

## Avaliação da depressão miocárdica por meio do *feature tracking* bidimensional em cadelas com sepse

[Assessment of myocardial depression by two-dimensional feature tracking in dogs with sepsis]

V.C. Figueiredo<sup>1</sup>, R.A.L. Muzzi<sup>1</sup>, C.S. Pereira<sup>1</sup>, M.M. Mantovani<sup>2</sup>, L.A.L. Muzzi<sup>2</sup>, G. Oberlender<sup>3</sup>, A.C.C.L. Júnior<sup>1</sup>, P.M. Arruda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras - UFLA - Lavras, MG

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo - FMVZ-USP - São Paulo, SP

<sup>3</sup>Instituto Federal do Sul de Minas - IFSULDEMINAS - Muzambinho, MG

### RESUMO

O objetivo deste estudo prospectivo foi analisar a função do ventrículo esquerdo de cadelas que apresentavam sepse ou não e diagnosticar a depressão miocárdica de forma precoce, por meio do *feature tracking imaging* bidimensional (FTI-2D). Vinte e nove cadelas diagnosticadas com piometra, patologia usada como modelo experimental para sepse, foram avaliadas. Os animais foram submetidos ao exame ecocardiográfico convencional e ao FTI-2D e divididos em três grupos: grupo I (controle), grupo II (piometra sepse) e grupo III (piometra não sepse). Em relação aos parâmetros da ecocardiografia convencional, não houve diferença estatística entre os grupos avaliados. Quanto ao *strain* radial, os grupos II e III apresentaram função ventricular inferior no momento do diagnóstico (22,805,80 grupo I; 18,455,96 grupo II; 18,719,45 grupo III;  $P=0,032$ ) e o grupo III manteve essa redução no retorno. Já no *strain rate* radial, apenas o grupo III obteve função ventricular inferior no momento do diagnóstico (1,900,57 grupo I; 1,910,70 grupo II, 1,570,53 grupo III;  $P=0,021$ ). Para o *strain* longitudinal, observou-se função ventricular mais baixa nos grupos II e III no momento do diagnóstico (11,043,38 grupo I; 8,593,97 grupo II; 8,211,99;  $P=0,048$ ) e após 10 dias de pós-cirúrgico (11,043,38 grupo I; 9,002,16 grupo II; 8,122,27 grupo III;  $p=0,048$ ). O FTI-2D foi capaz de detectar alterações precoces da função ventricular esquerda, que não foram observadas no exame ecocardiográfico convencional, sugerindo quadro de depressão miocárdica, até mesmo em cadelas com piometra sem quadro clínico evidente de sepse. Assim, essa modalidade pode ser útil no diagnóstico, pois pode detectar alterações cardíacas precoces, possibilitando uma intervenção terapêutica rápida.

Palavras-chave: cão, disfunção miocárdica, ecocardiografia, strain, strain rate

### ABSTRACT

The aim of this prospective study was to analyze the left ventricular function of dogs who had sepsis or not and diagnose myocardial depression early on through the two-dimensional feature tracking imaging (2D-FTI). Twenty-nine dogs diagnosed with pyometra, a pathology used as an experimental model for sepsis were evaluated. The animals were subjected to conventional echocardiography and 2D-FTI, and divided into three groups: Group I (control), group II (sepsis pyometra) and group III (no sepsis pyometra). Regarding the parameters of conventional echocardiography, there was no statistical difference between the groups. As for the radial Strain, group II and III had lower ventricular function at diagnosis (22.805.80 Group I; 18.455.96 Group II; 18.719.45 Group III;  $P = 0.032$ ) and group III maintained this reduction in return. Regarding the radial Strain rate, only the III group had lower ventricular function at diagnosis (1.900.57 Group I; 1.910.70 Group II, 1.570.53 Group III;  $P = 0.021$ ). For the Longitudinal Strain we observed lower ventricular function in groups II and III at diagnosis (11.043.38 Group I, Group II 8.593.97, 8.211.99;  $P = 0.048$ ) and ten days after surgery (11.043.38

Recebido em 21 de agosto de 2015

Aceito em 18 de fevereiro de 2016

E-mail: vaninhafigueiredo@hotmail.com

Group I; 9.002.16 Group II; 8.122.27 Group III;  $P = 0.048$ ). The 2D-FTI was able to detect early changes in left ventricular function, suggesting myocardial depression frame, even in female dogs with pyometra without clear clinical picture of sepsis, which were not seen in conventional echocardiography. Thus, this model can be useful in diagnosis, because it can detect early cardiac changes, enabling a rapid therapeutic intervention.

**Keywords:** dog, myocardial dysfunction, echocardiography, strain, strain rate

## INTRODUÇÃO

A disfunção miocárdica ocorre em até 64% dos pacientes humanos com sepse e parece estar associada a um prognóstico desfavorável (Pulido *et al.*, 2012). Quanto aos animais, as informações epidemiológicas ainda são limitadas (Osterbur *et al.*, 2014). Apesar de numerosos estudos terem sido realizados nos últimos anos, o papel e o significado clínico da disfunção miocárdica secundária à sepse ainda não estão estabelecidos (Hochstadt *et al.*, 2011).

O *tissue tracking* bidimensional é considerado uma nova modalidade ecocardiográfica com potencial para detectar alterações miocárdicas precoces, já que estuda a deformação regional do ventrículo esquerdo (VE) (Zack *et al.*, 2014). Essa técnica apresenta novos parâmetros de avaliação da função do VE, incluindo o *strain* (St) e o *strain rate* (StR) (Chetboul *et al.*, 2007). As curvas do St são representadas em porcentagem de deformação, ou seja, como determinada região se modificou em relação ao seu estado inicial. Já o StR envolve o tempo de reprodução da deformação (Castillo *et al.*, 2010).

A ferramenta *tissue tracking* bidimensional é baseada no rastreamento de pontos criados pela interferência entre o feixe do ultrassom e o miocárdio, formando, assim, uma imagem ecocardiográfica bidimensional em escala de cinza. Além disso, é uma técnica independente do ângulo de insonação e translação cardíaca (Chetboul, 2010). Dois métodos podem ser considerados para utilização dessa técnica, sendo o primeiro conhecido como *speckle tracking imaging* bidimensional (STI-2D) e o segundo como *feature tracking imaging* bidimensional (FTI-2D) (Bussadori *et al.*, 2009).

Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a função do ventrículo esquerdo de cadelas com sepse ou não e diagnosticar a depressão miocárdica por meio do exame ecocardiográfico, modalidade FTI-2D. A hipótese preconizada foi

que o FTI-2D seria capaz de detectar as alterações miocárdicas causadas pela sepse, por ser a técnica considerada mais sensível.

## MATERIAL E MÉTODOS

Cadelas oriundas da rotina do Hospital Veterinário da instituição com diagnóstico de piometra foram avaliadas, independentemente de raça, idade e peso. A piometra foi utilizada como modelo experimental para o estudo da sepse, sendo o diagnóstico baseado no histórico, na sintomatologia clínica, no exame ultrassonográfico abdominal e na análise citológica para confirmação de exsudato séptico. Os proprietários foram informados de todo o processo, sendo solicitada a assinatura de um formulário de consentimento que autorizava a realização dos procedimentos e exames. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da instituição, sob o protocolo nº 034/2011.

Quarenta animais foram inicialmente selecionados. Destes, 21 animais foram excluídos, pois alguns apresentavam doenças concomitantes, outros não tiveram a piometra confirmada após o procedimento cirúrgico, e três animais não compareceram ao retorno no dia estabelecido. Em relação ao grupo controle, somente cadelas sem alterações nas avaliações clínica e laboratorial fizeram parte deste grupo. Dessa maneira, o grupo controle (grupo I) possuía 10 animais, o grupo sepse positivo (grupo II) tinha 12 animais, e o grupo sepse negativo (grupo III) tinha sete animais.

Para a determinação da presença ou ausência de sepse nas pacientes, empregaram-se os seguintes critérios: frequência respiratória maior que 20 movimentos por minuto; frequência cardíaca maior que 120 batimentos por minuto; temperatura corporal menor que 38,1°C ou maior que 39,2°C; leucócitos totais superiores a 16 ( $\times 10^3$ ) ou inferiores a 6 ( $\times 10^3$ ); e/ou mais de 3% de bastonetes (Rabelo, 2012). As pacientes foram

consideradas sépticas quando apresentaram, no mínimo, três desses critérios.

A aferição da pressão arterial sistêmica (PAS) de todas as pacientes foi feita pelo método Doppler vascular (Doppler Ultrasonic Flow Detector, Parker Medical Electronics®), de acordo com o protocolo estabelecido por Brown *et al.* (2007). O exame eletrocardiográfico (ECG) também foi realizado em todas as cadelas submetidas ao estudo, sem o uso de contenção farmacológica. Foram registradas as derivações I, II, III, aVR, aVL e aVF em aparelho eletrocardiográfico digital com seis derivações simultâneas (ECG PC, TEB®), como proposto por Tilley (1992).

Foi utilizado um aparelho de ecoDopplercardiografia (MyLab 40, Esaote®) com transdutores de varredura setorial eletrônica multifrequencial de 4-10MHz. Todos os exames foram feitos por um único investigador e foram registrados para avaliações posteriores.

Para obtenção das imagens ecocardiográficas, os animais foram contidos em decúbito lateral direito e esquerdo, sem auxílio de sedação. As medidas foram realizadas nos modos bidimensional, M, Doppler pulsado, Doppler contínuo, mapeamento de fluxo em cores e Doppler tecidual, de acordo com as recomendações de Thomas *et al.* (1993), Boon (2011) e Chetboul (2002). Para obtenção dos parâmetros St e StR do ventrículo esquerdo (VE), foi utilizado o método FTI-2D (Xstrain version 10.1, algoritmo optical flow, Esaote®), conforme descrito por Carnabuci *et al.* (2013). Na visão paraesternal direita eixo transversal, no plano dos músculos papilares, todos os segmentos miocárdicos do VE foram analisados, fornecendo os valores de deformação ventricular radial. Na visão paraesternal esquerda eixo longitudinal apical quatro câmaras, todos os segmentos miocárdicos do VE foram analisados para obtenção dos valores de deformação ventricular longitudinal.

A face endocárdica do VE foi manualmente marcada e a face epicárdica foi automaticamente marcada pelo *software*. Ajustes manuais foram realizados, quando necessários, nos pontos marcados para melhorar a qualidade dos vetores de velocidade e obter valores de rastreamento adequados. O *software* calculava

automaticamente os valores do St e StR de seis segmentos miocárdicos.

Após a avaliação, os animais foram encaminhados para o setor cirúrgico para a realização da ovariossalpingo-histerectomia terapêutica e de outros procedimentos, como fluidoterapia, terapia antibiótica e anti-inflamatória. As cadelas pertencentes ao grupo controle também foram encaminhadas para a realização da ovariossalpingo-histerectomia eletiva. O retorno foi solicitado em 10 dias de pós-cirúrgico, sendo realizada nova avaliação.

Para a análise estatística, foi utilizado um delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 3×2 (três grupos, sendo animais controle, animais com piometra, sepse positivo e animais com piometra, sepse negativo, em dois momentos de avaliação, momento do diagnóstico (consulta) e após 10 dias de pós-operatório (retorno)). Cada parcela experimental (unidade experimental) foi representada por um cão. Os dados estatísticos para as diferentes medidas são apresentados como média e desvio-padrão, sendo calculados pela média das medidas obtidas de três ciclos cardíacos diferentes e consecutivos, por meio de um *cine loop* (três ciclos cardíacos por *cine loop*). Após o teste de normalidade dos resíduos (*Kolmogorov-Smirnov*) e homocedasticidade das variâncias (*Levene*), a análise de variância dos dados de avaliação cardíaca foi realizada. Quando significativos à análise de variância, os dados nos dois momentos de avaliação (consulta ou retorno) em cada um dos grupos experimentais foram submetidos ao teste F. Para a comparação dos dados de avaliação cardíaca nos três grupos experimentais em cada momento de avaliação, foi utilizado o teste de Tukey. Diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando  $P < 0,05$ .

Foi realizada a determinação da variabilidade interobservador para as variáveis St e StR radial e longitudinal. Para tal, um segundo examinador realizou a medida dos dados de todos os animais nos três diferentes grupos experimentais. Cada variável foi mensurada uma vez em três ciclos cardíacos consecutivos em um *cine loop*. A variabilidade inter-observador entre dias foi determinada baseada nos resultados de análise de variância de todas as medidas repetidas. O grau de variabilidade foi definido baseado no coeficiente de variação (CV), da seguinte forma:

CV<15% (baixa variabilidade); CV 15–25% (moderada variabilidade) e CV>25% (alta variabilidade) (Declodt *et al.*, 2011). Toda análise estatística foi realizada utilizando-se um pacote estatístico (IBM *for Windows* versão 20.0).

## RESULTADOS

Os animais sem raça definida apresentaram maior prevalência em todos os grupos. Em relação ao peso médio (kg), não houve diferença estatística entre os grupos (138,64 grupo I; 12,75±9,47 grupo II; 18,43±17,29 grupo III, p=0,545). Quanto à idade média (meses), houve diferença estatística dos grupos II e III em relação ao grupo I (2725,50 grupo I; 82±41,52 grupo II; 89,14±52,24 grupo III; P=<0,01).

Todos os animais avaliados apresentaram a PAS dentro do intervalo de valores considerado normal por Brown *et al.* (2007) e estavam em ritmo cardíaco sinusal, segundo Tilley (1992). Além disso, os animais não apresentavam alterações cardíacas compatíveis com doença cardíaca de acordo com Tomas *et al.* (1993), Boon (2011) e Chetboul (2002).

Quanto aos parâmetros avaliados no exame ecocardiográfico convencional, não houve diferença estatística significativa entre os grupos avaliados. Em relação à avaliação pelo FTI-2D, as Tab. 1 e 2 mostram as médias globais de deformação miocárdica obtidas em cada grupo para o St e o StR radial, respectivamente, no momento do diagnóstico e após 10 dias de pós-operatório.

Tabela 1. Médias globais dos valores do parâmetro *strain* radial (%) de cadelas de diferentes idades e raças do grupo controle e portadoras de sepse ou não, avaliadas no momento do diagnóstico e após 10 dias de pós-operatório

Grupo avaliado (G)	Momento da avaliação (M)		Média	Valor de P		
	Consulta	Retorno		G	M	G × M
Controle	22,80±5,90A	22,10±2,77A	22,43±5,55A	0,017	0,174	0,032
Sepse	18,45±5,96bB	20,50±5,42aA	19,37±6,10AB			
Não sepse	18,71±9,45aB	14,00±6,22bB	16,32±8,26B			
Média	22,80±5,90	19,41±5,73				

<sup>a,b</sup>Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

<sup>A,B</sup>Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Tabela 2. Médias globais dos valores do parâmetro *strain rate* radial (%) de cadelas de diferentes idades e raças do grupo controle e portadoras de sepse ou não, avaliadas no momento do diagnóstico e após 10 dias de pós-operatório

Grupo avaliado (G)	Momento da avaliação (M)		Média	Valor de P		
	Consulta	Retorno		G	M	G × M
Controle	1,90±0,57A	2,00±0,00A	1,98±0,46A	0,042	0,487	0,021
Sepse	1,91±0,70aA	1,70±0,48bB	1,82±0,65A			
Não sepse	1,57±0,53aB	1,33±0,52bC	1,48±0,56B			
Média	1,82±0,61	1,73±0,45				

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste T (P<0,05).

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Em relação ao St radial, o grupo I apresentou média superior significativa aos demais grupos no momento do diagnóstico (22,80±5,80 grupo I; 18,45±5,96 grupo II; 18,71±9,45 grupo III; P=0,032), e aos 10 dias de pós-operatório apenas o grupo III apresentou média inferior significativa (22,10±2,77 grupo I; 20,50±5,42 grupo II; 14,00±6,22; P=0,032). Quanto ao StR radial, apenas o grupo III obteve média inferior

significativa no momento do diagnóstico (1,90±0,57 grupo I; 1,91±0,70 grupo II; 1,57±0,53 grupo III; P=0,021), e após 10 dias os grupos II e III apresentaram médias inferiores significativas ao grupo I (2,00±0,00 grupo I; 1,70±0,48 grupo II; 1,33±0,52 grupo III; P=0,021). Além disso, o grupo III apresentou média ainda mais baixa estatisticamente significativa na reavaliação em comparação ao momento do diagnóstico.

Considerando o St longitudinal, foi observada função ventricular prejudicada significativamente nos grupos II e III no momento do diagnóstico (-11,043,38 grupo I; -8,593,97 grupo II; -8,211,99; P=0,048) e após 10 dias de pós-cirúrgico (-11,043,38 grupo I; -9,002,16 grupo II; -8,122,27 grupo III; P=0,048) (Tab. 3).

Tabela 3. Médias globais dos valores do parâmetro *strain* longitudinal (%) de cadelas de diferentes idades e raças do grupo controle e portadoras de sepse ou não, avaliadas no momento do diagnóstico e após 10 dias de pós-operatório

Grupo avaliado (G)	Momento da avaliação (M)		Média	Valor de P		
	Consulta	Retorno		G	M	G × M
Controle	-11,04±3,38A	-11,04±3,38A	-11,04±3,38A	0,478	0,658	0,048
Sepse	-8,59±3,97B	-9,00±2,16B	-8,77±4,32B			
Não sepse	-8,21±1,99B	-8,12±2,27B	-8,16±3,07B			
Média	-9,37±3,48	-9,48±2,82				

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Para o grupo I, os valores médios do momento da consulta foram utilizados para comparação com os grupos II e III também no momento do retorno, já que esses animais eram saudáveis. Não houve diferença estatística significativa entre os grupos quanto ao StR longitudinal em ambas as avaliações, como indica a Tab. 4.

Tabela 4. Médias globais dos valores do parâmetro *strain rate* longitudinal (%) de cadelas de diferentes idades e raças do grupo controle e portadoras de sepse ou não, avaliadas no momento do diagnóstico e após 10 dias de pós-operatório

Grupo avaliado (G)	Momento da avaliação (M)		Média	Valor de P		
	Consulta	Retorno		G	M	G × M
Controle	-1,05±0,47	-0,83±0,30	-0,94±0,50	0,895	0,345	0,158
Sepse	-0,95±0,34	-0,93±0,25	-0,94±0,43			
Não sepse	-0,91±0,19	-0,85±0,16	-0,88±0,32			
Média	-0,98±0,36	-0,87±0,25				

Considerando os valores médios das avaliações no momento da consulta e reavaliação em 10 dias, o grau de variabilidade foi considerado baixo em relação ao St (13,25 e 11,34) e StR (8,39 e 9,37) radial, como visto na Tab. 5. Em relação ao St longitudinal, a variabilidade foi baixa a moderada (16,01 e 13,12), e para o StR, foi baixa (14,01 e 11,84), como mostra a Tab. 6.

Tabela 5. Coeficiente de variação (%) interobservador entre dias para as variáveis St e StR radial, nos três grupos experimentais (grupo controle, sepse e não sepse), que apresentavam cadelas de diferentes idades e raças, e nos dois momentos de avaliação (n = 29)

Grupo avaliado (G)	Momento da avaliação (M)			
	Consulta		Retorno	
	St	StR	St	StR
Controle	9,44	6,56	11,74	10,64
Sepse	12,96	6,35	12,62	10,91
Não sepse	17,36	12,25	9,67	6,56
Média	13,25	8,39	11,34	9,37

Tabela 6. Coeficiente de variação (%) interobservador entre dias para as variáveis St e StR longitudinal, nos três grupos experimentais (grupo controle, sepse e não sepse), que apresentavam cadelas de diferentes idades e raças, e nos dois momentos de avaliação (n= 29)

Grupo avaliado (G)	Momento da avaliação (M)			
	Consulta		Retorno	
	St	StR	St	StR
Controle	11,45	14,28	15,05	11,75
Sepse	17,71	16,17	8,49	11,05
Não sepse	18,88	11,57	15,81	12,71
Média	16,01	14,01	13,12	11,84

## DISCUSSÃO

No presente trabalho, utilizando-se o FTI-2D, foi possível detectar alterações na função do VE que não foram acusadas pela ecocardiografia convencional, confirmando a hipótese proposta. Os valores da fração de encurtamento (FS) e da fração de ejeção (FE) no presente estudo permaneceram acima de 26% e 46%, respectivamente, em todos os animais avaliados. Assim, esses parâmetros não indicaram disfunção miocárdica, já que um estudo definiu que a FS abaixo de 26% e a FE abaixo de 46% caracterizam a disfunção cardíaca secundária à sepse nesses animais (Nelson e Thompson, 2006). Os parâmetros FE e FS determinados pelo exame ecocardiográfico convencional são considerados *standard* para a avaliação da função sistólica ventricular em humanos (Basu *et al.*, 2012). Porém, um estudo realizado em crianças com choque séptico também não encontrou diferenças significativas entre o grupo controle e o grupo doente em relação a esses parâmetros (Basu *et al.*, 2012), como observado na presente pesquisa. A FE tem sido o parâmetro mais utilizado entre os autores (Antonucci *et al.*, 2014) como um marcador da disfunção miocárdica na sepse, devido à falta de um critério universal. Entretanto, a FE pode ser afetada por condições de volume e carga, que frequentemente estão alteradas na sepse (Orde *et al.*, 2014).

Nesta atual pesquisa, foram observadas alterações não somente no St longitudinal, mas também no St e no StR radial, nos animais com piometra, no momento da admissão no Hospital. Um estudo feito com crianças em choque séptico obteve resultados semelhantes (Basu *et al.*, 2012). Esses autores relataram ausência de alterações significativas entre o grupo controle e o grupo doente quanto ao exame

ecocardiográfico convencional, mas relataram diferenças detectadas pelo STI-2D. O grupo controle, composto por crianças saudáveis, apresentou valores superiores de St e StR longitudinal e circunferencial em relação ao grupo de crianças com choque séptico. Orde *et al.* (2014) também demonstraram que o STI-2D longitudinal pode indicar alterações na função sistólica em pacientes com sepse que a ecocardiografia convencional mascara. Já um estudo conduzido por Geer *et al.* (2015a) concluiu que o St longitudinal estava frequentemente alterado em humanos com choque séptico, sobreviventes ou não sobreviventes.

Um resultado interessante deste atual estudo foi o fato de que o FTI-2D detectou alterações na função cardíaca em pacientes que ainda não apresentavam sinais evidentes de sepse. A disfunção miocárdica é causada por uma variedade de fatores, incluindo efeitos diretos de um processo infeccioso, como a ação de mediadores inflamatórios e de toxinas bacterianas. Apesar de os animais do grupo III ainda não apresentarem quadro clínico de sepse, havia um processo infeccioso instalado. Adicionalmente, o FTI-2D é capaz de detectar alterações precoces, ou seja, é mais sensível. Li *et al.* (2014) administraram uma endotoxina derivada de *Escherichia coli* em coelhos e, após duas horas, o St e o StR longitudinal e circunferencial foram significativamente reduzidos em relação ao grupo controle. Os autores sugeriram que alterações cardíacas podem ocorrer em uma fase anterior à sepse clinicamente evidente, o que caracterizaria uma fase subclínica. Dessa forma, é possível inferir que essa técnica ecocardiográfica possibilitou um diagnóstico precoce de depressão miocárdica nos cães com piometra nesta pesquisa.

Desde a década de 70, a depressão miocárdica secundária à sepse já era estudada e levantou-se a hipótese de que essa disfunção seria potencialmente reversível (Welsel *et al.*, 1977). O St radial realizado após 10 dias de pós-cirúrgico indicou uma melhora na função cardíaca dos pacientes do grupo II, o que poderia evidenciar o caráter reversível da disfunção miocárdica, porém o grupo III não mostrou essa melhora. Esse também foi um resultado inesperado, que pode ser explicado com base nas terapias pós-cirúrgicas. Os animais com quadro clínico de sepse recebiam uma terapia antibiótica e anti-inflamatória mais agressiva e prolongada do que os animais sem sinais de sepse. Isso pode ter influenciado no resultado, uma vez que a disfunção cardíaca está diretamente ligada à ação de mediadores inflamatórios e de toxinas bacterianas.

Já para o StR radial, as cadelas do grupo II apresentaram função ventricular alterada apenas na reavaliação, enquanto as cadelas do grupo III, sem quadro clínico de sepse, tiveram resultados que indicaram uma piora no momento da reavaliação em comparação ao momento do diagnóstico. Segundo Castillo *et al.* (2010), o StR é mais importante quando a avaliação é feita pelo método Doppler tecidual e não pelo STI-2D ou pelo FTI-2D, uma vez que esses últimos métodos avaliam diretamente a deformação, ou seja, o St. Isso ocorre devido à necessidade de alta resolução temporal para que o StR não seja subestimado. Assim, o método Doppler tecidual é superior em relação ao FTI-2D quanto ao StR. Entretanto, o método Doppler tecidual apresenta uma série de limitações que envolvem a dependência do ângulo de insonação, susceptibilidade alta a ruídos e reverberação, o que confere superioridade ao método FTI-2D (Geyer *et al.*, 2010).

Quanto ao St longitudinal, os valores não indicaram melhora da função cardíaca nos grupos II e III na reavaliação, assim como no estudo conduzido por Geer *et al.* (2015a), em que o St longitudinal permaneceu inalterado, apesar da recuperação clínica dos pacientes após 90 dias de admissão na UTI. De acordo com Geyer *et al.* (2010), pode-se inferir que o St longitudinal foi mais sensível que o St radial, uma vez que detectou alterações da função ventricular após 10 dias de pós-cirúrgico. Segundo esses autores (Geyer *et al.*, 2010), o

eixo longitudinal é o componente mais vulnerável da mecânica do VE, sendo, portanto, mais sensível quando há alterações miocárdicas.

Neste estudo em questão, a variabilidade interobservador foi menor para a avaliação radial em relação à longitudinal. De uma forma geral, a variabilidade foi considerada boa a moderada. Geer *et al.* (2015b) concluíram em seu estudo que o St longitudinal apresenta boa reprodutibilidade, podendo representar uma ferramenta útil na avaliação da função do VE. Geralmente, o STI-2D é afetado minimamente por avaliações intra e interobservador (Becker *et al.*, 2006), porém o St longitudinal pode ser subestimado (Bansal *et al.*, 2008).

Uma das limitações do estudo foi a impossibilidade de relacionar as alterações encontradas com a mortalidade, já que apenas um animal não sobreviveu. Um estudo futuro comparando um grupo de sobreviventes e um grupo de não sobreviventes poderá fornecer essa informação. Orde *et al.* (2014) não encontraram correlação da disfunção do VE com mortalidade, porém o ventrículo direito parece estar correlacionado com prognóstico desfavorável, já que todos os pacientes incluídos no estudo com disfunção grave do ventrículo direito morreram em até seis meses após a admissão. Devido a uma grande divergência de trabalhos realizados quanto às disfunções sistólica e diastólica e à dilatação ventricular secundária à sepse em pacientes humanos, um estudo em meta-análise foi conduzido por Huang *et al.* (2013). Dessa maneira, esses autores puderam concluir que ainda não há evidências convincentes de que as alterações cardíacas detectadas durante a sepse estão relacionadas com uma maior mortalidade. Não houve diferença entre o grupo sobrevivente e o grupo não sobrevivente quanto à função e dimensão do VE e VD. Entretanto, técnicas de imagem mais avançadas, como STI-2D e FTI-2D, não haviam sido realizadas em nenhum estudo incluído nessa meta-análise.

Alguns animais tiveram que ser excluídos do estudo por falta de adesão do proprietário, que não comparecia para a reavaliação em 10 dias. Estudos futuros envolvendo um maior número de reavaliações podem fornecer informações importantes sobre a reversibilidade da disfunção cardíaca e a influência desta na sobrevivência do paciente. A necessidade de imagens de alta

qualidade pode dificultar a avaliação, como no caso do St longitudinal, em que o grupo controle apresentou imagens de qualidade inferior. Como se tratava de um grupo apenas com animais saudáveis e que já tinham sido avaliados anteriormente, não houve interferência nos resultados. Uma vantagem desse estudo foi que as imagens ecocardiográficas foram obtidas logo após o diagnóstico, antes de qualquer tratamento.

### CONCLUSÃO

Neste estudo, o FTI-2D foi capaz de detectar alterações da função ventricular esquerda, as quais não foram observadas no exame ecocardiográfico convencional, compatíveis com o quadro de depressão miocárdica, até mesmo em cadelas com piometra sem quadro clínico evidente de sepse. Adicionalmente, o St parece ser um parâmetro mais confiável em comparação ao StR para esse método. Novos estudos precisam ser feitos para elucidar questões sobre a reversão da disfunção cardíaca e sua influência na taxa de mortalidade no paciente com sepse.

### AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo financiamento concedido.

### REFERÊNCIAS

- ANTONUCCI, E.; FIACCADORI, E.; DONADELLO, K. *et al.* Myocardial depression in sepsis: from pathogenesis to clinical manifestations and treatment. *J. Crit. Care*, v.29, p.500-511, 2014.
- BANSAL, M.; CHO, GY.; CHAN, J. *et al.* Feasibility and accuracy of different techniques of two-dimensional speckle based strain and validation with harmonic phase magnetic resonance imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, v.21, p.1318-1325, 2008.
- BASU, S.; FRANK, L.H.; FENTON, K.E. *et al.* Two-dimensional speckle tracking imaging detects impaired myocardial performance in children with septic shock, not recognized by echocardiography. *Pediatr. Crit. Care Med.*, v.13, p.259-264, 2012.
- BECKER, M.; BILKE, E.; KUHLE, H. *et al.* Analysis of myocardial deformation based on pixel tracking in two dimensional echocardiographic images enables quantitative assessment of regional left ventricular function. *Heart*, v.92, p.1102-1108, 2006.
- BOON, J.A. Evaluation of size, function and hemodynamics. In \_\_\_\_\_. *Manual of veterinary echocardiography*. 2.ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2011. p.105-198.
- BROWN, S.; ATKINS, C.; BAGLEY, R. *et al.* Guidelines for the identification, evaluation, and management of systemic hypertension in dogs and cats. *J. Vet. Intern. Med.*, v.21, p.542-558, 2007.
- BUSSADORI, C.; MOREO, A.; DI DONATO, M. *et al.* A new 2D-based method for myocardial velocity strain and strain rate quantification in a normal adult and paediatric population: assessment of reference values. *Cardiovasc. Ultrasound*, v.7, p.1-11, 2009.
- CARNABUCI, C.; HANAS, S.; LJUNGVALL, I. *et al.* Assessment of cardiac function using global and regional left ventricular endomyocardial and epimyocardial peak systolic strain and strain rate in healthy Labrador retriever dogs. *Res. Vet. Sci.*, v.95, p.241-248, 2013.
- CASTILLO, J.M.D.; HERSZKOWICZ, N.; FERREIRA, C. Speckle tracking: a contratilidade miocárdica em sintonia fina. *Rev. Bras. Ecocardiogr. Imagem Cardiovasc.*, v.23, p.46-54, 2010.
- CHETBOUL V. Tissue Doppler imaging: a promising technique for quantifying regional myocardial function. *J. Vet. Cardiol.*, v.4, p.7-12, 2002.
- CHETBOUL, V. Advanced techniques in echocardiography in small animals. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, v.40, p.529-543, 2010.
- CHETBOUL, V.; SERRES, F.; GOUNI, V. *et al.* Radial strain and strain rate by twodimensional speckle tracking echocardiography and the tissue velocity based technique in the dog. *J. Vet. Cardiol.*, v.9, p.69-81, 2007.

- DECLOEDT, A.; VERHEYEN, T.; SYS, S. *et al.* Quantification of left ventricular longitudinal strain, strain rate, velocity, and displacement in healthy horses by 2-dimensional speckle tracking. *J. Vet. Intern. Med.*, v.25, p.330-338, 2011.
- GEER, L.D.; ENGVALL, J.; OSCARSSON, A. Strain echocardiography in septic shock – a comparison with systolic and diastolic function parameters, cardiac biomarkers and outcome. *Crit. Care*, v.19, p.122, 2015a.
- GEER, L.D.; OSCARSSON, A.; ENGVALL, J. Variability in echocardiographic measurements of left ventricular function in septic shock patients. *Cardiovasc. Ultrasound*, v.13, p.19, 2015b.
- GEYER, H.; CARACCILOLO, G.; HARUHIKO, A. *et al.* Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, v.23, p.351-369, 2010.
- HOCHSTADT, A.; MEROZ, Y.; LANDEBERG, G. Myocardial dysfunction in severe sepsis and septic shock: more questions than answers? *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, v.25, p.526-535, 2011.
- HUANG, S.J.; NALOS, M.; MCLEAN, A.S. Is early ventricular dysfunction or dilatation associated with lower mortality rate in adult severe sepsis and septic shock? A meta-analysis. *Crit. Care*, v.17, p.R96, 2013.
- LI, T.; LIU, J.J.; DU, W.H. *et al.* 2D speckle tracking imaging to assess sepsis induced early systolic myocardial dysfunction and its underlying mechanisms. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.*, v.18, p.3105-3114, 2014.
- NELSON O.L, THOMPSON P.A. Cardiovascular dysfunction in dogs associated with critical illnesses. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, v.42, p.344-349, 2006.
- ORDE, S.R.; PULIDO, J.N.; MASAKI, M. *et al.* Outcome prediction in sepsis: speckle tracking echocardiography based assessment of myocardial function. *Crit. Care*, v.18, p.R149, 2014.
- OSTERBUR, K.; MANN, F.A.; KUROKI, K. *et al.* Multiple organ dysfunction syndrome in humans and animals. *J. Vet. Intern. Med.*, v.28, p.1141-1151, 2014.
- PULIDO, J.N.; AFESSA, B.; MASAKI, M. *et al.* Clinical spectrum, frequency, and significance of myocardial dysfunction in severe sepsis and septic shock. *Mayo Clin. Proc.*, v.87, p.620-628, 2012.
- RABELO, R.C. Sepsis, sepsis grave e choque séptico. In: \_\_\_\_\_. *Emergências de pequenos animais: condutas clínicas e cirúrgicas no paciente grave*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p.322-340.
- SPSS® statistics for windows. Version 20.0. Release 0.0.0. Armonk: IBM Corp., 2011.
- THOMAS, W.P.; GABER, C.E.; JACOBS, G.J. *et al.* Recommendations for standards in transthoracic two-dimensional echocardiography in the dog and cat. *J. Vet. Intern. Med.*, v.7, p.247-252, 1993.
- TILLEY, L.P. *Essential of canine and feline electrocardiography*. 3.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1992. 470p.
- WELSEL, R.D.; VITO, L.; DENNIS, R.C. *et al.* Myocardial depression during sepsis. *Am. J. Surg.*, v.133, p.512-521, 1977.
- ZACK, A.; DEEM, S.; BENDJELID, K. *et al.* Characterization of cardiac dysfunction in sepsis: an ongoing challenge. *Shock*, v.41, p.12-24, 2014.