiro estudo utilizando a técnica ARFI na avaliação de estruturas renais de gatos obtendo valores de referência para esta técnica, sugerindo que o estudo da rigidez pode ser usado para aumentar a sensibilidade de um diagnóstico de alterações renais crônicas.

A ultrassonografia é em exame importante para a avaliação renal de gatos, mas não é uma técnica de diagnóstico específica, devido à dificuldade de se identificar anormalidades difusas e diferenciar tecidos malignos e benignos (Vescovi et al. 2009, Garcia et al. 2012). Os resultados preliminares para a avaliação da elastografia ARFI

de neoplasias mamárias em cadelas demonstraram que a malignidade está relacionada com a presença de tecido rígido e não deformável e com velocidade de cisalhamento elevada (Feliciano et al., 2014b). É possível que a doença renal (por exemplo, neoplasias) possa produzir alterações que são detectáveis pela elastografia ARFI, e isto pode auxiliar no diagnóstico de anormalidades renais futuramente.

A avaliação do parênquima renal de gatos com a elastografia qualitativa por compressão sugeriu que a região cortical é menos rígida do que a medular e pelve (White et al., 2014). Em contraste, observou-se neste estudo que a região cortical é mais rígida do que a região medular e pelve, uma característica que foi confirmada por meio da avaliação quantitativa ARFI. Estas diferenças na rigidez da região renal são explicadas pelas diferenças nas características histológicas e estruturais das porções renais, pois o córtex renal compreende os corpúsculos renais e túbulos contornados proximais (promovendo uma característica consistente); a medular é composta pelas alças de Henle e os ductos coletoras; e a presença da deposição de tecido adiposo na pelve (Ellenport, 1986; Colville, 2010). Espera-se que esta técnica possa ser utilizada para caracterizar as áreas intra-parenquimatosas (duro/ macio ou deformável/ não-deformável), demonstrando alterações na homogeneidade tecidual e das diferentes porções renais nos animais.

É importante mencionar que a diferença observada nos resultados deste estudo e de White et al. (2014) em gatos pode ser explicado pelo tipo da técnica utilizada e a seleção de animais. White et al. (2014) utilizaram a técnica de compressão e as estruturas renais avaliadas dependem das diferenças na compressão. Esta modalidade de elastografia é dependente e sensível à conformação corporal dos animais. Além disso, os felinos utilizados neste estudo não foram avaliados para anormalidades renais (histórico clínico, exame hematológico, perfil bioquímico e urinálise). No presente estudo, a elastografia ARFI é automática (sem a necessidade de compressão manual) com menos variação inter-observador e com maior reprodutibilidade; e os animais foram avaliados clinicamente (exame hematológico, uréia e creatinina, urinálise e avaliação do UPC) e foram todos considerados saudáveis.

Para minimizar os efeitos da conformação corporal (peso abdominal e profundidade), da idade e sexo, citados por Holdsworth et al. (2014) na elastografia

de baço canino, foram utilizados animais machos da mesma raça, com pouca variação no peso e idade. Ato contínuo, não se verificou correlação ($P > 0,05$) entre o peso dos animais e a profundidade das estruturas renais com os valores da elastografia quantitativa renal.

Por meio da ARFI quantitativa verificou-se que os valores da velocidade de cisalhamento nas porções renais (cortical e medular) foram semelhantes ($P < 0,05$). Os resultados obtidos para a velocidade de cisalhamento no rim de gatos adultos foram semelhantes às observadas em indivíduos humanos saudáveis; valores médios foram de $2,49 \pm 0,81$ m/s para o rim direito e de $2,36 \pm 0,75$ m/s para o rim esquerdo (Bota et al. 2015). Estes resultados também foram semelhantes aos valores reportados em cães adultos para o intervalo de 2,2 - 3,31 m/s (Holdsworth et al. 2014).

Os valores quantitativos obtidos por meio da ARFI renal nos gatos adultos são os primeiros descritos em medicina de felinos, sendo que mais estudos em animais com doença renal devem ser realizados para avaliar a aplicabilidade da técnica em na rotina clínica veterinária. Esta técnica tem demonstrado sua aplicabilidade na avaliação do tecido mamário em seres humanos (Tozaki et al. 2011; Bai et al. 2012) e em cadelas (Feliciano et al. 2014b), em que altos valores de cisalhamento (em comparação com tecido mamário saudável) são correlacionados com uma maior rigidez do tecido mamário e, conseqüentemente, aumento da probabilidade de malignidade.

Os valores de referência determinados para a velocidade de cisalhamento do rim de gatos adultos pode auxiliar no diagnóstico de lesões malignas nos tecidos, favorecendo um diagnóstico precoce e antecipar a instituição da terapia em animais doentes.

É importante comentar sobre algumas considerações e limitações observadas neste estudo. Primeiramente, a baixa cooperação do paciente pode dificultar a aquisição das medidas. Embora a sedação tenha sido utilizada neste estudo, obtendo-se uma janela apropriada para avaliação, o estudo qualitativo pode ser dificultado pela respiração ou movimentação do paciente. Havia um número limitado de animais incluídos com pouca variação racial, de idade ou sexo. No entanto, este estudo piloto fornece informações importantes sobre a validação da técnica e sobre a obtenção de valores de referência para gatos machos adultos. Como observado por Holdsworth et

al. (2014) e Feliciano et al. (2014a) em seu estudo com cães e gatos, respectivamente, é necessário realizar pesquisas com maior número de animais e, especificamente, avaliar gatos de raças diferentes, pesos, sexo e faixas etárias para se verificar a interferência dessas variáveis sobre as mensurações da elastografia no rim de gatos.

Acredita-se que após esta padronização dos valores de referência para a elastografia renal em gatos saudáveis e com maior tamanho amostral, variações nos valores da velocidade de cisalhamento dos tecidos doentes poderão ser avaliados, sobre a aplicabilidade da elastografia ARFI na diferenciação de lesões renais benignas e malignas em gato.

Referências

- Bai M., Du L., Gu, J. *et al.* (2012) Virtual touch tissue quantification using acoustic radiation force impulse technology: initial clinical experience with solid breast masses. *Journal of Ultrasound in Medicine* 31, 289-294
- Carvalho, C. F., Cintra, T. C. F. & Chammas, M. C. (2015) Elastography: principles and considerations for clinical research in veterinary medicine. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health* 7, 99-110
- Carvalho, C. F. & Chammas, M. C. (2013) Elastography – a new technology associated with ultrasonography. *Clínica Veterinária* 17, 104, 62-70
- Carvalho, C. F., Chammas, M. C., Cogliati, B. *et al.* (2013) Elastography and contrast-enhanced ultrasonography improves early detection of hepatocellular carcinoma in experimental model of NASH. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*, 3, 2, 96-101
- Comstock, C. (2011) Ultrasound elastography of breast lesions. *Ultrasound Clinics* 6, 3, 407-415
- Destounis, S., Gruttadauria, J. L. (2013) Elasticity Imaging 101. *Journal of Radiology Nursing* 32, 124-130
- Dudea, S. M., Giurgiu, C. R., Dumitriu, D. *et al.* (2011) Value of ultrasound elastography in the diagnosis and management of prostate carcinoma. *Medical Ultrasonography Journal* 13, 1, 45-53
- Feliciano, M. A. R., Maronezi, M. C., Simões, A. P. R. *et al.* (2015) Acoustic radiation force impulse elastography of prostate and testes of healthy dogs: preliminar results. *Journal of Small Animal Practice* 56, 320-324
- Feliciano, M. A. R., Maronezi, M. C., Crivellenti, L. Z. *et al.* (2014a) Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of the spleen in healthy adult cats – a preliminary study. *Journal of Small Animal Practice* 56, 3, 180-183
- Feliciano, M. A. R., Maronezi, M. C., Pavan, L. *et al.* (2014b) ARFI elastography as complementary diagnostic method of mammary neoplasm in female dogs – preliminary results. *Journal of Small Animal Practice* 55, 10, 504-508.
- Garcia, D. A. A., Froes, T. R. & Guérios, S. D. (2012) Preoperative abdominal ultrasonography in dogs and cats with suspected abdominal tumors. *Ciência Rural* 42, 105-111

- Goddi, A., Bonardi, M. & Alessi, S. (2012) Breast elastography: a literature review. *Journal of Ultrasound* xx, 1-7
- Guo, L. H., Liu, B. J., Xu, H. X, et al. (2014) Acoustic radiation force impulse elastography in differentiating renal solid masses: a preliminary experience. *International Journal of Clinical and Experimental Pathology*. 7, 11, 7469-7476
- Holdsworth, A., Bradley K., Birch, S. et al. (2014) Elastography of the normal canine liver, spleen and kidneys. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 55, 6, 620-627
- Hoskins, P.R. (2012) Principles of ultrasound elastography. *Ultrasound* 20, 1, 8-15
- Hu, Q., Wang, X. Y., He, H. G. et al (2014): Acoustic Radiation Force Impulse Imaging for Non-Invasive Assessment of Renal Histopathology in Chronic Kidney Disease. *PLOS ONE journal*, disponível em <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0115051>>
- Morris, J. & Dobson J. Tumores variados. *Oncologia em Pequenos Animais*. São Paulo: Roca, 2007. p.272-278.
- Nightingale, K. (2011) Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) Imaging: a Review. *Current Medical Imaging Reviews* 7, 328-339
- Palmeri, M. L. & Nightingale K. (2011) Acoustic radiation force-based elasticity imaging methods. *Interface Focus*.
- Săftoiu, A., Gheonea, D.I, Ciurea, T. Hue (2007) histogram analysis of real-time elastography images for noninvasive assessment of liver fibrosis. *American Journal of Roentgenology* 189, 232-233
- Seyrek-Intas, D., Kramer, M. (2008) Renal Imaging in cats. *Veterinary Focus* 18, 2, 23-30
- Silva, V. C., Mamprim, M. J. & Vulcano, L. C. (2008): Ultrassonografia no diagnóstico das doenças renais de pequenos animais. *Veterinária e Zootecnia*, 15, 3, 435- 444.
- Srinivasan, S., Krouskop, T. & Ophir, J. (2004) A quantitative comparison of modulus images obtained using nanoindentation with strain elastograms. *Ultrasound in Medicine & Biology* 30, 899-914
- Syversveen, T., Brabrand, K. & Midtvedt, K. et al. (2011). Assessment of renal allograft fibrosis by acoustic radiation force impulse quantification – a pilot study. *Transplant International* 24, 100-105

Tozaki, M., Isobe, S. & Fukuma, E. (2011) Preliminary study of ultrasonographic tissue quantification of the breast using the acoustic radiation force impulse (ARFI) technology. *European Journal of Radiology* 80, 182-187

Vescoci, L. A., Monteiro, J. N. M., Santos, W. G. *et al.* (2009) Ultrassonografia quantitativa do baço de gatos normais. *Veterinária em Foco* 7, 4-10

Wells, P. N. T., Liang, H. (2011): Medical ultrasound: imaging of soft tissue strain and elasticity. *Journal of Royal Society Interface*; 8, 1521–1549.

White, J., Gay, J., Farnsworth, R. *et al.* (2014) J. Ultrasound elastography of the liver, spleen, and kidneys in clinically normal cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 55, 428-434