

***STRAIN E STRAIN RATE* BIDIMENSIONAIS – NOVAS PERSPECTIVAS NA
CARDIOLOGIA VETERINÁRIA**

***TWO-DIMENSIONAL STRAIN AND STRAIN RATE* - NEW INSIGHTS IN
VETERINARY CARDIOLOGY**

Mariana de Resende COELHO

Graduanda em Medicina Veterinária, Bolsista PIBIC CNPq, Departamento de Medicina Veterinária (DMV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Ruthnéa Aparecida Lázaro MUZZI

Professora do Setor de Clínica Médica de Pequenos Animais, Departamento de Medicina Veterinária (DMV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Adriana Cristina da SILVA

Doutoranda em Ciências Veterinárias, Departamento de Medicina Veterinária (DMV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.

E-mail para correspondência: adrianagudi@gmail.com

Guilherme OBERLENDER

Doutorando em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Bruna Frias HENRIQUE

Graduanda em Medicina Veterinária, Bolsista PIBIC Fapemig, Departamento de Medicina Veterinária (DMV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.



Leonardo Augusto Lopes MUZZI

Professor do Setor de Cirurgia de Pequenos Animais, Departamento de Medicina Veterinária (DMV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.



RESUMO

A ecocardiografia tornou-se um exame complementar muito importante para o diagnóstico definitivo de cardiopatias na medicina veterinária. Dessa maneira, novas modalidades ecocardiográficas são adicionadas a rotina cardiológica, sendo o *speckle tracking* bidimensional a técnica mais recentemente utilizada. Em algumas espécies como cães e gatos, esta ferramenta tem demonstrado ser adequada para avaliar alterações global e regional da função miocárdica ao longo do tempo. Além disso, com essa técnica pode-se determinar disfunção sistólica e diastólica, diagnóstico diferencial das cardiopatias hipertróficas e outras patologias que modificam a contratilidade miocárdica. Dessa maneira, conseguimos detectar alterações preliminares precocemente, possibilitando ao clínico uma conduta terapêutica adequada.

Palavras-chave: cardiomiopatia, ecoDopplercardiografia, *speckle tracking*

ABSTRACT

The echocardiography has become an important complementary examination for definitive diagnosis of cardiopathy in both humans and in veterinary medicine. Thus, new echocardiographic tools are added to cardiology routine and two-dimensional *speckle tracking* is the most recently technique used in veterinary medicine. In some species such as dogs and cats, this tool has proved to be suitable for evaluating global and regional changes in myocardial function over time. Furthermore, with this technique can determine systolic and diastolic dysfunction, differential diagnosis of hypertrophic heart disease and other pathologies that modify myocardial contractility. Thus, we can detect changes early primary, allowing the clinician to an appropriate treatment.

Keywords: cardiomyopathy, Doppler echocardiography, *speckle tracking*

INTRODUÇÃO

A ecocardiografia é um exame de imagem não invasivo muito importante para avaliar a função miocárdica, influenciando diretamente no manejo terapêutico das cardiopatias. Com as técnicas mais recentes como o Doppler tecidual (DT) e o *speckle*



tracking (ST), novos parâmetros a serem avaliados podem ser incluídos no exame, como a deformação miocárdica, velocidade de deformação e torção ventricular (CHETBOUL, 2007; CHETBOUL, 2010; CHETBOUL e TISSIER, 2012).

O DT permite avaliar a função miocárdica regional por meio de velocidades em tempo real (CHETBOUL, 2010). Já o ST é a ferramenta mais recente que permite avaliar a função miocárdica regional e global, além de possibilitar a obtenção da sincronia miocárdica em estudos em humanos e pequenos animais (CHETBOUL, 2007; NESSER, 2009).

Assim, foi possível incorporar à medicina veterinária novos índices como o strain (St) e o strain rate (StR). O St refere-se à magnitude de deformação da fibra miocárdica, cuja unidade é dada em %. E o StR consiste na velocidade que esta deformação acontece e sua unidade representada por 1/s ou s⁻¹ (WESS, 2011). Tanto o St quanto StR podem ser obtidos por ambas as técnicas DT e ST.

O objetivo desta revisão foi demonstrar como uma nova ferramenta pode auxiliar no diagnóstico de várias doenças na cardiologia veterinária. Além disso, possibilita um melhor entendimento da fisiopatologia das afecções, para que dessa maneira, o clínico veterinário possa intervir adequadamente em cada situação.

REVISÃO DE LITERATURA

A ecocardiografia é a ferramenta de escolha para a avaliação cardíaca, uma vez que pode fornecer o diagnóstico de forma não invasiva das cardiopatias e possibilita a observação do coração em tempo real (TAKANO et al., 2011). Desta forma, diversas técnicas ecocardiográficas estão disponíveis atualmente, como o Modo-M, o bidimensional e as variantes do Doppler, como o Doppler pulsado, contínuo e tecidual (CHETBOUL, 2010). Além disso, a ecocardiografia *speckle tracking* (ST) tem sido recentemente estudada em humanos e animais (WESS et al., 2011). O ST tem demonstrado ser uma técnica de fácil realização, que fornece novos parâmetros para avaliação regional e global do miocárdio (CHETBOUL e TISSIER, 2012). A deformação miocárdica ocorre devido ao encurtamento e alongamento das fibras cardíacas durante a sístole e diástole. Esta deformação pode ocorrer no sentido radial,



circunferencial e longitudinal, de acordo com a disposição das fibras no miocárdio (DEL CASTILLO e HERSZKOWICZ, 2008).

Diversas alterações cardíacas podem influenciar a deformação do miocárdio, resultando em disfunção sistólica ou diastólica, como por exemplo, a cardiomiopatia dilatada e a hipertrófica (CHETBOUL et al., 2010). Neste contexto, o diagnóstico precoce das alterações cardíacas auxilia tanto no prognóstico como no manejo terapêutico e na avaliação da resposta do paciente (SMITH et al., 2012).

A deformação miocárdica pode ser obtida por meio das variáveis ecocardiográficas St e StR (CHETBOUL et al., 2007). Uma das técnicas utilizadas para se obter o St e StR é por meio do Doppler tecidual (DT) que possibilita a avaliação da função regional do miocárdio em seres humanos (ROSNER et al., 2012) e que tem apresentado crescente uso na medicina veterinária (WESS et al., 2011). Estas variáveis são quantificadas a partir das mensurações das velocidades miocárdicas em tempo real.

O DT nos proporciona informações sobre a função miocárdica e ajuda a entender a fisiopatologia cardíaca tanto em humanos quanto na veterinária, além de sugerir uma nova abordagem terapêutica (CHETBOUL, 2010). No entanto, possui limitações como a dependência do ângulo de insonação (ou seja, alinhamento entre a linha do Doppler e a direção do movimento) que leva a uma subestimação das velocidades avaliadas e ocorrência de aliasing devido à ultrapassagem do limite de Nyquist (DEL CASTILLO; HERSZKOWICZ, 2008). Além disso, as velocidades avaliadas pelo DT não diferenciam entre contração miocárdica ativa e movimento passivo devido ao movimento de translação do coração dentro do feixe de ultrassom (CHETBOUL, 2010; HURLBURT et al., 2007). Outra limitação se refere à região que se deseja avaliar, pois próximo ao ápice não é possível tal avaliação (TAKANO et al., 2011).

Em função das limitações observadas no St e StR pelo DT houve a necessidade de buscar novas ferramentas que pudessem avaliar de forma mais fidedigna a deformação cardíaca. Desta forma o *Speckle Tracking* vem de encontro a estas expectativas, sendo capaz de fornecer o St e StR miocárdicos (CHETBOUL et al., 2007). O ST permite avaliar a função ventricular esquerda em humanos e animais (TAKANO, 2011). Esta técnica de imagem é baseada no rastreamento de pontos criados



pela interferência entre o feixe ultrassonográfico e o miocárdio em imagens ecocardiográficas 2D em escala de cinza. Estes *speckles* aparecem como elementos (pontos) pequenos e brilhantes dentro do miocárdio e representam marcadores acústicos teciduais naturais que podem ser monitorados (*tracking*) momento a momento, durante todo o ciclo cardíaco (CHETBOUL, 2010; HOOGE, 2007). Os pontos selecionados são transformados em vetores, cuja direção e magnitude nos fornece o St e StR.

O ST possui algumas vantagens em relação ao DT como a independência tanto do ângulo de insonação quanto da translação cardíaca e possibilita avaliação de qualquer região do coração nos sentidos longitudinal, circunferencial e radial do miocárdio pela projeção apical e no eixo transversal do ventrículo esquerdo (TAKANO et al., 2011; DEL CASTILLO e HERSZKOWICZ, 2008; HURLBURT et al., 2007). No entanto, esta técnica também possui limitações que se referem à dependência da taxa de frame, resolução da imagem coletada e experiência limitada com relação as suas habilidades de prognóstico e diagnóstico (CHETBOUL, 2010).

Considerando a aplicabilidade do ST, vários estudos mostram sua importância como exame complementar para diversas doenças. Em humanos podemos citar hipertensão pulmonar tromboembólica crônica (OLSON et al., 2010); doença arterial coronária crônica (ARNOLD, 2009) e doença cardíaca chagásica (ÁLVAREZ et al., 2011). Já em medicina veterinária esta ferramenta foi utilizada em um estudo de animais com distrofia muscular de Duchenne (TAKANO et al., 2011), cardiomiopatia hipertrófica em gatos (TAKANO, 2011b); degeneração crônica da valva mitral (CHETBOUL e TISSIER, 2012; SMITH et al., 2012) e cardiomiopatia dilatada (ÁLVAREZ, 2011) em cães. Além disso, outros estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de se obter valores de referência em equinos (SCHEFER et al., 2010; DECLOEDT et al., 2011; DECLOEDT et al., 2012 e cães (WESS et al., 2011; CHETBOUL et al., 2007).

Doença Crônica da Valva Mitral

Dentre as cardiopatias valvares adquiridas em cães, a degeneração mixomatosa crônica da valva mitral (DMVM) é a de maior prevalência. As raças caninas de pequeno



porte com meia-idade ou idosos são os mais acometidos, sendo que há uma maior frequência em machos (MUZZI et al., 1999; MUZZI et al., 2009).

A progressiva regurgitação mitral (RM) ocorre devido à deposição de glicosaminoglicanos na valva e alteração das fibras de colágeno, responsável pela decorrência da lesão degenerativa (MUZZI et al., 1999). Essa RM induz um remodelamento cardíaco, caracterizado por dilatação atrial e ventricular esquerdas, hipertrofia miocárdica excêntrica e alterações da matriz intracelular (RESENDE, 2011). Hemodinamicamente, ocorrem aumentos progressivos da pré-carga e do tônus simpático com redução da pós-carga para compensar a regurgitação mitral. Levando a um ventrículo esquerdo (VE) hiperdinâmico, com aumento então a fração de ejeção e da taxa de enchimento diastólico ventricular precoce. Assim, medidas convencionais como fração de encurtamento (FS) e fração de ejeção (FE), muito usadas em humanos para avaliar a função sistólica do VE com regurgitação de mitral grave se tornam insensíveis inicialmente, só alterando em estágios avançados da doença (SMITH et al., 2012; TIDHOLM et al., 2009).

Dessa maneira o ST é utilizado para verificar remodelamento cardíaco esquerdo, principal evento resultante da DMVM, além de ser um preditor de eventos cardiovasculares correspondentes a outras afecções (SMITH et al., 2012). São obtidos os componentes radial e circunferencial para comparação com os graus da doença: discreto, moderado e grave. No estudo de SMITH et al. (2012) não foi realizado strain longitudinal, pois segundo os autores, este tem sido inconsistente e menos repetitivo.

Os estudos de CAMELI et al (2011), feito em humanos e SMITH et al (2012) em cães, observaram que não há correlação entre idade, peso corporal, sexo ou massa corpórea com a gravidade da DMVM.

No entanto, CAMELI et al. (2011) observaram que, nos diferentes graus de progressão da doença quando comparado com pacientes saudáveis, há uma relação da deformação longitudinal atrial (quando se avalia de forma global todos os seis segmentos) e a regurgitação mitral juntamente com a área do átrio esquerdo e o volume do mesmo. A fase de reservatório é essencial para o enchimento ventricular por armazenar energia durante a sístole ventricular, esta foi avaliada pelo pico de strain longitudinal atrial – PALS (parâmetro funcional para esse reservatório) e mostrou um



aumento em pacientes com regurgitação mitral leve provavelmente devido a maior complacência atrial. Já para regurgitação moderada a grave, houve um progressivo comprometimento do PALS que pode ser explicado pela maior alteração do átrio esquerdo com elevados níveis de pressão que podem ser verificados pela relação E/E' . Esses resultados foram similarmente obtidos pelo StR do Doppler tecidual. Durante a fase de contração mesmo com o aumento da pré-carga, o miocárdio do átrio esquerdo obedece à lei de Frank-Starling, mostrando uma boa resposta do tecido miocárdico ao remodelamento devido à regurgitação de mitral (CAMELI et al., 2011).

Para animais classificados como B2, estudo como o do SMITH et al (2012) revela que não existem vantagens da utilização do ST, uma vez que a contratilidade miocárdica permanece preservada ou o St/StR sofrem influência dos fatores hemodinâmicos que ocorrem na fase hiperdinâmica convencional durante o avanço da doença.

Ao contrário do que ocorre em animais, em humanos é de grande utilidade o uso dessa ferramenta por ser sensível às alterações precoces de função contrátil do miocárdio. Uma observação importante que pode ser obtida com o ST é o encurtamento segmentar que pode sugerir uma doença cardíaca, porém pode ocorrer em animais saudáveis após fechamento da valva aórtica devido a movimentos sinérgicos entre as camadas do miocárdio que acontecem durante o tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV). Nesses casos é necessário estudar o ECG para verificar se há algum distúrbio de condução associado (SMITH et al., 2012).

Já animais com DMVM e ICC (Classe C) apresentam alterações nas variáveis do ST e no DT, tanto diastólicas quanto sistólicas quando comparados com animais da classe B ou saudáveis. No DT, as velocidades de ambas ficam maiores num pequeno intervalo de tempo concordando com o que ocorre em pacientes que têm DMVM grave - diminuição do intervalo sistólico e hipercinesia. Além disso, a disfunção sistólica miocárdica é demonstrada pelo aumento (%) do diâmetro interno do VE na diástole de pacientes da classe C quando comparados aos B ou saudáveis (TIDHOLM et al., 2009).

Cardiomiopatia Hipertrófica



A cardiomiopatia hipertrófica é a doença mais comum em gatos de todas as idades. Quando primária, consiste numa desordem genética caracterizada por hipertrofia concêntrica, fibrose intersticial e alteração do miocárdio. Morte súbita cardíaca está associada a esta doença em gatos bem como em humanos (WESS, 2010). A hipertrofia causa uma diminuição da pós-carga, disfunção sistólica pelo relaxamento miocárdico retardado ou incompleto devido à espessura da câmara. A consequência é um aumento na pressão diastólica intraventricular, dilatação atrial e insuficiência cardíaca congestiva – ICC (LYRIO e LOPES 2008).

Em um estudo feito por TAKANO et al 2011b comparando gatos saudáveis com outros portadores da doença, foi observado que a onda E (responsável pelo enchimento rápido) do StR radial e circunferencial, encontrava-se diminuída em gatos doentes quando comparados com os saudáveis. Além disso, houve correlação entre espessura do segmento miocárdico com variáveis do ST demonstrando que essa ferramenta é clinicamente viável para avaliar função miocárdica em gatos. Em outro estudo conduzido por Silva (2012), foi observado que o ST é uma ferramenta adequada para se obter o St e StR longitudinais em gatos saudáveis e não sedados.

Porém, mais estudos são necessários para se obter a verdadeira funcionalidade desta ferramenta em gatos.

Cardiomiopatia Dilatada

A cardiomiopatia dilatada é uma doença primária do músculo cardíaco que acomete preferencialmente cães grandes e/ou gigantes. É caracterizada por dilatação ventricular progressiva e perda de contratilidade do miocárdio. A importância dessa doença se deve à sua gravidade que além dos efeitos deletérios ao organismo por causa da insuficiência cardíaca congestiva (MUZZI et al., 2000), conduz à morte súbita em animais gravemente afetados em consequência das arritmias (OYAMA, 2008). A principal alteração cardíaca observada é a fibrilação atrial responsável pela ocorrência de taquicardia, degeneração do miocárdio e morte (MUZZI et al., 2000).

Uma das características dessa doença é possuir uma fase assintomática com alterações ecocardiográficas ou eletrocardiográficas referidas como oculta ou como pré-clínica da doença e uma fase com sinais clínicos evidentes caracterizados por disfunção



sistólica, arritmias cardíacas ou ambas (ALVAREZ et al., 2011). Dessa maneira, o uso do ST como exame complementar é fundamental para diagnóstico precoce, bem como para otimizar o protocolo terapêutico (FRUGANTI, 2012).

FRUGANTI et al (2012) utilizaram o ST para confirmar o diagnóstico da cardiomiopatia dilatada e para avaliar o tratamento preconizado. O estudo foi feito com dois cães machos em que se utilizou o ST antes do diagnóstico da cardiomiopatia e com 16 semanas e 15 dias após início do tratamento (Pimobendan 0,25mg/kg q 12h; digoxina 0,005mg/kg q 12h; furosemida 2mg/kg q 12h e benazepril 0,25mg/kg q 24h – todos via oral). Eles observaram que em ambos pacientes houve uma redução nas dimensões internas das câmaras esquerdas juntamente com um aumento da contratilidade. Além disso, em um dos pacientes o St e o StR circunferencial do epicárdio e endocárdio mostraram melhora no movimento circunferencial do ventrículo esquerdo devido ao tratamento.

No entanto são necessários mais estudos para se determinar a confiabilidade desta ferramenta em pacientes com cardiomiopatia dilata e sua influencia sobre o manejo terapêutico dos animais.

Considerações Finais

Diante desta revisão fica evidente que o ST como ferramenta diagnóstica é promissora no diagnóstico das cardiopatias, uma vez que pode propiciar o diagnóstico precoce das doenças influenciando diretamente na conduta clínica do médico veterinário. No entanto, as variáveis obtidas devem ser associadas aos demais dados do exame ecocardiográfico para se obter uma avaliação global da função miocárdica dos pacientes. Além disso, por se tratar de uma técnica recente, mais estudos devem ser conduzidos com um maior número de animais, para se avaliar as influencias que o ST pode sofrer e para determinar seu verdadeiro valor frente ao diagnóstico das cardiopatias em animais.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado em parte pela FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de

Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária é uma publicação semestral da Faculdade de Medicina veterinária e Zootecnia de Garça - FAMED/FAEF e Editora FAEF, mantidas pela Associação Cultural e Educacional de

Garça - ACEG. CEP: 17400-000 - Garça/SP - Tel.: (0**14) 3407-8000

www.revista.inf.br - www.editorafaef.com.br - www.faeef.edu.br.



Pessoal de Nível Superior), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias-UFLA.

REFERÊNCIAS.

ÁLVAREZ, A. G.; SITGES, M.; REGUEIRO, A.; POYATOS, S.; PINAZO, M. J.; POSADA, E.; BIJNENS, B.; HERAS, M.; GASCON, J.; SANZ, G. Myocardial Deformation Analysis in Chagas Heart Disease With the Use of Speckle Tracking Echocardiography. **Journal of Cardiac Failure**, v. 17, n. 12, p. 1028-1034, dec. 2011.

ALVAREZ, J. L.; FONFARA, S.; PEDRO, B.; STEPHENSON, H.; CRIPPS, P. J.; DUKES-McEWAN, J. Assessment of mechanical ventricular synchrony in Doberman Pinschers with dilated cardiomyopathy. **Journal of Veterinary Cardiology**, v.13, n. 3, p. 183-195, sep. 2011.

ARNOLD, C. T.; SITGES, M.; PHAM, P. N.; TRAN, D. T.; DELGADO, V.; BERTINI, M.; NUCIFORA, G.; VIDAIC, J.; ALLMAN, C.; HOLMAN, E. R.; BAX, J. J.; LEUNG, D. Y. Incremental value of 2-dimensional speckle tracking strain imaging to wall motion analysis for detection of coronary artery disease in patients undergoing dobutamine stress echocardiography. **American Heart Journal**, v. 158, n. 5, p. 836-844, nov. 2009.

CAMELI, M.; LISI, M.; GIACOMIM, E.; CAPUTO, M.; NAVARRI, R.; MALANDRINO, A.; BALLO, P.; AGRICOLA, E.; MONDILLO, S. Chronic Mitral Regurgitation: Left Atrial Deformation Analysis by Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography. **Echocardiography**, v. 28, n. 3, p. 327-334, mar. 2011.

CHETBOUL, V.; SERRES, F.; TISSIER, R. Radial strain and strain rate by two-dimensional speckle tracking echocardiography and the tissue velocity based technique in the dog. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 9, n. 2, p. 61-89, nov. 2007.



CHETBOUL, V. Advanced techniques in echocardiography in small animals. **Veterinary Clinics Small Animal**, v. 40, n. 4, p. 529-543, jul. 2010.

CHETBOUL, V.; TISSIER, R. Echocardiographic assessment of canine degenerative Mitral valve disease. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 14, n. 1, p. 149-164, mar. 2012.

DECLOEDT, A., VERHEYEN, T., SYS, S., DE CLERCQ, D., VAN LOON, G. Quantification of left ventricular longitudinal strain, strain rate, velocity, and displacement in healthy horses by 2-dimensional speckle tracking. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 25, n. 2, p. 330-338, mar./apr. 2011.

DECLOEDT, A., VERHEYEN, T., SYS, S., DE CLERCQ, D., VAN LOON, G. Two-dimensional speckle tracking for quantification of left ventricular circumferential and radial wall motion in horses. *Equine Veterinary journal*, DOI: 10.1111/j.2042-3306.2012.00549.x, 2012.

DEL CASTILLO, J. M.; HERSZKOWICZ, N. Strain bidimensional (X-Strain): utilização do método para avaliação de cardiopatias. **Revista Brasileira de Ecocardiografia**, v. 21, n. 3, p. 29-35, jul./set. 2008.

FRUGANTI, A.; CERQUETELLA, M.; COPPONI, I.; SPATERNA, A.; TESEI, B. Preliminary study of the evaluation of m-mode, b-mode and X-Strain echocardiography indexes, before and during therapy, in dogs affected by dilated cardiomyopathy. 64º Veterinary Science Congress, Italy, p. 231, jan. 2012.

HOOGE, J. d'. Principles and different techniques for speckle tracking. In: MARWICK, T. H.; YU, C. M.; SUN, J. P. (Ed.). **Myocardial imaging: tissue Doppler and speckle tracking**. Massachusetts: Blackwell, 2007. p. 17-25.



HURLBURT, H. M.; AURIGEMMA, G. P.; HILL, J. C.; NARAYANAN, A.; GAASH, W. H.; VINCH, C. S.; MEYER, T. E.; PHIL, D.; TIGHE, D. A. Direct ultrasound measurement of longitudinal, circumferential, and radial strain using 2-dimensional strain imaging in normal adults. **Echocardiography**, v. 24, n. 7, p. 723-731, aug. 2007.

LYRIO, L. L.; LOPES V. A. Cardiomiopatia hipertrófica felina – revisão de literatura. Trabalho monográfico de Conclusão de Curso de Especialização em Clínica Médica de Pequenos Animais (TCC). Vitória, 2008. Disponível em: <http://www.qualittas.com.br/principal/uploads/documentos/Cardiomiopatia%20Hiper_trofica%20-%20Leonardo%20Lyra%20Lyrio.pdf>.

MUZZI, R. A. L.; MUZZI, L. A. L.; ARAÚJO, R. B.; PENA, J. L. B.; NOGUEIRA, R. B. Diagnóstico ecodopplercardiográfico da fibrose crônica da válvula mitral em cão. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, n. 6, dez. 1999.

MUZZI, R. A. L.; MUZZI, L. A. L.; PENA, J. L. B.; NOGUEIRA, R. B. Cardiomiopatia dilatada em cão – relato de caso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 355-358, abr. 2000.

MUZZI, R. A. L.; MUZZI, L. A. L.; ARAÚJO, R. B.; LÁZARO, D. A. Doença crônica da valva mitral em cães: avaliação clínica funcional e mensuração ecocardiográfica da valva mitral. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 2, apr. 2009.

NESSER, H. J., WINTER, S. Speckle tracking in the evaluation of left ventricular dyssynchrony. **Echocardiography**, v. 26, n. 3, p. 324–36, mar. 2009.

OLSON, N.; BROWN, J. P.; KAHN, A. M.; AUGER, W. R.; MADANI, M. M.; WALTMAN, T. J.; BLANCHARD, D. G. Left ventricular strain and strain rate by 2D speckle tracking in chronic thromboembolic pulmonary hypertension before and after



pulmonary thromboendarterectomy. **Cardiovascular Ultrasound**, v. 10, n. 43, p. 1-9, sep. 2010.

OYMA, M. A. Canine Cardiomyopathy. In: MILLER, M.S., TILLEY, L.P. (Ed.). **Manual of canine and feline cardiology**. 4 ed. Saunders, Philadelphia, p. 139-150, 2008.

RESENDE, R. M. Avaliação da função diastólica em cães portadores de degeneração mixomatosa crônica da valva mitral com e sem insuficiência cardíaca congestiva. . **Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 107p, 2011.

ROSNER, A. et al. Persistent dysfunction of viable myocardium after revascularization in chronic ischaemic heart disease: implications for dobutamine stress echocardiography with longitudinal systolic strain and strain rate measurements. **European Heart Journal – Cardiovascular Imaging – Publicação online DOI:10.1093/ehjci/jes036** 11p, feb. 2012.

SCHEFER, K. D., BITSCHNAU, C., WEISHAUPT, M. A., SCHWARZWALD, C. C. Quantitative analysis of stress echocardiograms in healthy horses with 2-dimensional (2D) echocardiography, anatomical M -mode, tissue Doppler imaging, and 2D speckle tracking. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 24, n. 4, p. 918-931, jul./aug. 2010.

SILVA, A. C. *Strain e strain rate* longitudinal por meio do *speckle tracking* bidimensional em gatos domésticos sadios e não sedados. **Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 59p, 2012.

SMITH, D. N.; BONAGURA, J. D.; CULWELL, N. M.; SCHOBER, K. E. Left Ventricular function quantified by myocardial strain imaging in small-breed dogs with



chronic mitral regurgitation. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 14, n. 1, p. 231-242, mar. 2012.

TAKANO, H.; FUJII, Y.; YUGETA, N.; TAKEDA, S.; WAKAO, Y. Assessment of left ventricular regional function in affected and carrier dogs with duchenne muscular dystrophy using speckle tracking echocardiography. **BMC Cardiovascular Disorders**, v. 11, n. 23, p. 1-8, may 2011.

TAKANO, H. et al.: 2D speckle tracking echocardiography in clinically healthy cats and cats with hypertrophic cardiomyopathy. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, p.25:97, 2011b (Abstract).

TIDHOLM, A.; LJUNGVALL, I.; HOGLUND, A. B.; WESTLING, A. B.; HAGGSTROM, J. Tissue Doppler and Strain Imaging in Dogs with Myxomatous Mitral Valve Disease in Different Stages of Congestive Heart Failure. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 23, n.6, p. 1197-1207, nov./dec. 2009.

WESS, G.; KELLER, L. J. M.; KLAUSNITZER, M.; KILLICH, M.; HARTMANN, K. Comparison of longitudinal myocardial tissue velocity, strain, and strain rate measured by two-dimensional speckle tracking and by color tissue Doppler imaging in healthy dogs. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 13, n. 1, p. 31-43, mar. 2011.

WESS, G.; SARKAR, R.; HARTMANN, K. Assessment of left ventricular systolic function by strain imaging echocardiography in various stages of feline hypertrophic cardiomyopathy. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 24, n. 6, p. 1375-1382, nov./dec. 2010.

