



LORENA LORRAINE ALVES FURTADO

**FUNÇÃO MIOCÁRDICA PELA ECOCARDIOGRAFIA
FEATURE TRACKING BIDIMENSIONAL EM CÃES
SUBMETIDOS À ANESTESIA PARA PROCEDIMENTOS
CIRÚRGICOS ORTOPÉDICOS**

LAVRAS-MG

2019

LORENA LORRAINE ALVES FURTADO

**FUNÇÃO MIOCÁRDICA PELA ECOCARDIOGRAFIA *FEATURE TRACKING*
BIDIMENSIONAL EM CÃES SUBMETIDOS À ANESTESIA PARA
PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS ORTOPÉDICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Clínica, Cirurgia e Patologia Veterinária, para obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Ruthnéa Aparecida Lázaro Muzzi
Orientadora

Prof. Dr. Leonardo Augusto Lopes Muzzi
Coorientador

Prof. Dr. Rodrigo Bernardes Nogueira
Coorientador

**LAVRAS-MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Furtado, Lorena Lorraine Alves.

Função miocárdica pela ecocardiografia *feature tracking*
bidimensional em cães submetidos à anestesia para procedimentos
cirúrgicos ortopédicos / Lorena Lorraine Alves Furtado. - 2019.
39 p. : il.

Orientador(a): Ruthnéa Aparecida Lázaro Muzzi.

Coorientador(a): Leonardo Augusto Lopes Muzzi, Rodrigo
Bernardes Nogueira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Função miocárdica. 2. Anestesia. 3. Strain e Strain Rate. I.
Muzzi, Ruthnéa Aparecida Lázaro. II. Muzzi, Leonardo Augusto
Lopes. III. Nogueira, Rodrigo Bernardes. IV. Título.

LORENA LORRAINE ALVES FURTADO

**FUNÇÃO MIOCÁRDICA PELA ECOCARDIOGRAFIA *FEATURE TRACKING*
BIDIMENSIONAL EM CÃES SUBMETIDOS À ANESTESIA PARA
PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS ORTOPÉDICOS**

**MYOCARDIAL FUNCTION BY BIDIMENSIONAL *FEATURE TRACKING*
ECHOCARDIOGRAPHY IN DOGS SUBMITTED TO ANESTHESIA FOR
ORTHOPEDIC SURGICAL PROCEDURES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Clínica, Cirurgia e Patologia Veterinária, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24 de abril de 2019.

Prof. Dr. Leonardo Augusto Lopes Muzzi – DMV/UFLA

Profa. Dra. Rosa Maria Cabral – DMV/UFLA

Prof. Dr. Matheus Matioli Mantovani – DMV/UNIPAM

Profa. Dra. Ruthnéa Aparecida Lázaro Muzzi
Orientadora

LAVRAS-MG

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por guiar meus passos ao longo dessa jornada.

Aos meus familiares pelo amor e incentivo, em todos os momentos.

Ao meu namorado Renato, que com seu amor, paciência, tranquilidade e compreensão, sempre me apoiou e acreditou que esse dia chegaria.

Às minhas amigas Déborah, Nayara, Thaís e Bruna, pela amizade ao longo desses 10 anos e por tornarem tudo mais leve.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo ensino de excelência e por contribuir à minha formação profissional e pessoal.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias e a seus professores, pela oportunidade e aprendizado.

À Profa. Ruthnéa, pela orientação, carinho, paciência e ensinamentos.

Aos membros da banca, Leonardo, Rosa e Matheus, pela disposição em contribuir com esse trabalho.

Aos colegas de doutorado, Claudine, Luiz e Mariana, pelos ensinamentos, amizade e por toda ajuda e empenho no desenvolvimento desse trabalho.

À Larissa, pelo companheirismo no mestrado e por dividir momentos de muito aprendizado na profissão.

Aos residentes do Hospital Veterinário e alunos de Iniciação Científica (Larissa, Paula, Mariângela, Isabella, Nayara, Rosane, Felipe, Letícia e Ana Flávia), pela disposição e colaboração.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo auxílio financeiro concedido durante esse período de estudo.

A todos que de alguma forma fizeram parte da minha conquista!

Muito Obrigado!

RESUMO

O sistema locomotor dos cães é comumente acometido por doenças ortopédicas e muitas vezes são necessários procedimentos anestésicos-cirúrgicos complexos para tratamento dessas afecções. Sabe-se que vários anestésicos utilizados nos cães possuem efeitos depressores sobre o sistema cardiovascular, podendo levar a alterações na pressão arterial, débito cardíaco, ritmo cardíaco e na função miocárdica. O presente trabalho avaliou a função miocárdica ventricular esquerda em cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos para procedimentos cirúrgicos ortopédicos, utilizando o ecocardiograma convencional e o *feature tracking* bidimensional. Foram avaliados 22 cães, os quais foram divididos em três grupos, de acordo com as medicações utilizadas durante a anestesia: FOPI (fenotiazínicos, opióides, propofol, isofluorano), FOPBI (fenotiazínicos, opióides, propofol, benzodiazepínicos, isofluorano) e OPI (opióides, propofol, isofluorano). Foram realizadas quatro avaliações em cada animal: antes da anestesia (tempo 1 -T1), imediatamente após a anestesia (tempo 2 -T2), 12 horas após o procedimento anestésico-cirúrgico (tempo 3 -T3) e com 10 dias (tempo 4 -T4). Foram obtidas variáveis ecocardiográficas convencionais, por meio dos modos bidimensional, modo-M e Doppler (em cores, pulsado, contínuo e tecidual), além das variáveis *strain* e *strain rate* global nos sentidos longitudinal, circunferencial e radial. De modo geral, não houve diferença significativa nas variáveis ecocardiográficas convencionais quando comparados os grupos de anestesia. Nas análises de cada grupo, as variáveis índice de volume sistólico e diastólico final, relação E/A do fluxo mitral, relação E'/A' e fração de ejeção apresentaram diferenças entre os tempos de avaliação, embora os resultados permaneceram dentro dos valores de referência para a espécie. A média global do *strain* e *strain rate* longitudinal e circunferencial não demonstrou diferença entre os grupos anestésicos utilizados, embora houve redução significativa nos valores encontrados para *strain rate* circunferencial no período após anestesia, nos cães do grupo FOPI (T2: $-0,83 \pm 0,29$; T3: $-1,06 \pm 0,26$; $p=0,0292$) e FOPBI (T2: $-0,74 \pm 0,41$; T4: $-1,07 \pm 0,31$; $p=0,0037$). Nas análises entre os grupos, houve diferença no *strain* radial na quarta avaliação (FOPI: $14,15 \pm 6,98$; FOPBI: $24,60 \pm 5,74$; OPI: $13,94 \pm 6,58$; $p=0,0386$). *Strain rate* radial apresentou-se reduzido na segunda avaliação dos cães do grupo FOPI (T2: $1,22 \pm 0,42$; T3: $1,57 \pm 0,29$; $p=0,0266$) e na terceira avaliação dos grupos FOPBI (T3: $1,48 \pm 0,44$; T4: $2,28 \pm 0,55$; $p=0,0012$) e OPI (T1: $1,73 \pm 0,23$; T3: $1,34 \pm 0,38$; $p=0,0291$). Embora tenha sido observada redução transitória na função miocárdica nos cães anestesiados, não houve disfunção miocárdica importante. Na avaliação interobservador, a variabilidade foi baixa para *strain* e *strain rate* longitudinal e circunferencial e moderada para radial. Dessa maneira, conclui-se que (1) a anestesia causa uma redução transitória na função ventricular esquerda em cães devido aos efeitos depressores dos fármacos sobre o sistema cardiovascular; e que (2) a ecocardiografia *feature tracking* bidimensional é sensível na determinação da função miocárdica em cães submetidos à anestesia.

Palavras-chave: Cães. *Feature tracking*. Disfunção miocárdica. Anestesia. Ortopedia.

ABSTRACT

Dogs locomotor system is often affected by orthopedic diseases and complex anesthetic-surgical procedures are commonly necessary to treat these conditions. It is known that several anesthetics used in dogs have depressor effects on the cardiovascular system, leading to changes in the blood pressure, cardiac output, cardiac rhythm and myocardial function. The present study evaluated left ventricular myocardial function in dogs submitted to different anesthetic protocols for orthopedic surgical procedures using conventional echocardiogram and two-dimensional feature tracking. Twenty-two dogs were divided into three groups according to the medications used during anesthesia: FOPI (phenothiazines, opioids, propofol, isoflurane), FOPBI (phenothiazines, opioids, propofol, benzodiazepines, isoflurane) and OPI, propofol, isoflurane). Four evaluations were performed in each animal: before anesthesia (time 1-T1), immediately after (time 2-T2), 12 hours after anesthesia (time 3-T3) and with 10 days (time 4-T4). Conventional echocardiographic variables were obtained through two-dimensional, M-mode and Doppler modes (color, pulsed, continuous and tissue), besides the strain and strain rate global variables in the longitudinal, circumferential and radial directions. Overall, there was no significant difference in conventional echocardiographic variables when compared to anesthesia groups. In the analyzes of each group, the variables index of final systolic and diastolic volume, E / A ratio of the mitral flow, E ' / A' ratio and ejection fraction presented differences between the evaluation times, although the results remained within the values of reference for the species. The overall mean of the longitudinal and circumferential strain rates did not show any difference between the anesthetic groups used, although there was a significant reduction in the values found for circumferential strain rate in the period after anesthesia in dogs of group FOPI (T2: -0.83 ± 0.29 ; T3: -1.06 ± 0.26 , $p = 0.0292$) and FOPBI (T2: -0.74 ± 0.41 , T4: -1.07 ± 0.31 , $p = 0.0037$). In the analyzes between the groups, there was difference in radial strain in the fourth evaluation (FOPI: 14.15 ± 6.98 , FOPBI: 24.60 ± 5.74 , OPI: 13.94 ± 6.58 , $p = 0.0386$). Strain rate was reduced in the second evaluation of the dogs of group FOPI (T2: 1.22 ± 0.42 , T3: 1.57 ± 0.29 , $p = 0.0266$) and in the third evaluation of groups FOPBI (T3: 1.48 ± 0.44 , T4: 2.28 ± 0.55 , $p = 0.0012$) and OPI (T1: 1.73 ± 0.23 , T3: 1.34 ± 0.38 ; $p = 0.0291$). Although transient reduction in myocardial function has been observed in anesthetized dogs, there was no significant myocardial dysfunction. In the interobserver evaluation, the variability was low for strain and strain rate longitudinal and circumferential and moderate for radial. Thus, it is concluded that (1) anesthesia causes a transient reduction in left ventricular function in dogs due to the depressor effects of drugs on the cardiovascular system; and that (2) two-dimensional feature tracking echocardiography seems is sensitive in the determination of myocardial function in dogs undergoing anesthesia.

Keywords: Dogs. Feature tracking. Myocardial dysfunction. Anesthesia. Orthopedics.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 - Imagem ecocardiográfica pelo método *feature tracking* bidimensional demonstrando a captura das marcas acústicas (A) e os vetores de direção e velocidade gerados pela movimentação dessas marcas acústicas (em verde) (B) 16
- Figura 2 - Curvas de *strain* longitudinal, radial e circunferencial adquiridas pela técnica *feature tracking imaging* bidimensional (FTI-2D) 18

SEGUNDA PARTE

- Figura 1 - Diagrama de fluxo que ilustra os critérios de inclusão e exclusão de cães no estudo..... 29
- Figura 2 - Diagrama de scatter plot com média e erro padrão da média do IVDF, relação E/A do fluxo mitral e relação E'/A' da valva mitral dos cães do grupo FOPI; velocidade da onda E dos cães do grupo FOPBI; IVDF, IVSF, FE e velocidade da onda E dos cães do grupo OPI. A letra sobrescrita, a, indica diferença estatisticamente significativa entre os tempos de avaliação dentro do mesmo grupo pelo Teste t pareado ($p < 0,05$)32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Dados clínicos e demográficos de cães submetidos à diferentes grupos de anestesia para realização de cirurgias ortopédicas 31
- Tabela 2 - Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain (St) longitudinal obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4) 33
- Tabela 3 - Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain rate (StR) longitudinal obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4) 33
- Tabela 4 - Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain (St) circunferencial obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4) 33
- Tabela 5 - Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain rate (StR) circunferencial obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4) 33
- Tabela 6 - Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain (St) radial obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à variados protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4) 34
- Tabela 7 - Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain rate (StR) radial obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à variados protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4) 34
- Tabela 8 - Variabilidade interobservador na mensuração de 24 variáveis ecocardiográficas analisadas em 60% dos animais estudados 35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE	Átrio esquerdo
Ao	Aorta
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
CCI	Coefficiente de correlação intraclass
DT	Doppler tecidual
ECG	Eletrocardiograma
FE	Fração de ejeção
FS	Fração de encurtamento
FTI-2D	<i>Feature tracking imaging</i> bidimensional
HV	Hospital Veterinário
IC	Intervalo de confiança
IM	Intramuscular
IV	Intravenosa
IVDF	Índice de volume diastólico final
IVSF	Índice de volume sistólico final
Kg	Quilograma
MPA	Medicação pré-anestésica
PAS	Pressão arterial sistólica
St	Strain
StR	Strain Rate
TRIV	Tempo de relaxamento isovolumétrico
UFLA	Universidade Federal de Lavras
VE	Ventrículo esquerdo

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. Efeitos dos Fármacos Tranquilizantes e Agentes Anestésicos sobre o sistema cardiovascular	12
2.2. Métodos de avaliação da função miocárdica pela ecocardiografia convencional	14
2.3. Métodos de avaliação da função miocárdica pela ecocardiografia <i>feature tracking</i>	16
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20
SEGUNDA PARTE – ARTIGO	26
ARTIGO - FUNÇÃO VENTRICULAR ESQUERDA PELA ECOCARDIOGRAFIA <i>FEATURE TRACKING</i> BIDIMENSIONAL EM CÃES SUBMETIDOS À ANESTESIA PARA CIRURGIAS ORTOPÉDICAS.....	27

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O sistema locomotor dos cães e gatos é frequentemente acometido por doenças ortopédicas de origem traumática ou degenerativa, como fraturas, doenças articulares, lesões em músculos e tendões, alterações metabólicas, doenças infecciosas ou neoplásicas. Essas doenças constituem uma importante causa de dor e disfunção em pequenos animais e algumas delas podem ser tratadas de forma clínica. Entretanto, muitas vezes são necessários procedimentos cirúrgicos para tratamento dessas afecções.

Os procedimentos cirúrgicos demandam um longo período anestésico para sua realização e em muitos casos, são necessárias associações de fármacos anestésicos para adequada manutenção da anestesia. Sabe-se, que vários desses fármacos utilizados possuem efeitos depressores sobre o sistema cardiovascular, podendo levar a alterações na pressão arterial, no débito cardíaco, no ritmo cardíaco e na função miocárdica.

As técnicas convencionais do exame ecocardiográfico, como o modo bidimensional, modo-M e Doppler (em cores, pulsado, contínuo e tecidual), permitem a avaliação da função miocárdica. Entretanto, nos últimos anos, um novo método tem sido empregado, o *feature tracking imaging* bidimensional (FTI-2D). Este utiliza os índices *strain* e *strain rate* para avaliar a função miocárdica, sendo considerado um indicador precoce de disfunção miocárdica quando comparado às técnicas convencionais.

Dessa maneira, o objetivo desse estudo foi avaliar a ocorrência e extensão da disfunção miocárdica em cães submetidos à anestesia para procedimentos cirúrgicos ortopédicos, por meio da ecocardiografia convencional e FTI- 2D. A hipótese foi que os agentes anestésicos são medicamentos cardiodepressores e podem levar à alteração na deformidade miocárdica e, consequente, disfunção ventricular transitória. O presente trabalho está dividido em duas partes: a primeira trata-se de um referencial teórico para melhor entendimento sobre o assunto abordado; e a segunda parte é um artigo para publicação em periódico científico, elaborado a partir da pesquisa desenvolvida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O sistema locomotor dos cães e gatos é frequentemente acometido por doenças ortopédicas de origem traumática ou degenerativa, como fraturas, doenças articulares, lesões em músculos e tendões, alterações metabólicas, doenças infecciosas ou neoplásicas (BRINKER; PIERMATTEI; FLO, 2015; FOSSUM, 2018). Essas doenças constituem uma importante causa de dor e disfunção em pequenos animais de todas as idades, tamanhos e raças (SHEARER, 2011).

A dor ativa o sistema neuroendócrino e causa a liberação de catecolaminas, glucagon, insulina e somatostatina (LESTER; GAYNOR, 2000), induzindo respostas reflexas que resultam no aumento do tônus simpático, da resistência vascular sistêmica, do consumo de oxigênio pelo miocárdio, do tônus musculoesquelético, vasoconstrição, aumento do débito cardíaco pelo aumento da frequência cardíaca e redução do tônus gastrointestinal e urinário (MATHEWS, 2005).

Uma das maiores preocupações relacionadas ao ato cirúrgico é a abolição da dor (FANTONI et al., 2006). A fim de promover analgesia e produzir um plano anestésico adequado para o procedimento, causando mínimas alterações sistêmicas possíveis, a anestesia é comumente utilizada para intervenções cirúrgicas em animais. Para alcançar esse objetivo, existem vários agentes anestésicos e associações disponíveis para uso em medicina veterinária (CIMA et al., 2016).

2.1 Efeitos dos Fármacos Tranquilizantes e Agentes Anestésicos sobre o sistema cardiovascular

Derivados fenotiazínicos, benzodiazepínicos e analgésicos opioides são comumente utilizados na tranquilização dos animais para cirurgias (LEMKE, 2013). Os derivados fenotiazínicos, são agentes neurolépticos potentes, com baixa toxicidade relativa, frequentemente empregados na Medicina Veterinária (MEYER, 1997; MENEGUETI; OLIVA, 2010). Dentre eles, a acepromazina é um dos mais utilizados, por permitir uma boa tranquilização, causando poucas alterações na função cardiorrespiratória (CEREJO, 2013). Entretanto, seu uso pode causar hipotensão e depressão do centro vasomotor (ALVAIDES et al., 2008; SAPONARO et al., 2013; TRANQUILLI et al., 2014). Segundo Boström et al. (2003), a acepromazina pode provocar efeitos variáveis na frequência cardíaca, desde taquicardia até bradicardia e bloqueio sinusal.

Os benzodiazepínicos possuem efeitos ansiolíticos, tranquilizantes, hipnóticos e miorrelaxantes, e se caracterizam por causar mínimas alterações das variáveis hemodinâmicas (HAYASHI et al., 1994). Embora não promovam efeitos cardiovasculares periféricos importantes, o

midazolam pode ocasionar ligeira queda da pressão arterial decorrente da redução da resistência vascular periférica, sendo os demais parâmetros preservados (CORTOPASSI; FANTONI, 2010).

Os opioides são muito utilizados nas técnicas anestésicas balanceadas em pequenos animais. Seus principais efeitos terapêuticos em cães e gatos são sedação e analgesia (LASCELLES, 1999; PASCOE, 2000). Segundo Lamont e Mathews (2013), a administração de opioides pode levar à uma redução na pressão arterial, devido a possível liberação de histamina mediada por esses fármacos, efeito mais comumente observado após utilização de morfina e meperidina (BRANSON et al., 2001). Além disso, os opioides podem causar redução da frequência cardíaca (HENDRIX, 1995), efeito relacionado ao aumento da atividade vagal (GREENE et al., 1990). A meperidina é frequentemente utilizada em Medicina Veterinária e apesar de provocar poucas alterações sobre o sistema cardiovascular (SPINOSA et al., 2011), pode causar efeito inotrópico negativo (TRANQUILLI et al., 2014) e cronotrópico positivo (SPINOSA et al., 2011; VETTORATO; BACCO, 2011).

A indução anestésica em cães pode ser realizada com agentes anestésicos inalatórios ou injetáveis únicos ou em associações (PADDLEFORD, 1992). O propofol é um agente anestésico de uso intravenoso, comumente utilizado para indução e manutenção da anestesia geral (GLOWASKI; WETMORE, 1999; AMENGUAL et al., 2013; MANEY et al., 2013), devido ao fato de causar rápida indução da anestesia, possuir curta duração e efeitos acumulativos não significativos em administrações repetidas (MUIR; GADAWSKI, 1998). Além disso, é rapidamente metabolizado e eliminado do organismo (SHORT; BUFALARI, 1999; GU et al., 2009). Entretanto, esse agente é cardiodepressor e causa redução na contratilidade do miocárdio (PAGEL; WARLTIER, 1993), na pressão arterial (BRÜSSEL et al., 1989; PAGEL; WARLTIER, 1993; MANNARINO et al., 2012) e no débito cardíaco (MANNARINO et al., 2012).

Os anestésicos inalatórios halogenados comumente utilizados produzem marcada depressão cardiovascular (KLIDE, 1976; STEFFEY et al., 1977; JONES; SNOWDON, 1986). O isoflurano é um dos agentes inalatórios mais usados, devido a sua vantagem em causar mínima depressão hemodinâmica (NOCITE, 1987). Além disso, quando utilizado em cães normais, o isoflurano foi citado por ter efeitos hemodinâmicos semelhantes ao sevoflurano, como aumento da frequência cardíaca basal, redução da resistência vascular sistêmica e redução dose-dependente das pressões arteriais sistólica, média e diastólica (HELLEBREKERS, 1986; LUDDERS, 1992; MUTOH et al., 1997).

Durante um procedimento anestésico – cirúrgico, a monitoração da pressão arterial é extremamente importante (BRESSAN et al., 2007) uma vez que a hipotensão é a complicação perianestésica mais frequentemente observada em pacientes veterinários (GAYNOR et al., 1999;

MAZAFERRO; WAGNER, 2001). A redução da pressão arterial média, causada pela diminuição da resistência vascular sistêmica ou diminuição do débito cardíaco é uma consequência comum da administração de agentes anestésicos (GOODCHILD; SERRAO, 1989; EBERT, 2006).

A hipotensão ocorre quando a pressão arterial sistólica e a pressão arterial média são menores que 90 e 65 mmHg, respectivamente (RUFFATO; NOVELLO; CLARK, 2015). Sua fisiopatologia é multifatorial e muitas vezes ocorre como efeito adverso de medicamentos, incluindo vários agentes anestésicos. Muitos fármacos anestésicos injetáveis e inalatórios afetam diretamente a frequência cardíaca, a pré-carga, a pós-carga, a contratilidade miocárdica ou resistência vascular sistêmica. Essas variáveis estão intimamente associadas à pressão arterial. Por isso, uma mudança em qualquer uma delas pode reduzir o débito cardíaco e/ou a pressão arterial (MAZAFERRO; WAGNER, 2001). Durante a anestesia, o valor mínimo da pressão arterial média considerado para evitar baixa perfusão sanguínea dos órgãos principais, é de 65 mmHg (RUFFATO; NOVELLO; CLARK, 2015).

Os agentes de indução anestésica podem causar profunda hipotensão por diversos mecanismos. Sabe-se que o propofol reduz a pressão sanguínea arterial pela diminuição centralizada da pressão neural simpática, levando a uma diminuição da resistência vascular sistêmica (CLAEYS et al., 1988). Também diminui o débito cardíaco devido à redução da pré-carga por efeito venodilatador direto em cães (GOODCHILD; SERRAO, 1989). Além disso, os agentes anestésicos inalatórios comumente disponíveis para uso veterinário, também causam depressão cardiovascular dose-dependente (KLIDE; 1976; PAGEL et al., 1991).

Os fármacos anestésicos também podem desencadear alterações no sistema de despolarização e repolarização cardíaca e no sistema de condução elétrica do miocárdio, ocasionando arritmias. Além disso, a hipóxia resultante da anestesia, decorrente de hemorragia e/ou perda de fluido durante a cirurgia também pode causar importantes alterações no eletrocardiograma (SLATTER, 1998).

2.2 Métodos de avaliação da função miocárdica pela ecocardiografia convencional

A ecocardiografia ou ultrassom cardíaco é uma ferramenta diagnóstica bastante utilizada em medicina veterinária (HENIK, 2002), pois possibilita a identificação de estruturas e avaliação do tamanho, função e hemodinâmica do coração e grandes vasos (MADRON; CHETBOUL; BUSSADORI, 2015). É uma técnica não invasiva, que permite adequada avaliação da função miocárdica em humanos, com 92,3% de acurácia diagnóstica (FARMAN; YUSUF; MAHMOOD, 2015). Tal avaliação é realizada por meio de técnicas ecocardiográficas convencionais, como o

Modo-M, o bidimensional e as variantes do Doppler - pulsado, contínuo, em cores e tecidual (CHETBOUL, 2010).

A função cardíaca pode ser avaliada por vários índices ecocardiográficos, tanto na sístole, quanto na diástole (BOON, 2011). Os índices mais utilizados para avaliar a função sistólica incluem as frações de ejeção (FE) e encurtamento (FS) (BONAGURA; SCHOBER, 2009) e o índice de volume sistólico final (IVSF) (ZOIS et al., 2014). A FE representa a variação percentual de volume ventricular entre o final da diástole e o final da sístole (BOON, 2011). Pode ser obtida por mensuração linear por meio do modo M ou pelo modo bidimensional utilizando o método de Simpson, sendo este, considerado o método de escolha, por ter demonstrado ser superior (SECKERDIECK et al., 2015). A FS representa a mudança percentual do tamanho do VE entre as fases de relaxamento e contração, indicando não apenas contratilidade, mas função (BOON, 2011), e é obtida por meio do modo M. O IVSF é o volume sistólico final dividido pela área de superfície corporal (BOON, 2011). É um importante indicador prognóstico de disfunção sistólica, obtido também pelo método de Simpson (WESS et al., 2011).

Já a função diastólica é avaliada pelo tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV), fluxo transmitral valvar, fluxo venoso pulmonar, Doppler tecidual (DT) (BOON, 2011) e índice de volume diastólico final (IVDF) (NAGUEH et al, 2016). O TRIV é o tempo que transcorre do final da ejeção ventricular à abertura da valva mitral (BOON, 2011) e é obtido pelo Doppler pulsado na captura simultânea dos fluxos aórtico e transmitral, e reflete o relaxamento do VE (SCHOBER, 2013). O fluxo transmitral, mensurado pelo Doppler pulsado, é formado pelas ondas E e A, que representam a fase de enchimento ventricular rápido (precoce) e a contração atrial esquerda (enchimento tardio), respectivamente (BOON, 2011). A relação E/A reflete a pressão de enchimento ventricular e seu valor normal deve ser entre 1 e 2; quando abaixo de 1, sugere padrão diastólico anormal e acima de 2, padrão restritivo. Pode ocorrer também uma pseudonormalização do fluxo, quando a progressão do padrão anormal eleva a pressão no átrio esquerdo (AE) (SCHOBER, 2013). O DT avalia o movimento miocárdico (NAGUEH et al., 2001) por meio da onda Em ou E' (a qual representa o movimento diastólico precoce), onda Am ou A' (movimento diastólico tardio) e onda S ou S' (movimento sistólico) (BOON, 2011). O IVDF é obtido por meio do método de Simpson, dividindo o volume diastólico final pela área de superfície corporal (BOON, 2011) e representa um importante indicador prognóstico de disfunção diastólica (WESS et al., 2011). O relaxamento comprometido do VE e o aumento da pressão de enchimento, associados ou não a um elevado IVDF, resultam em disfunção diastólica (NAGUEH et al, 2016).

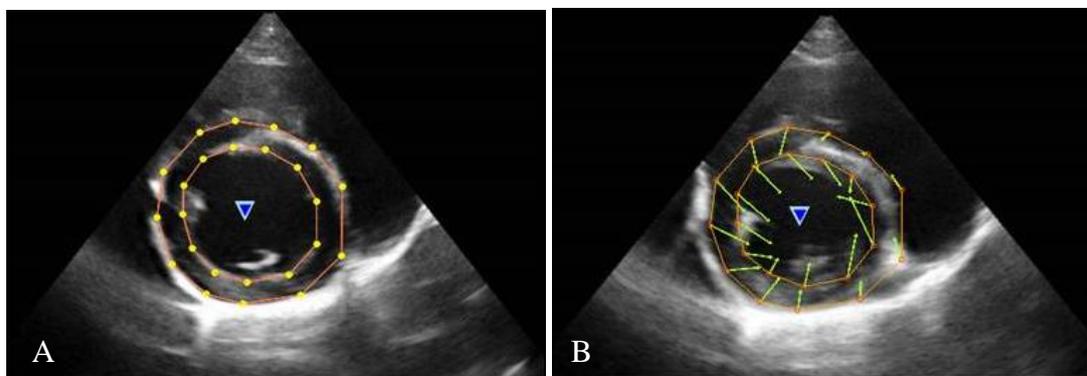
O DT também possibilita quantificar a deformação provocada pela contração do miocárdio sobre a musculatura cardíaca, em vez de quantificar dimensão e volume (DEL CASTILLO; HERSZKOWICZ, 2008), uma técnica mais sensível para detectar a disfunção ventricular, com

menor dependência da hemodinâmica (FERFERIEVA et al., 2012). É possível mensurar a velocidade média do movimento longitudinal do miocárdio (medida da distância entre dois pontos diferentes com velocidades distintas de contração dividida pelo tempo), conhecido como *strain rate* (StR). A integral desse valor é o percentual de deformação daquele segmento, ou *strain* (St) (SILVA; RABISCHOFFSKY, 2015). Entretanto, os métodos convencionais de avaliação ecocardiográfica ainda são subjetivos e parcialmente quantitativos na determinação da função miocárdica regional (GARCIA-FERNANDEZ et al., 2003), uma vez que dependem do ângulo de insonação, e com isso, alguns segmentos do miocárdio não podem ser corretamente avaliados (SUN et al., 2013).

2.3 Métodos de avaliação da função miocárdica pela ecocardiografia *feature tracking*

A ecocardiografia *feature tracking* bidimensional (FTI-2D), é uma técnica que permitiu a introdução de novos parâmetros para avaliação do desempenho miocárdico (CHETBOUL; SERRES; TISSIER, 2007) e é baseada no rastreamento de pontos criados pela interferência entre o feixe ultrassonográfico e o miocárdio em imagens ecocardiográficas bidimensionais em escala de cinza (AMUNDSEN et al., 2006; MONDILLO et al., 2011). Desse modo, o FTI-2D monitora os pontos em uma região de interesse menor, permitindo a quantificação da deformação das camadas endomiocárdica e epimiocárdica separadamente (DI BELLA et al., 2011). Esses pontos pequenos e brilhantes, denominados *speckles*, aparecem dentro do miocárdio e representam marcadores acústicos teciduais naturais que podem ser monitorados (*tracking*) momento a momento, durante todo o ciclo cardíaco (Figura 1-A e 1-B) (CHETBOUL, 2010; HOOGE, 2007).

Figura 1- Imagem ecocardiográfica pelo método *feature tracking* bidimensional demonstrando a captura das marcas acústicas (A) e os vetores de direção e velocidade gerados pela movimentação dessas marcas acústicas (em verde) (B).

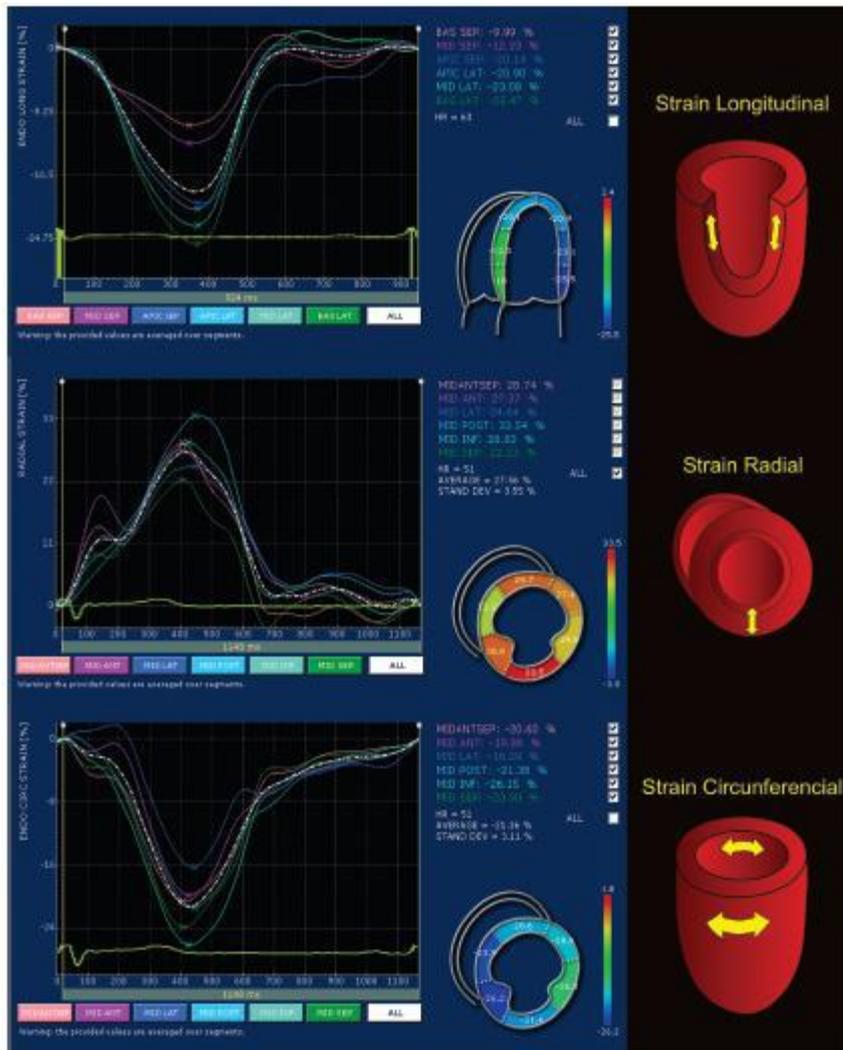


Fonte: Hospital Veterinário, Universidade Federal de Lavras, 2018.

Ao plotar a curva do deslocamento das marcas acústicas em função do tempo, é formada uma curva de deformação deste ponto da parede, denominada de taxa de deformação ou *strain rate* (StR) (DEL CASTILLO; HERSZKOWICZ; FERREIRA, 2010). A integral da velocidade desta curva obtém a deformação ou *strain* (St), que é mensurada em porcentagem em relação à posição inicial do ponto (DEL CASTILLO; HERSZKOWICZ; FERREIRA, 2010). Após serem geradas as curvas de St e StR, o software representa seus dados em gráficos, exibindo o valor percentual (%) de St e de velocidade (1/s) no caso do StR (SILVA; RABISCHOFFSKY, 2015).

A deformação miocárdica ocorre no sentido das fibras musculares. Assim, as variáveis ecocardiográficas St e StR são diretamente dependentes dessa disposição, podendo ser longitudinal, radial ou circunferencial (Figura 2) (DEL CASTILLO; HERSZKOWICZ, 2008). O St longitudinal é representado pela deformação miocárdica entre o anel mitral e o ápice cardíaco, ou seja, no eixo longitudinal (GEYER et al., 2010); sendo obtido pelas análises dos cortes apicais paraesternais esquerdo quatro e duas câmaras. Seus valores são representados por curvas negativas, pois o comprimento final da cavidade na sístole é menor que o comprimento inicial na diástole (MONDILLO et al., 2011). O St radial ocorre pelo espessamento da parede ventricular e septal durante a sístole (GEYER et al., 2010), sendo avaliado no eixo transversal do ventrículo esquerdo (SAITO et al., 2009). Ao contrário do St longitudinal, a espessura da parede no final da sístole é maior do que a espessura inicial na diástole, por isso, a porcentagem da deformação miocárdica é representada por curvas positivas (MONDILLO et al., 2011). O St circunferencial, também obtido pelo eixo transversal do ventrículo esquerdo, ocorre devido à deformação e o deslocamento do miocárdio ao longo do perímetro circular da cavidade ventricular (DEL CASTILLO et al., 2010). Como a circunferência é menor na sístole que na diástole, as porcentagens de deformações são representadas por curvas negativas (MONDILLO et al., 2011).

Figura 2 – Curvas de *strain* longitudinal, radial e circunferencial adquiridas pela técnica *feature tracking imaging* bidimensional (FTI-2D).



Fonte: Silva e Rabischoffsky (2015).

Por meio do FTI -2D, pode-se avaliar índices como o St e o StR de forma mais fidedigna, visto que, não apresentam as limitações do método convencional pelo Doppler tecidual e não depende tanto do ângulo de insonação, nem da translação cardíaca (KORINEK et al., 2005). Além disso, permite a avaliação das regiões do coração nos sentidos longitudinal, circunferencial e radial do miocárdio pela projeção apical e no eixo transversal do ventrículo esquerdo (DEL CASTILLO; HERSZKOWICZ, 2008). Entretanto, possui limitações que se referem à dependência da taxa de frame, resolução da imagem coletada e experiência limitada com relação às suas habilidades de prognóstico e diagnóstico (CHETBOUL, 2010).

Estudos têm demonstrado a utilização da ecocardiografia FTI-2D e a importância de St e StR como novos índices sistólicos para a avaliação da função miocárdica do ventrículo esquerdo (CARNABUCI et al., 2013; COELHO et al., 2013; MANTOVANI et al., 2015; PIRAT et al., 2008;

SILVA, 2012), uma vez que permite o diagnóstico precoce de disfunção sistólica (ARTIS et al., 2008), auxiliando no prognóstico, manejo terapêutico e na avaliação da resposta do paciente (SMITH et al., 2012).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de fármacos tranquilizantes e agentes anestésicos durante um procedimento anestésico-cirúrgico, frequentemente causam depressão do sistema cardiovascular, o que pode comprometer o desempenho do coração, causando disfunção miocárdica transitória. Portanto, são necessários estudos que avaliem a função ventricular dos pacientes submetidos à esses procedimentos. Por meio da ecocardiografia FTI-2D, poderá ser avaliada precocemente essa disfunção, e, assim, intervir de maneira correta para evitar o seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- ALVAIDES, R. K. et al. Sedative and cardiorespiratory effects of acepromazine or atropine given before dexmedetomidine in dogs. **Veterinary Record**, v. 162, p. 852-856, 2008.
- AMENGUAL, M. et al. An evaluation of anesthetic induction in healthy dogs using rapid intravenous injection of propofol or alphaxalone. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, p. 115-123, 2013.
- AMUNDSEN, B. H. et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 47, p. 789-793, 2006.
- ARTIS, N. J. et al. Two-dimensional *strain* imaging: a new echocardiographic advance with research and clinical applications. **International Journal of Cardiology**, London, v. 123, n. 3, p. 240-248, 2008.
- BONAGURA, J. D.; SCHOBER, K. E. Can ventricular function be assessed by echocardiography in chronic canine mitral valve disease? **The Journal of Small Animal Practice**, Oxford, v. 50, n. 1, p. 12-24, 2009.
- BOON, J. A. Evaluation of size, function, and hemodynamics. In: **Veterinary echocardiography**. 2nd ed. New Jersey: J. Willey, p. 151-260, 2011.
- BOSTRÖM, I. et al. Effects of acepromazine on renal function in anesthetized dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 64, n. 5, p. 590-598, 2003.
- BRANSON, K.R.; GROSS, M.E.; BOOTH, N.H. Opioids agonists and antagonists. In: ADAMS, A.R. 1 ed. **Veterinary Pharmacology and Therapeutics**. Ames: Iowa State Press, 2001, p. 274-310.
- BRESSAN, N. et al. **Modelling the dynamics of depth of anesthesia: Cerebral State Index** in dogs. Control & Automation, 2007. MED, 07. Mediterranean Conference on Athens, IEEE, 2007.
- BRINKER, W. O., PIERMATTEI, D. L., FLO, W. B. **Brinker, Piermattei and Flo's Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair**. 5th ed. Saunders: Philadelphia, 2015. 880p.
- BRÜSSEL, T. et al. Hemodynamic and cardiodynamic effects of propofol and etomidate: negative inotropic properties of propofol. **Anesthesia & Analgesia**, v. 69, p. 35-40, 1989.
- CARNABUCI, C. 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. **Research in Veterinary Science**, Amsterdam, v. 95, n. 1, p. 241-248, 2013.
- CEREJO, S. A.; JUNIOR, E. M.; NISHIMURA, L. T. Effects of constant rate infusion of anesthetic or analgesic drugs on general anesthesia with isoflurane: A retrospective study in 200 dogs. **Semina**, v. 34, n. 4, p. 1807-1822, 2013.
- CHETBOUL, V. Advanced techniques in echocardiography in small animals. **Journal of Veterinary Cardiology**, London, v. 40, n. 4, p. 529-543, 2010.

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, 2007.

CIMA, D. S. et al. Comparative study between propofol and propofol-ketamine for induction of anesthesia in dogs. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 146-152, 2016.

CLAEYS, M. A. et al. Haemodynamic changes during anesthesia induced and maintained with propofol. **British Journal of Anesthesia**, v. 60, n. 1, p. 3-9, 1988.

COELHO, M. R. et al. *Strain e strain rate* bidimensionais – novas perspectivas na cardiologia veterinária. **Revista Científica eletrônica de Medicina Veterinária**, ano XI, n. 20, 2013.

CORTOPASSI, S. R. G.; FANTONI, D. T. Medicação pré-anestésica. In: **Anestesia em Cães e Gatos**. 2ª ed. São Paulo: Roca, cap.13, 2010, p.217 - 227.

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, 2008.

DEL CASTILLO, J. M. et al. Speckle-tracking: a contratilidade miocárdica em sintonia fina. **Revista Brasileira de Ecocardiografia**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 46-54, 2010.

DI BELLA, G.; MINUTOLI, F.; PINGITORE, A. Endocardial and epicardial deformations in cardiac amyloidosis and hypertrophic cardiomyopathy: 2-D feature strain echocardiography. **Circulation Journal**, v. 75, p. 1200-1208, 2011.

EBERT, T. J. Inhalation anesthesia. In: **Clinical Anesthesia**. BARASH, O. G.; CULLEN, B. F.; STOELTING, R. K. Lippincott, Williams & Wilkins. 5th ed. Philadelphia, USA, p. 384-420, 2006.

FANTONI, D. T.; CORTOPASSI, S. R. G.; BERNADINI, M. M. Anestésicos Inalatórios. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNADINI, M. M. **Farmacologia Aplicada à Medicina Veterinária**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.119-131, 2006.

FARMAN, W.; YUSUF, S.; MAHMOOD, R. A. Diagnostic accuracy of echocardiography in assessment of ejection fraction taking CT cardiac functional analysis as gold standard. **Journal of Islamabad Medical & Dental College**, Islamabad, v. 4, n.4, p. 142-146, Feb. 2015.

FERFERIEVA, V. et al. The relative value of strain and strain rate for defining intrinsic myocardial function. **American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology**, Bethesda, v. 302, n. 1, p. 188-195, Jan. 2012.

FOSSUM, T. W. **Small Animal Surgery**. 5th ed. Philadelphia: Elsevier, 2018. 1584p.

GARCIA-FERNANDEZ, M. A. et al. New techniques for the assessment of regional left ventricular wall motion. **Echocardiography**, Gardendale, v. 20, n. 7, p. 659-672, Oct. 2003.

GEYER, H. et al. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 23, n. 4, p. 351-369, 2010.

- GAYNOR J. S. et al. Complications and mortality associated with anesthesia in dogs and cats. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 35, p. 13–17, 1999.
- GLOWASKI, M. M.; WETMORE, L. A. Propofol: application in veterinary sedation and anesthesia. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**, v. 14, p. 1-9, 1999.
- GOODCHILD, C. S.; SERRAO, J. M. Cardiovascular effects of propofol in the anesthetized dog. **British Journal of Anesthesia**, v. 63, n. 1, p. 87-92, 1989.
- GREENE, S.A.; HARTSFIELD S.M.; TYNER, C.L. Cardiovascular effects of butorphanol in halothane anesthetized dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v.51, n.8, p.1276-1279, 1990.
- GU, J. et al. Pharmacokinetics of propofol and extrahepatic UGT1A6 gene expression in anhepatic rats. **Pharmacology**, v. 84, p. 219–226, 2009.
- HAYASHI, K.; NISHIMURA, R.; MUTOH, T. Comparison of Sedative Effects Induced by Medetomidine, Medetomidine-Midazolam and Medetominide-butorphanol in Dogs. **Journal Veterinary Medical Science**, v. 56, n. 5, p. 951-956, 1994.
- HELLEBREKERS, L. J. Comparison of isoflurane and halothane as inhalation anaesthetics in the dog. **Veterinary Quarterly**, v. 8, p. 183-188, 1986.
- HENDRIX, P. K.; ROBINSON, E. P.; RAFFE, M. R. Methoctramine, a cardioselective muscarinic cholinergic antagonist, prevents fentanyl-induced bradycardia in the dog. **Journal Veterinary Pharmacology**, v. 18, p. 87-93, 1995.
- HENIK, R. A. Ecocardiografia e Ultra-som Doppler. In: TILLEY, L. P., GOODWIN, J. K. **Manual de Cardiologia para Cães e Gatos**. 3. ed. São Paulo: Roca. cap. 4, p. 67-94, 2002.
- HOOGE, J. d'. Principles and different techniques for speckle tracking. In: MARWICK, T. H. et al. (Ed.) **Myocardial imaging: tissue Doppler and speckle tracking**. Massachusetts: Blackwell, p. 17-25, 2007.
- JONES, R. S.; SNOWDON, S. L. Experimental investigation of the cardiovascular and respiratory effects of increasing concentrations of isoflurane in the dog. **Research in Veterinary Science**, v. 40, p. 89-93, 1986.
- KLIDE, A. M. Cardiopulmonary effects of enflurane and isoflurane in the dog. **American Journal of Veterinary Research**, v. 37, p. 127–131, 1976.
- KORINEK, J. et al. Two-dimensional strain – aDoppler-independent ultrasound method for quantitation of regional deformation: validation in vitro and in vivo. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 18, p. 1247-1253, 2005.
- LASCELLES, B.D. Analgesia preoperatoria - opiáceos y AINEs. **Waltham Focus**, v. 9, n. 4, p. 2-9, 1999.
- LAMONT, L. A.; MATHEWS, K. A. Opióides, anti-inflamatórios não esteroidais e analgésicos adjuvantes. In: TRANQUILI, W.L. **Anestesiologia e analgesia veterinária**. 4.ed. São Paulo: Roca, 2013. Cap.10, p. 270-304.

- LEMKE, K. A. Anticolinérgicos e sedativos. In: TRANQUILI, W.L.; THURMON, C.J.; GRIMM, A.G. **Anestesiologia e Analgesia Veterinária**. 4 ed. São Paulo: Roca, cap. 9, p. 230-269, 2013.
- LESTER, P.; GAYNOR, J. S. Management of cancer pain. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, Colorado, v. 30, n. 4, p. 951-966, 2000.
- LUDDERS, J. W. Anesthesia for patients with dehydration/ hypovolemia. **Veterinary Clinical North American Small Animal Practice**, v. 22, p. 495-496, 1992.
- MADRON, E.; CHETBOUL, V.; BUSSADORI, C. **Clinical Echocardiography of the Dog and Cat**. Elsevier Health Sciences, 2015.
- MANEY, J., SHEPARD, M., BRAUN, C., CREMER, J., HOFMEISTER, E. A comparison of cardiopulmonary and anesthetic effects of an induction dose of alfaxalone or propofol in dogs. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, p. 237-244, 2013.
- MANNARINO, R. et al. Minimum infusion rate and hemodynamic effects of propofol, propofol-lidocaine and propofol-lidocaine-ketamine in dogs. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 39, n. 2, p. 160-173, 2012.
- MANTOVANI, M. M. et al. Systolic cardiac function assessment by feature tracking echocardiography in dogs with myxomatous mitral valve disease. **Journal of Small Animal Practice**, Oxford, v. 56, n. 6, p. 383-392, Mar. 2015.
- MATHEWS, K. A. Dor origem e efeito. In: RABELO, R. C.; CROWE JR, D. T. **Fundamentos de terapia intensiva veterinária em pequenos animais – Condutas no paciente crítico**. Rio de Janeiro: L F livros, p. 519-527, 2005.
- MAZZAFERRO, E.; WAGNER, A. E. **Hypotension during anesthesia in dogs and cats: Recognition, causes, and treatment**. Compendium on continuing education for the practising veterinarian-north american edition-, v. 23, n. 8, p. 728-738, 2001.
- MENEGHETTI, T. M.; OLIVA, V. N. L. Anestesia em cães cardiopatas. **Medvep Revista Científica de Medicina Veterinária Pequenos Animais Animais de Estimação**, v. 8, p. 194-199, 2010.
- MEYER, E. K. Rare, idiosyncratic reation to acepromazine in dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 210, n. 8, p. 1114-1115, 1997.
- MONDILLO, S. et al. Speckle-tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function. **Journal of Ultrasound in Medicine**, Philadelphia, v. 30, n. 1, p. 71-83, 2011.
- MUIR, W. W.; GADAWSKI, J. E. Respiratory depression and apnea induced by propofol in dogs. **American Journal Veterinary Research**, v. 59, p. 157-161, 1998.
- MUTOH, T. et al. Cardiopulmonary effects of sevoflurane, compared with halothane, enflurane, and isoflurane, in dogs. **American Journal Veterinary Research**, v. 58, p. 885-890, 1997.
- NAGUEH, S. F. et.al. Hemodynamic determinants of the mitral annulus diastolic velocities by tissue Doppler. **Journal of the American College of Cardiology**, San Diego, v. 37, n. 1, p. 278-285, 2001.

NAGUEH, S. F. et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. **Journal of the American Society of Echocardiography**, Morrisville, v. 29, n. 4, p. 277-314, 2016.

NOCITE, J. R. Isoflurano, vantagens e desvantagens. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 37, p. 253-259, 1987.

PADDLEFORD, R. R. Advantages and guidelines for mask induction. **Veterinary Clinical North American Small Animal Practice**, v. 22, p. 308-309, 1992.

PAGEL, P. S.; WARLTIER, D. C. Negative inotropic effects of propofol as evaluated by the regional preload recruitable stroke work relationship in chronically instrumented dogs. **Anesthesiology**, v. 78, p. 100-108, 1993.

PAGEL, P. A. et al. Comparison of the systemic and coronary hemodynamic actions of desflurane, isoflurane, halothane and enflurane in chronically instrumented dog. **Anesthesiology**, v. 74, p. 539-551, 1991.

PASCOE, P. J. Opioid analgesics. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 30, n. 4, p. 757-772, 2000.

PIRAT, B. et al. A novel feature-tracking echocardiographic method for the quantitation of regional myocardial function: validation in an animal model of ischemia-reperfusion. **Journal of the American College of Cardiology**, San Diego, v. 51, n. 6, p. 651-659, 2008.

RUFFATO, M., NOVELLO, L., CLARK, L. What is the definition of intraoperative hypotension in dogs? Results from a survey of diplomates of the ACVAA and ECVAA. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 42, p. 55-64, 2015.

SAITO, K. et al. Comprehensive evaluation of left ventricular strain using speckle tracking echocardiography in normal adults: comparison of three-dimensional and two-dimensional approaches. **Journal of the American Society of Echocardiography**, Morrisville, v. 22, n. 9, p. 1025-1030, 2009.

SAPONARO, V. et al. Echocardiographic evaluation of the cardiovascular effects of medetomidine, acepromazine and their combination in healthy dogs. **Research in Veterinary Science**, v. 95, p. 687-692, 2013.

SCHOBER, K. E. Assessment of LV diastolic function. **Sao Paulo**, May. 2013.

SECKERDIECK, M. et al. Simpson's method of discs in Salukis and Whippets: Echocardiographic reference intervals for end-diastolic and end-systolic left ventricular volumes. **Journal of Veterinary Cardiology**, Bern, v. 17, n. 4, p. 271-281, 2015.

SHEARER. Epidemiology of orthopedic disease. **Veterinary Focus**, v. 21, n. 2, p. 24-25, 2011.

SHORT, C. E.; BUFALARI, A. Propofol anesthesia. **Veterinary Clinics of North America: Small animal practice**, v. 29, n. 3, p. 747-778, 1999.

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

SILVA, C. E. S.; RABISCHOFFSKY, A. *Strain e speckle tracking: conceitos e bases fisiológicas*. In: HOTTA, V. T.; VIEIRA, M. L. C. **Técnicas Avançadas em Ecocardiografia**, 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015, p. 75-84.

SLATTER, D. **Manual de Cirurgia de Pequenos Animais**. São Paulo: Editora Manole; 1998. 2830p.

SMITH, D. et al. Left ventricular function quantified by myocardial *strain* imaging in small-breed dogs with chronic mitral regurgitation. **Journal of Veterinary Cardiology**, London, v. 14, n. 1, p. 231-242, 2012.

SPINOSA, H.S.; GÓRNIK, S.L.; BERNARDI, M.M. (Eds.). **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. 824p.

STEFFEY, E. P. et al. Enflurane, halothane and isoflurane potency in horses. **American Journal Veterinary Research**, v. 38, p.1037-1039, 1977.

SUN, J. P. et al. Quantification of left ventricular regional myocardial function using two-dimensional speckle tracking echocardiography in healthy volunteers — A multi-center study. **International Journal of Cardiology**, Amsterdam, v. 167, n. 2, p. 495-501, 2013.

TRANQUILLI, W.J.; THURMON, J.C.; GRIMM, K.A. (Eds.). **Anestesiologia e analgesia veterinária**. São Paulo: Lumb & Jones, 2014. 1192p.

VETTORATO, E.; BACCO, S. A. comparison of the sedative and analgesic properties of pethidine (meperidine) and butorphanol in dogs. **Journal of Small Animal Practice**, v. 52, p. 425-431, 2011.

WESS, G. et al. 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, 2011.

ZOIS, N. E. et al. Echocardiographic assessment of left ventricular function in mitral regurgitation: is the dog a useful model of man?. **Cardiovascular Endocrinology**, London, v. 3, n. 1, 2014.

SEGUNDA PARTE**ARTIGO****Função ventricular esquerda pela ecocardiografia *feature tracking* bidimensional em cães submetidos à anestesia para cirurgias ortopédicas ***

*Este artigo é uma versão preliminar, elaborado de acordo com as normas do periódico Pesquisa Veterinária Brasileira, ao qual será posteriormente submetido. O conselho editorial do periódico poderá sugerir alterações para adequá-lo ao seu próprio estilo.

Função ventricular esquerda pela ecocardiografia *feature tracking* bidimensional em cães submetidos à anestesia para cirurgias ortopédicas

Lorena L. Alves Furtado ^{1*}, Ruthnéa A. L. Muzzi ¹, Claudine B. Abreu ¹, Luiz E. D. Oliveira ¹, Mariana R. Coelho ¹, Leonardo A. L. Muzzi¹, Rosa M. Cabral¹ and Matheus M. Mantovani ²

ABSTRACT.- Furtado L.L.A, Muzzi R.A.L., Abreu C. B., Oliveira L.E.D., Coelho M.R., Muzzi L.A.L., Nogueira R.B., Mantovani M.M. **Left ventricular function by two-dimensional feature tracking echocardiography in dogs submitted to anesthesia for orthopedic surgeries.**

The present study evaluated left ventricular myocardial function in dogs submitted to different anesthetic protocols for orthopedic surgical procedures using conventional echocardiogram and two-dimensional feature tracking. Twenty-two dogs were divided into three groups of anesthesia according to the medications used during anesthesia: FOPI (phenothiazines, opioids, propofol, isoflurane), FOPBI (phenothiazines, opioids, propofol, benzodiazepines, isoflurane) and OPI (opioids, propofol, isoflurane). Four evaluations were performed in each animal: before anesthesia (time 1-T1), immediately after anesthesia (time 2-T2), 12 hours after anesthetic-surgical procedure (time 3-T3) and with 10 days -T4). Conventional echocardiographic variables were obtained through two-dimensional, M-mode and Doppler modes (color, pulsed, continuous and tissue), besides the strain and strain rate global variables in the longitudinal, circumferential and radial directions. Overall, there was no significant difference in conventional echocardiographic variables when compared to anesthesia groups. In the analyzes of each group, the variables index of final systolic and diastolic volume, E / A ratio of the mitral flow, E ' / A' ratio and ejection fraction presented differences between the evaluation times, although the results remained within the values of reference for the species. The overall mean of the longitudinal and circumferential strain rates did not show any difference between the anesthetic groups used, although there was a significant reduction in the values found for circumferential strain rate in the period after anesthesia in dogs of group FOPI (T2: $-0.83 \pm 0,29$; T3: -1.06 ± 0.26 , $p = 0.0292$) and FOPBI (T2: -0.74 ± 0.41 , T4: -1.07 ± 0.31 , $p = 0.0037$). In the analyzes between the groups, there was difference in radial strain in the fourth evaluation (FOPI: 14.15 ± 6.98 , FOPBI: 24.60 ± 5.74 , OPI: 13.94 ± 6.58 , $p = 0.0386$). Strain rate was reduced in the second evaluation of the dogs of group FOPI (T2: 1.22 ± 0.42 , T3: 1.57 ± 0.29 , $p = 0.0266$) and in the third evaluation of groups FOPBI (T3: 1.48 ± 0.44 , T4: 2.28 ± 0.55 , $p = 0.0012$) and OPI (T1: 1.73 ± 0.23 , T3: 1.34 ± 0.38 ; $p = 0.0291$). Although a transient reduction in myocardial function was observed in anesthetized dogs, there was no significant myocardial dysfunction. Thus, it is concluded that (1) anesthesia causes a transient reduction in left ventricular systolic function in dogs due to the depressor effects of the drugs on the cardiovascular system; and that (2) two-dimensional feature tracking echocardiography is sensitive in the determination of myocardial function in dogs undergoing anesthesia.

INDEX TERMS: Dogs. Feature tracking. Myocardial dysfunction. Anesthesia. Orthopedics.

¹ Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Lavras. Caixa Postal: 3037, CEP: 37200-000, Lavras-MG, Brasil. *Autor correspondente. Email: lorenalorraine15.divi@hotmail.com

² Departamento de Medicina Veterinária, UNIPAM - Centro Universitário de Patos de Minas. Rua Major Gote, 808, Caiçaras, CEP: 38700-207, Patos de Minas-MG, Brasil.

RESUMO.- [Função ventricular esquerda pela ecocardiografia *feature tracking* bidimensional em cães submetidos à anestesia para cirurgias ortopédicas.]

O presente trabalho avaliou a função miocárdica ventricular esquerda em cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos para procedimentos cirúrgicos ortopédicos, utilizando o ecocardiograma convencional e o *feature tracking* bidimensional. Foram avaliados 22 cães, os quais foram divididos em três grupos de anestesia, de acordo com as medicações utilizadas durante a anestesia: FOPI (fenotiazínicos, opioides, propofol, isoflurano), FOPBI (fenotiazínicos, opioides, propofol, benzodiazepínicos, isoflurano) e OPI (opioides, propofol, isoflurano). Foram realizadas quatro avaliações em cada animal: antes da anestesia (tempo 1 -T1), imediatamente após a anestesia (tempo 2 -T2), 12 horas após o procedimento anestésico-cirúrgico (tempo 3 -T3) e com 10 dias (tempo 4 -T4). Foram obtidas variáveis ecocardiográficas convencionais, por meio dos modos bidimensional, modo-M e Doppler (em cores, pulsado, contínuo e tecidual), além das variáveis *strain* e *strain rate* global nos sentidos longitudinal, circunferencial e radial. De modo geral, não houve diferença significativa nas variáveis ecocardiográficas convencionais quando comparados os grupos de anestesia. Nas análises de cada grupo, as variáveis índice de volume sistólico e diastólico final, relação E/A do fluxo mitral, relação E' / A' e fração de ejeção apresentaram diferenças entre os tempos de avaliação, embora os resultados permaneceram dentro dos valores de referência para a espécie. A média global do *strain* e *strain rate* longitudinal e circunferencial não

demonstrou diferença entre os grupos anestésicos utilizados, embora houve redução significativa nos valores encontrados para *strain rate* circunferencial no período após anestesia, nos cães do grupo FOPI (T2: $-0,83 \pm 0,29$; T3: $-1,06 \pm 0,26$; $p=0,0292$) e FOPBI (T2: $-0,74 \pm 0,41$; T4: $-1,07 \pm 0,31$; $p=0,0037$). Nas análises entre os grupos, houve diferença no *strain* radial na quarta avaliação (FOPI: $14,15 \pm 6,98$; FOPBI: $24,60 \pm 5,74$; OPI: $13,94 \pm 6,58$; $p=0,0386$). *Strain rate* radial apresentou-se reduzido na segunda avaliação dos cães do grupo FOPI (T2: $1,22 \pm 0,42$; T3: $1,57 \pm 0,29$; $p=0,0266$) e na terceira avaliação dos grupos FOPBI (T3: $1,48 \pm 0,44$; T4: $2,28 \pm 0,55$; $p=0,0012$) e OPI (T1: $1,73 \pm 0,23$; T3: $1,34 \pm 0,38$; $p=0,0291$). Embora tenha sido observada redução transitória na função miocárdica nos cães anestesiados, não houve disfunção miocárdica importante. Dessa maneira, conclui-se que (1) a anestesia causa uma redução transitória na função ventricular sistólica esquerda em cães devido aos efeitos depressores dos fármacos sobre o sistema cardiovascular; e que (2) a ecocardiografia *feature tracking* bidimensional é sensível na determinação da função miocárdica em cães submetidos à anestesia.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: Cães. *Feature tracking*. Disfunção miocárdica. Anestesia. Ortopedia.

INTRODUÇÃO

O sistema locomotor dos cães e gatos é frequentemente acometido por doenças ortopédicas de origem traumática ou degenerativa (BRINKER et al. 2015, FOSSUM 2018), que constituem uma importante causa de dor e disfunção em pequenos animais (SHEARER 2011). Algumas delas podem ser tratadas de forma clínica, entretanto, muitas vezes são necessários procedimentos cirúrgicos para tratamento dessas afecções (FOSSUM 2018).

Em geral, os procedimentos cirúrgicos demandam um longo período anestésico para sua realização e em muitos casos, são necessárias associações de fármacos anestésicos para adequada manutenção da anestesia (CIMA et al. 2016). Sabe-se, que vários desses fármacos utilizados possuem efeitos depressores sobre o sistema cardiovascular, podendo levar a alterações na pressão arterial, no débito cardíaco, no ritmo cardíaco e na função miocárdica (CORTOPASSI & FANTONI 2010).

A ecocardiografia é a técnica não invasiva mais utilizada para avaliar a função miocárdica, com acurácia diagnóstica de 92,3% em seres humanos (FARMAN et al. 2015). Essa avaliação é realizada rotineiramente por técnicas convencionais, por meio do modo bidimensional, modo M e Doppler (em cores, pulsado, contínuo e tecidual) (CHETBOUL 2010). Entretanto, tais métodos tem se mostrado subjetivos e parcialmente quantitativos na determinação da função miocárdica regional (GARCIA-FERNANDEZ et al. 2003), uma vez que são dependentes do ângulo de insonação, e com isso, alguns segmentos do miocárdio não podem ser devidamente avaliados (SUN et al. 2013).

Para superar essas limitações, um outro método tem sido empregado, o *feature tracking imaging* bidimensional (FTI-2D) (PIRAT et al. 2008). Essa técnica é baseada no rastreamento de pontos criados pela interferência entre o feixe ultrassonográfico e o miocárdio em imagens ecocardiográficas bidimensionais em escala de cinza (AMUNDSEN et al. 2006, MONDILLO et al. 2011) e utiliza os índices *strain* e *strain rate* para avaliar a função miocárdica, sendo considerado um indicador precoce de disfunção miocárdica quando comparado às técnicas convencionais (KEMPNY et al. 2012). Entretanto, não há relatos do emprego dessa técnica na avaliação da disfunção miocárdica causada pelo uso de fármacos tranquilizantes e agentes anestésicos durante anestesia para cirurgias ortopédicas.

Dessa maneira, os objetivos desse estudo foram (1) avaliar a ocorrência e extensão da disfunção miocárdica ventricular esquerda em cães submetidos à anestesia para procedimentos cirúrgicos ortopédicos, por meio da ecocardiografia convencional e FTI- 2D; e (2) avaliar a influência de diferentes protocolos anestésicos sobre a função miocárdica. A hipótese era que os agentes anestésicos são cardiodepressores e podem levar à alteração na deformidade miocárdica e, conseqüente, disfunção ventricular.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais. O presente trabalho trata-se de um estudo clínico prospectivo longitudinal, e foi realizado no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Lavras (HV-UFLA), Brasil, após aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFLA 054/17) da Instituição. O consentimento do responsável foi obtido para cada animal antes da sua inscrição no estudo. Foram selecionados inicialmente 50 cães atendidos na rotina cirúrgica, os quais foram submetidos aos procedimentos anestésicos-cirúrgicos para tratamento de afecções ortopédicas diversas, no período de 01 de setembro de 2017 a 31 de julho de 2018.

Os animais encaminhados para procedimento cirúrgico tiveram seus parâmetros vitais avaliados durante exame físico e ainda foram submetidos à avaliação hematológica e bioquímica, como parte do risco anestésico-cirúrgico. A avaliação cardiológica de cada paciente foi realizada por meio de ecocardiograma, eletrocardiograma e aferição da pressão arterial sistólica nos períodos pré-operatório (tempo1 - T1), pós-operatório imediato (uma hora após a extubação traqueal) (tempo 2 - T2), 12 horas após a extubação traqueal (tempo 3 - T3) e de 7-10 dias após o procedimento anestésico-cirúrgico (tempo 4 - T4). Cada cão foi rigorosamente monitorado durante todo o procedimento cirúrgico por meio da pressão arterial sistêmica (pelos

métodos oscilométrico e Doppler) e eletrocardiografia. Posteriormente, foram incluídos no estudo apenas cães hípidos, de diferentes idades, raças e gênero, sem alterações cardiovasculares primárias ou em outros órgãos e sistemas, exceto pelas alterações ortopédicas. Assim, alguns dos cães previamente selecionados foram excluídos durante a realização do estudo, devido a presença de doenças cardíacas ou sistêmicas, dificuldade de manejo durante os exames, uso de fármacos vasopressores durante a anestesia e por terem recebidos anestésicos diferentes daqueles padronizados. Portanto, a população final de animais avaliados no presente trabalho foi de 22 cães (Fig. 1).

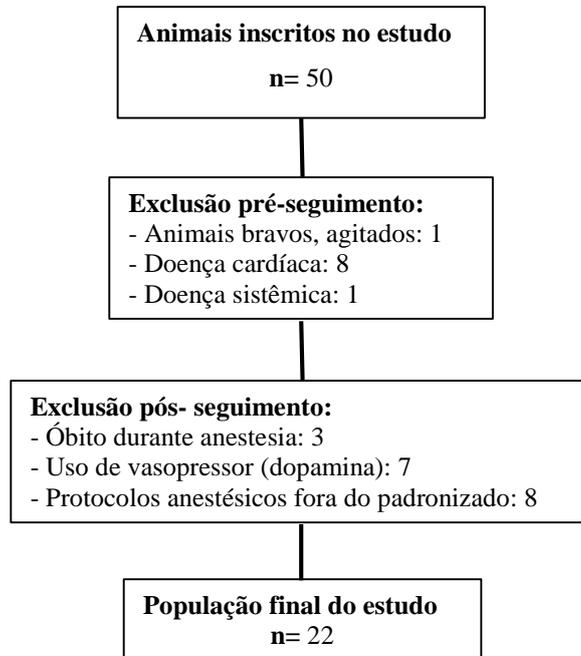


Fig. 1. Diagrama de fluxo que ilustra os critérios de inclusão e exclusão de cães no estudo.

Protocolos Anestésicos. Os protocolos anestésicos foram determinados pelos anestesistas, de acordo com as necessidades de cada paciente. Posteriormente, os animais foram divididos em 3 grupos de acordo com os fármacos utilizados desde a medicação pré-anestésica (MPA) até indução e manutenção da anestesia. O grupo FOPI (fenotiazínicos, opioides, propofol, isofluorano) foi submetido ao protocolo anestésico com fenotiazínicos (acepromazina 0,02 a 0,5mg/kg ou clorpromazina 0,3 a 0,5mg/kg) e opioides (meperidina 4-5mg/kg ou tramadol 3mg/kg) na MPA, via intramuscular (IM), propofol (5mg/kg) na indução anestésica, via intravenosa (IV) e manutenção com isofluorano, via inalatória. Os animais do grupo FOPBI (fenotiazínicos, opioides, propofol, benzodiazepínicos, isofluorano) receberam fenotiazínicos (clorpromazina 0,3 a 0,5mg/kg) e opioides (meperidina 3 a 4mg/kg) (IM) na MPA, propofol (3 a 5mg/kg) e benzodiazepínicos (midazolam 0,3 a 0,5mg/kg ou diazepam 0,5mg/kg) (IV) para indução anestésica e manutenção com isofluorano, via inalatória. O grupo OPI (opioide, propofol, isofluorano) receberam opioide (meperidina 3 a 5mg/kg, IM) na MPA, propofol 3 a 5mg/kg (IV) para indução anestésica e manutenção com isofluorano, via inalatória.

Aferição da Pressão Arterial. A avaliação da pressão arterial sistólica (PAS) foi realizada pelo método Doppler Vascular (Parks medical, 811B Veterinary®), preferencialmente no membro torácico esquerdo, exceto nos animais que apresentaram afecções ortopédicas que impossibilitaram a utilização desse membro. Foram feitas sete mensurações, sendo a maior e a menor descartadas. O valor da PAS foi determinado pela média dos cinco valores restantes.

Avaliação Eletrocardiográfica. A avaliação eletrocardiográfica foi realizada por meio de eletrocardiografia computadorizada (TEB® 86 ECGPC versão 6.2), com o animal posicionado em decúbito lateral direito. Os eletrodos foram posicionados nas articulações femorotibiopatelar e umeroradioulnar direitas e esquerdas. Foram registrados 4 complexos em cada derivação, na velocidade de 50mm/s e sensibilidade N.

Avaliação Ecocardiográfica. A avaliação ecocardiográfica foi realizada utilizando equipamento de ecocardiografia (Esaote MyLab™40, Florença, Itália) com transdutor de 4 a 7,5 MHz. Os cães foram contidos manualmente em decúbito lateral direito e esquerdo para obtenção das imagens ecocardiográficas, por meio de

método convencional e por *feature tracking* bidimensional (FTI -2D) (software Xstrain™10.1, algoritmo optical flow, Esaote, Florença, Itália) com monitoração contínua de eletrocardiograma (ECG). Posteriormente, as imagens foram analisadas off-line. Foram feitas três mensurações de todas as variáveis, calculando-se a média desses valores para cada uma delas.

No modo bidimensional foram mensurados o diâmetro da aorta (Ao) e átrio esquerdo (AE), calculando a relação AE/Ao, na imagem paraesternal direita transversal nos vasos da base (HANSSON et al. 2002), bem como a fração de ejeção (FE - %) e os índices de volume sistólico final (IVSF) e diastólico final (IVDF) do ventrículo esquerdo pelo método Simpson, por meio do corte paraesternal direito longitudinal, quatro câmaras (BOON 2011).

Após localização dos fluxos com o Doppler em cores, o Doppler pulsado foi utilizado em corte apical quatro câmaras, para avaliação do fluxo mitral, obtendo o pico de velocidade inicial de enchimento ventricular (onda E), o enchimento tardio devido à contração atrial (onda A) e a relação onda E/A (BONAGURA et al. 1998). Com o Doppler tecidual, na região do anel valvar da parede livre do ventrículo esquerdo, foram avaliados o pico sistólico (onda S) e o pico diastólico (onda E' e onda A') em corte apical quatro câmaras (CHETBOUL 2002; SCHOBBER et al. 2010). Foram realizadas três mensurações de todas as variáveis, calculando-se a média desses valores para cada uma delas.

Pelo método FTI-2D, foram obtidas as variáveis ecocardiográficas strain % (St) e strain rate s^{-1} (StR) nos sentidos longitudinal, radial e circunferencial por meio de imagens bidimensionais realizadas em corte longitudinal paraesternal esquerdo (apical quatro câmaras) e corte transversal paraesternal direito (plano das cordoalhas tendíneas). As imagens foram armazenadas para posterior análise com o auxílio de software comercial. Foram coletados três ciclos cardíacos consecutivos, utilizando monitorização contínua de ECG, com taxa de amostragem entre 50 a 100 frames/s. Para o rastreamento miocárdico, a borda endocárdica foi marcada manualmente no final da sístole e, em seguida, a borda epicárdica foi automaticamente delimitada pelo software e ajustada manualmente quando necessário. Posteriormente, durante o ciclo cardíaco, o deslocamento dos pontos formaram ciclos de movimento, sendo representados por vetores, que apresentaram mudanças instantâneas de direção e sentido. Automaticamente, o software representou de maneira gráfica e quantitativa os valores do *strain* e do *strain rate* nos sentidos radial, circunferencial (eixo curto) e longitudinal (corte apical quatro câmaras). O valor global foi expresso pela média de seis segmentos miocárdicos e o valor de cada variável pela média dos três cine loops, sendo escolhido o ciclo cardíaco mais completo dentro de cada cine loop.

Análise Estatística. A análise estatística foi realizada utilizando o software Graph Pad Prism® -version 5.0. A normalidade da distribuição dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro Wilk. Para comparação entre os grupos de anestesia, foi realizado o teste One Way ANOVA seguido pelo teste de Tukey. Para comparação entre os diferentes tempos de avaliação no mesmo grupo de anestesia, foi realizado Teste t pareado. Um valor de $p < 0,05$ foi utilizado para definir a significância estatística.

A variabilidade interobservador das variáveis St e StR foi obtida analisando 60% dos animais, selecionados aleatoriamente e foi determinada pelo coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e seu intervalo de confiança a 95%, por meio do software MedCalc®-version 18.11.3. O grau de correlação foi considerado excelente quando superior ou igual a 0,75; satisfatório entre 0,4 e 0,75; e baixo quando inferior a 0,4 (FLEISS 1981).

RESULTADOS

Animais

Foram avaliados 22 cães no presente estudo. Os dados demográficos e as características clínicas dos animais estão demonstrados na Tabela 1.

Não foram observadas diferenças significativas na frequência cardíaca e pressão arterial nas análises entre os grupos e dentro de cada grupo, entre os diferentes tempos de avaliação. Também não foram observados distúrbios de ritmo cardíaco durante e após a anestesia.

Tabela 1. Dados clínicos e demográficos de cães submetidos à diferentes grupos de anestesia para realização de cirurgias ortopédicas.

VARIÁVEIS	FOPI (n=10)	FOPBI (n=5)	OPI (n=7)
Idade (meses)	18,8 ± 31,84	20,2 ± 14,72	25,86 ± 23,04
Peso (kg)	8,32 ± 9,42	13,8 ± 10,4	9,34 ± 8,29
Sexo (Macho / Fêmea)	4/ 6	2/ 3	4/ 3
Raças			
Border Collie	0	1	0
Fila Brasileiro	0	1	0
Golden Retriever	1	0	0
Pinscher	2	0	0
Pug	0	1	0
Schnauzer	1	0	0
Sem Raça Definida	2	1	5
Shar Pei	1	0	0
Shih Tzu	1	1	0
Terrier Brasileiro	0	0	1
Yorkshire	2	0	1
Procedimentos cirúrgicos			
Amputação de membro pélvico	0	0	2
Correção de luxação coxofemoral	0	1	0
Correção de luxação de patela	2	0	1
Denervação acetabular	1	0	0
Ostectomia de cabeça e colo femoral	1	0	0
Osteossíntese de cotovelo	1	1	0
Osteossíntese de fêmur	2	0	0
Osteossíntese de mandíbula	0	0	1
Osteossíntese de pelve	1	1	1
Osteossíntese de rádio e ulna	2	2	1
Osteossíntese de úmero	0	0	1
Frequência cardíaca (bpm)	151 ± 25,31	130 ± 13,35	129 ± 35,51
Pressão Arterial (mmHg)	127,04 ± 29,06	132,8 ± 21,85	134,06 ± 15,93

FOPI = fenotiazínicos, opioides, propofol, isoflurano; FOPBI = fenotiazínicos, opioides, propofol, benzodiazepínicos, isoflurano; OPI = opioides, propofol, isoflurano.

Ecocardiografia convencional

Nas variáveis ecocardiográficas convencionais, não houve diferenças significativas entre os grupos avaliados (FOPI, FOPBI e OPI). Entretanto, nas análises dentro de cada grupo, comparando-se apenas os diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4), no grupo FOPI, o IVDF (ml/m²) foi estatisticamente menor no T3 quando comparado ao T4 (T3: 36,05 ± 13,19; T4: 38,94 ± 14,48; p=0,0294) e a relação E/A do fluxo mitral foi estatisticamente menor no T2 em relação ao T4 (T2: 1,35 ± 0,16; T4: 1,60 ± 0,35; p=0,0308). Ainda no mesmo grupo, a relação E'/A' da valva mitral também apresentou diferença estatística, sendo observado um aumento no T3 quando comparado ao T1 (T1: 1,41 ± 0,24; T3: 1,62 ± 0,34; p=0,0261). No grupo FOPBI, a onda E do fluxo mitral (m/s) apresentou uma redução significativa no T2 quando comparado ao T1 (T1: 0,80 ± 0,12; T2: 0,65 ± 0,19; p=0,0218).

No grupo OPI, foram observadas diferenças no IVDF (ml/m²), que foi estatisticamente menor no T3 quando comparado ao T1 (T1: 50,54 ± 2,32; T3: 38,18 ± 18,18; p=0,0359) e ao T2 (T2: 52,02 ± 18,48; T3: 38,18 ± 18,18; p=0,0197). O IVSF (ml/m²) apresentou uma redução significativa no T3, quando comparado ao T1 (T1: 16,90 ± 7,56; T3: 11,47 ± 5,98; p=0,0135), ao T2 (T2: 16,70 ± 7,43; T3: 11,47 ± 5,98; p=0,0111) e ao T4 (T3: 11,47 ± 5,98; T4: 15,98 ± 7,13; p=0,0281). Ainda no mesmo grupo, houve um aumento significativo da FE(%) no T3 em relação ao T1 (T1: 66,81 ± 4,95; T3: 69,67 ± 4,22; p=0,0467) e uma redução da onda E do fluxo mitral (m/s) no T2 quando comparado ao T3 (T2: 0,64 ± 0,14; T3: 0,72 ± 0,20; p=0,0416) e T4 (T2: 0,64 ± 0,14; T4: 0,73 ± 0,16; p=0,0187) (Fig. 2).

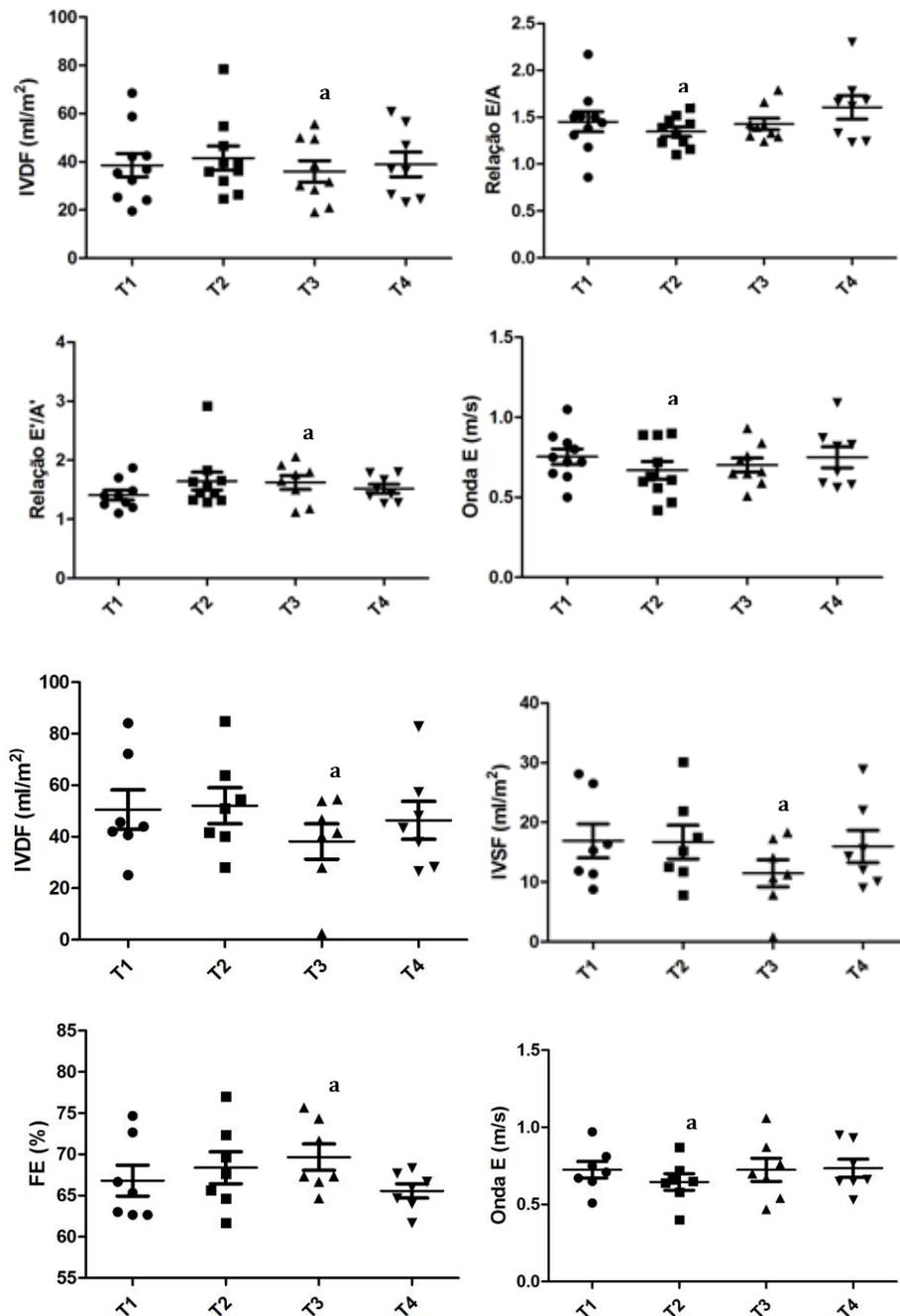


Fig. 2. Diagrama de scatter plot com média e erro padrão da média do IVDF, relação E/A do fluxo mitral e relação E'/A' da valva mitral dos cães do grupo FOPI; velocidade da onda E dos cães do grupo FOPBI; IVDF, IVSF, FE e velocidade da onda E dos cães do grupo OPI. A letra sobrescrita, a, indica diferença estatisticamente significativa entre os tempos de avaliação dentro do mesmo grupo pelo Teste t pareado ($p < 0,05$).

Ecocardiografia FTI- 2D

As variáveis St e StR Longitudinal Global não apresentaram diferenças significativas quando comparados os valores entre os grupos (FOPI, FOPBI, OPI) nos tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4) (Tabelas 2 e 3) e dentro do mesmo grupo, comparando-se apenas os diferentes tempos de avaliação.

Tabela 2- Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain (St) longitudinal obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4).

Variável	FOPI	FOPBI	OPI
St Long Global T1 (%)	-10,93 \pm 3,75	-14,35 \pm 2,89	-10,60 \pm 3,46
St Long Global T2 (%)	-13,65 \pm 6,71	-14,39 \pm 3,32	-12,88 \pm 3,95
St Long Global T3 (%)	-12,34 \pm 3,73	-12,04 \pm 2,74	-10,13 \pm 2,73
St Long Global T4 (%)	-12,06 \pm 2,15	-13,08 \pm 1,23	-10,86 \pm 4,44

Long= Longitudinal.

Tabela 3- Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain rate (StR) longitudinal obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4).

Variável	FOPI	FOPBI	OPI
StR Long Global T1 (s^{-1})	-1,16 \pm 0,37	-1,38 \pm 0,29	-1,09 \pm 0,35
StR Long Global T2 (s^{-1})	-1,37 \pm 0,65	-1,33 \pm 0,28	-1,18 \pm 0,38
StR Long Global T3 (s^{-1})	-1,28 \pm 0,34	-1,30 \pm 0,37	-1,03 \pm 0,29
StR Long Global T4 (s^{-1})	-1,33 \pm 0,17	-1,36 \pm 0,13	-1,17 \pm 0,45

Long= Longitudinal.

As variáveis St e StR Circunferencial Global não apresentaram diferenças significativas quando comparados os valores entre os grupos (FOPI, FOPBI e OPI) nos tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4) (Tabelas 4 e 5). Comparando-se os diferentes tempos de avaliação, dentro de cada grupo, observou-se diferença apenas na variável StR Circunferencial Global, que foi estatisticamente menor no T2 em relação ao T3 (T2: -0,83 \pm 0,29; T3: -1,06 \pm 0,26; $p=0,0292$) no grupo FOPI. No grupo FOPBI, StR Circunferencial Global também apresentou uma redução significativa no T2, quando comparado ao T4 (T2: -0,74 \pm 0,41; T4: -1,07 \pm 0,31; $p=0,0037$). O grupo OPI não apresentou diferença estatística entre os tempos de avaliação.

Tabela 4- Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain (St) circunferencial obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4).

Variável	FOPI	FOPBI	OPI
St Circ Global T1 (%)	-8,99 \pm 2,76	-9,24 \pm 3,66	-9,46 \pm 3,98
St Circ Global T2 (%)	-8,70 \pm 3,31	-7,42 \pm 4,23	-9,77 \pm 3,91
St Circ Global T3 (%)	-10,16 \pm 2,57	-9,45 \pm 1,40	-7,54 \pm 3,71
St Circ Global T4 (%)	-8,57 \pm 2,67	-9,82 \pm 2,44	-9,18 \pm 1,77

Circ= Circunferencial.

Tabela 5- Valores médios e desvio-padrão (\pm) do strain rate (StR) circunferencial obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à diferentes protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4).

Variável	FOPI	FOPBI	OPI
StR Circ Global T1 (s^{-1})	-0,93 \pm 0,27AB	-0,90 \pm 0,37AB	-1,03 \pm 0,35
StR Circ Global T2 (s^{-1})	-0,83 \pm 0,29A	-0,74 \pm 0,41A	-0,90 \pm 0,35
StR Circ Global T3 (s^{-1})	-1,06 \pm 0,26B	-0,99 \pm 0,27AB	-0,83 \pm 0,43
StR Circ Global T4 (s^{-1})	-1,00 \pm 0,44AB	-1,07 \pm 0,31B	-1,01 \pm 0,15

Circ= Circunferencial.

^{A, B} Médias e desvio-padrões seguidos por diferentes letras maiúsculas, na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste t pareado ($p<0,05$), na análise de cada grupo.

A variável St Radial Global apresentou diferença entre os grupos, sendo observado um aumento significativo no grupo FOPBI quando comparado aos grupos FOPI e OPI (FOPI:14,15 ± 6,98; FOPBI:24,60 ± 5,74; OPI:13,94 ± 6,58; p=0,0386), no T4 (Tabela 6). Não foi observado diferença estatística na variável StR Radial Global na análise entre grupos. Comparando-se apenas os diferentes tempos de avaliação, dentro de cada grupo, houve diferença apenas na variável StR Radial Global do grupo FOPI, que apresentou uma redução significativa no T2 quando comparado ao T3 (T2: 1,22 ± 0,42; T3: 1,57 ± 0,29; p=0,0266). No grupo FOPBI, St Radial Global foi estatisticamente menor no T3 em relação ao T4 (T3: 14,93 ± 5,72; T4: 24,60 ± 5,75; p=0,0372); StR Radial Global foi estatisticamente maior no T4, quando comparado ao T1 (T1: 1,57 ± 0,35; T3: 2,28 ± 0,55; p=0,0238) e menor no T3 quando comparado ao T4 (1,48 ± 0,44; 2,28 ± 0,55; p=0,0012). O grupo OPI apresentou diferença estatística apenas na variável StR Radial Global, que teve uma redução no T3 em relação ao T1 (1,73 ± 0,23; 1,34 ± 0,38; p=0,0291) (Tabela 7).

Tabela 6- Valores médios e desvio-padrão (±) do strain (St) radial obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à variados protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4).

Variável	FOPI	FOPBI	OPI
St Radial Global T1 (%)	14,51 ± 7,29	17,85 ± 4,13AB	19,42 ± 5,79
St Radial Global T2 (%)	13,19 ± 6,18	19,06 ± 11,88AB	20,51 ± 12,95
St Radial Global T3 (%)	15,19 ± 4,26	14,93 ± 5,72A	13,12 ± 7,46
St Radial Global T4 (%)	14,15 ± 6,98 ^a	24,60 ± 5,74 ^b B	13,94 ± 6,58 ^a

^{a, b} Médias e desvio-padrões seguidos por diferentes letras minúsculas, na mesma linha, diferem entre si pelo teste One-Way Anova, com pós-teste de Tukey (p<0,05), na análise entre grupos. ^{A, B} Médias e desvio-padrões seguidos por diferentes letras maiúsculas, na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste t pareado (p<0,05), na análise de cada grupo.

Tabela 7- Valores médios e desvio-padrão (±) do strain rate (StR) radial obtidos pelo *feature tracking* bidimensional de cães submetidos à variados protocolos anestésicos (FOPI, FOPBI, OPI) em diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4).

Variável	FOPI	FOPBI	OPI
StR Radial Global T1 (s ⁻¹)	1,53 ± 0,51AB	1,57 ± 0,35A	1,73 ± 0,23B
StR Radial Global T2 (s ⁻¹)	1,22 ± 0,42A	1,58 ± 0,91AB	1,54 ± 0,76AB
StR Radial Global T3 (s ⁻¹)	1,57 ± 0,29B	1,48 ± 0,44A	1,34 ± 0,38A
StR Radial Global T4 (s ⁻¹)	1,50 ± 0,49AB	2,28 ± 0,55B	1,55 ± 0,57AB

^{a, b} Médias e desvio-padrões seguidos por diferentes letras minúsculas, na mesma linha, diferem entre si pelo teste One-Way Anova, com pós-teste de Tukey (p<0,05), na análise entre grupos. ^{A, B} Médias e desvio-padrões seguidos por diferentes letras maiúsculas, na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste t pareado (p<0,05), na análise de cada grupo.

O CCI interobservador foi considerado excelente para as variáveis St e StR Circunferencial e Longitudinal, nos diferentes tempos de avaliação (T1, T2, T3 e T4). Para as variáveis St e StR Radial, o CCI foi considerado satisfatório no tempo 1 e excelente nos tempos 2, 3 e 4. Entretanto, algumas variáveis apresentaram um amplo intervalo de confiança (IC) (Tabela 8).

Tabela 8 – Variabilidade interobservador na mensuração de 24 variáveis ecocardiográficas analisadas em 60% dos animais estudados.

	CCI*	IC
St Long T1	0,9669	0,8968 a 0,9894
St Long T2	0,9003	0,6895 a 0,9680
St Long T3	0,9034	0,6990 a 0,9690
St Long T4	0,7840	0,3272 a 0,9307
StR Long T1	0,9569	0,8658 a 0,9862
StR Long T2	0,8965	0,6777 a 0,9668
StR Long T3	0,8769	0,6165 a 0,9605
StR Long T4	0,7941	0,3587 a 0,9339
St Circ T1	0,9688	0,9029 a 0,9900
St Circ T2	0,7794	0,3129 a 0,9292
St Circ T3	0,9597	0,8746 a 0,9871
St Circ T4	0,8876	0,6499 a 0,9639
StR Circ T1	0,8876	0,6498 a 0,9639
StR Circ T2	0,8268	0,4605 a 0,9444
StR Circ T3	0,9523	0,8515 a 0,9847
StR Circ T4	0,9330	0,7914 a 0,9785
St Radial T1	0,4881	-0,5947 a 0,8357
St Radial T2	0,9654	0,8923 a 0,9889
St Radial T3	0,9107	0,7219 a 0,9713
St Radial T4	0,8736	0,6062 a 0,9594
StR Radial T1	0,6152	-0,1988 a 0,8765
StR Radial T2	0,9179	0,7442 a 0,9736
StR Radial T3	0,8752	0,6113 a 0,9599
StR Radial T4	0,8723	0,6021 a 0,9590

CCI, Coeficiente de correlação intraclassa; IC (95%), intervalo de confiança a 95%;

St, strain; StR, strain rate; Circ, circunferencial; Long, longitudinal.

* $\geq 0,75$, excelente; $0,4 \leq e < 0,75$, satisfatório a bom; $< 0,4$, baixo (FLEISS 1981).

DISCUSSÃO

O presente estudo evidenciou alterações na função miocárdica tanto na ecocardiografia convencional, quanto por FTI -2D em cães submetidos à anestesia. Esses resultados eram esperados, uma vez que os agentes anestésicos rotineiramente usados em pequenos animais são conhecidos por causar depressão da contratilidade miocárdica, alterar a pré-carga e pós-carga, o ritmo e a frequência cardíaca (FANTONI 2010).

Um trabalho realizado recentemente, por Cardoso e colaboradores (2018), investigou alterações ecocardiográficas em cães submetidos a diferentes protocolos de indução anestésica, após sedação com acepromazina e butorfanol, e nenhum deles promoveu alterações ecocardiográficas significativas. Em contrapartida, no atual trabalho foram observadas diferenças nas variáveis IVSF, IVDF, FE, velocidade da onda E, relação E/A do fluxo mitral e relação E'/A', quando comparados os diferentes tempos de avaliação, dentro de cada grupo. Mesmo apresentado as diferenças, essas variáveis ecocardiográficas convencionais apresentavam-se dentro dos valores de referência para a espécie (BOON 2011), com exceção da fração de ejeção. Esta diferença pode ter ocorrido devido ao tipo de anestesia e aos protocolos anestésicos utilizados, desde a MPA até a indução e manutenção anestésica.

A FE representa a variação percentual de volume ventricular entre o final da diástole e o final da sístole (BOON 2011), e é um índice ecocardiográfico convencional pouco satisfatório de avaliação da função sistólica do VE, bastante dependente tanto da pré-carga quanto da pós-carga (FEIGENBAUM et al. 2005, OPIE 2004, OTTO 2004). Essa limitação pode justificar o aumento desse índice após o procedimento anestésico, em cães do grupo OPI.

O IVSF representa o volume sistólico final, de acordo com área de superfície corporal (BOON 2011) e é um importante indicador prognóstico de disfunção sistólica (WESS et al. 2011). A redução do IVSF no período após anestesia, nos cães do grupo OPI, pode estar associada as alterações na pós-carga, que é determinada pela viscosidade do sangue arterial, pela resistência vascular sistêmica e pela tensão da parede ventricular (COLLINS 1996).

O IVDF é obtido pelo método de Simpson, dividindo o volume diastólico final pela área de superfície corporal (BOON 2011) e representa um importante indicador prognóstico de disfunção diastólica (WESS et al.

2011). O volume diastólico final (pré-carga) está relacionado ao retorno venoso (FANTONI 2010), portanto é possível que a diminuição do IVDF tenha sido causada por hipotensão ocorrida durante a anestesia. Embora a redução do IVDF tenha sido observada tanto nos cães do grupo FOPI quanto no grupo OPI no período após a anestesia, no primeiro foi realizada associação de fenotiazínicos e opioides na MPA, enquanto no segundo, apenas opioides. Sabe-se, que os fenotiazínicos causam uma grave hipotensão, devido à vasodilatação periférica, e os opioides podem levar à hipotensão devido à redução da frequência cardíaca (FANTONI 2010). Nos dois grupos descritos anteriormente, o propofol foi o fármaco de escolha utilizado na indução anestésica, portanto, pode ter contribuído para a redução da pressão arterial e conseqüentemente, da pré-carga. Segundo Claeys e colaboradores (1988) o propofol causa hipotensão arterial por redução centralizada da pressão neural simpática, levando a uma diminuição da resistência vascular sistêmica. Além disso, também reduz a pré-carga pelo efeito venodilatador direto em cães (GOODCHILD & SERRAO 1989). Vale ressaltar que as alterações observadas foram transitórias e os valores obtidos estavam dentro do padrão de referência.

As ondas E e A, do fluxo mitral, representam a fase de enchimento ventricular rápido (precoce) e a contração atrial esquerda (enchimento tardio), respectivamente (BOON 2011) e a relação E/A reflete a pressão de enchimento ventricular (SCHOBER 2013). A redução da relação E/A observada nos cães do grupo FOPI pode estar associada aos efeitos depressores da acepromazina sobre o sistema cardiovascular, uma vez que, esse fármaco pode levar à diminuição do volume diastólico, relacionada à redução do retorno venoso, da pré-carga e a um efeito inotrópico negativo (STEPIEN et al. 1995). Esse achado, difere do resultado encontrado no estudo realizado por Reis e colaboradores (2017), o qual demonstrou um aumento significativo da relação E/A devido à diminuição da velocidade da onda A, em cães tranquilizados com acepromazina (0,05mg/kg) e meperidina (2mg/kg), por via intramuscular. Esse efeito foi atribuído a provável hipotensão causada pela acepromazina (GRASSO et al. 2015). Apesar da redução da velocidade da onda E após a anestesia, nos cães do grupo FOPBI, não houve diferença significativa na relação E/A. Os animais desse grupo, receberam um protocolo anestésico semelhante aos do grupo FOPI, com exceção dos benzodiazepínicos, que foram associados ao propofol durante a indução anestésica. Portanto, esse achado provavelmente não está relacionado ao uso dos benzodiazepínicos, uma vez que esses fármacos causam mínimos efeitos sobre o sistema cardiovascular (JACOBSON & HARSTFIELD 1993). No grupo OPI, também foi observada redução da onda E após anestesia, embora a relação E/A não tenha demonstrado diferença. Entretanto, diferente dos outros grupos, esses cães receberam apenas opioides na MPA, propofol e isoflurano durante a anestesia. Em geral, os opioides apresentam mínimos efeitos cardiovasculares (PADDLEFORD 2001), o que sugere que a alteração encontrada não está associada ao uso desses fármacos. O propofol, pode causar redução do débito cardíaco, por diminuir a pré-carga (GOODCHILD & SERRAO 1989). O isoflurano, assim como os outros agentes halogenados, deprime a contratilidade cardíaca proporcionalmente à concentração inspirada (CAGNOLAT 1988, PAGEL 1991, HATAKEYUMA et al. 1993; STOWE 1994), embora seja bastante utilizado em medicina veterinária devido à vantagem de causar mínima depressão hemodinâmica e menor depressão na contratilidade miocárdica (NOCITE 1987). Todas as alterações observadas nestas variáveis foram transitórias e os valores encontravam-se dentro da normalidade para a espécie.

O DT avalia o movimento miocárdico (NAGUEH et al. 2001) por meio das ondas E' (a qual representa o movimento diastólico precoce), onda A' (movimento diastólico tardio) e onda S (movimento sistólico) (BOON 2011). Apesar do aumento da relação E'/A' observado nos cães do grupo FOPI, o resultado encontrado estava dentro dos valores de normalidade. Segundo BOON (2011), o valor normal da relação E'/A' é de 1 a 2. Portanto, não foi observado disfunção diastólica pelo modo DT nesse estudo. Entretanto, esse método sofre influência de aumentos na pré-carga ou pós-carga, e esses são fatores limitantes da ecocardiografia convencional.

As alterações na função miocárdica observadas no presente trabalho, por meio das variáveis St e StR, demonstram que esse método é mais preciso para quantificar a função ventricular, quando comparado à ecocardiografia convencional (CHETBOUL 2007). Segundo Chetboul et al. (2004) em seu trabalho com cães, a anestesia geral induziu uma redução na velocidade miocárdica avaliada pelo método DT. Trabalhos anteriores avaliaram o strain miocárdico pelo método *speckle tracking* bidimensional em cães normais não sedados (CHETBOUL et al. 2007) e em cães anestesiados (CULWELL et al. 2011), enquanto o presente estudo usou a modalidade *feature tracking* bidimensional, o qual monitora os pontos em uma região de interesse menor, permitindo a quantificação da deformação das camadas endomiocárdica e epimiocárdica separadamente (DI BELLA et al. 2011). Portanto, podemos inferir que esse método pode ser mais sensível, quando comparado aos anteriormente utilizados.

Segundo Zaky et al. (2014), as fibras endocárdicas longitudinais do VE são mais vulneráveis à alterações miocárdicas. Em contraste com o autor citado, nesse trabalho as fibras radiais e circunferenciais se mostraram mais sensíveis quanto à alterações na função miocárdica, quando comparadas as fibras longitudinais, uma vez que não foram observadas diferenças no strain e strain rate longitudinal entre os grupos e dentro de cada grupo.

De modo geral, a velocidade da deformação das fibras circunferenciais tenderam a redução após anestesia, nos cães dos grupos FOPI e FOPBI, sugerindo um alteração transitória na função miocárdica, uma vez que os valores encontrados na última avaliação, estavam próximos dos valores basais. Portanto, esse achado pode ser atribuído aos fármacos usados durante a anestesia.

Nas análises entre grupos, a deformação miocárdica aumentada das fibras radiais nos cães do grupo FOPBI durante a última avaliação, não foi um efeito esperado. É possível que esse resultado tenha sido influenciado pelo menor número de animais nesse grupo, uma vez que durante a realização do estudo, um dos animais não compareceu para a última avaliação, o que pode ter superestimado os valores encontrados. Nas análises dentro de cada grupo, houve redução da velocidade de deformação miocárdica das fibras radiais nos cães dos grupos FOPI e OPI, nos períodos após anestesia (T2 e T3, respectivamente). Assim como foi observado para StR circunferencial, houve uma tendência à redução da função miocárdica após anestesia, com retorno à função normal na última avaliação. No grupo FOPBI, a redução nos índices St e StR na terceira avaliação, também pode ser associada aos efeitos depressores dos agentes anestésicos sobre o sistema cardiovascular. O aumento da variável StR na quarta avaliação, pode ter ocorrido devido ao menor número de avaliações desse grupo, da mesma maneira que na análise entre grupos. Apesar das alterações nos valores de St e StR, foi observado apenas uma redução transitória da função miocárdica. Portanto, não foi demonstrado disfunção ventricular esquerda, uma vez que os valores obtidos, encontravam-se dentro dos valores de referência descritos na literatura (WESS et al. 2011, CARNABUCI et al. 2013, MANTOVANI et al. 2015).

Os resultados obtidos nesse trabalho, demonstram a importância de uma adequada avaliação da função cardíaca nos pacientes cardiopatas que serão submetidos à anestesia, uma vez que, nesse trabalho foram avaliados cães hígidos, sem alterações cardiovasculares, e foi observado uma redução da função miocárdica desses cães. Portanto, pressupõe-se que aqueles que já possuem uma alteração na função cardíaca devido à presença de cardiopatia, podem piorar a função miocárdica quando submetidos à anestesia prolongada.

As variáveis St e StR apresentaram baixa variabilidade interobservador, apesar do amplo intervalo de confiança. O amplo IC sugere falta de precisão dos resultados, sendo um erro de medida provavelmente atribuído ao número da amostra (MATOS 2014). Portanto, para se ter maior confiança na avaliação interobservador de St e StR, seria necessário um maior número de observações.

Algumas limitações desse trabalho devem ser consideradas. Primeiro, o pequeno número de cães avaliados pode ter contribuído para a falta de diferenças observadas nas avaliações entre os grupos, uma vez que nas análises dentro de cada grupo, foram demonstradas mais alterações das variáveis ecocardiográficas. Segundo, houve uma variação individual entre as doses dos fármacos usados desde a MPA até a manutenção da anestesia, uma vez que os cães avaliados eram animais de rotina que necessitaram de cirurgia para correção de alguma afecção ortopédica. Como a escolha dos fármacos foram determinadas por anestesistas diferentes, essa variação exigiu a divisão em grupos de acordo com os protocolos anestésicos utilizados, o que pode ter contribuído para os resultados encontrados. Por fim, houve variação de idade e porte entre os animais do mesmo grupo, o que pode ter contribuído para algumas alterações observadas. Mesmo o ideal sendo grupos mais homogêneos, as variáveis do *feature tracking* são realizadas em porcentagem na sua maioria, o que pode ter minimizado esta limitação.

CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que a anestesia causa uma redução transitória da função ventricular esquerda em pacientes submetidos à cirurgia para correção de alterações ortopédicas. Embora a ecocardiografia convencional tenha demonstrado alterações em alguns índices avaliados, a modalidade FTI- 2D demonstrou ser mais sensível na avaliação da função miocárdica transitória desses cães anestesiados. Recomenda-se que mais trabalhos sejam realizados para se obter maiores esclarecimentos sobre a disfunção miocárdica causada por anestésicos.

Agradecimentos.- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo financiamento deste estudo.

REFERÊNCIAS

- Amundsen, B. H., Helle-Valle, T., Edvardsen, T., Torp, H., Crosby, J., Lyseggen, E., Støylen, A., Ihlen, H., Lima, J.A.C., Smiseth, O.A., Slørdahl, S.A. 2006. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. *Journal of the Am. Coll. Cardiol.* 47: 789-793.
- Bonagura, J.D., Miller, M.W., Darke, P.G.G. 1998. Doppler echocardiography I: pulsed wave and continuous-wave examinations. *Vet. Clin. North Am.: Sm. An. Pract.* 28: 1325-1359.
- Boon, J.A. 2011. Evaluation of size, function, and hemodynamics, p. 151-260. In: *Veterinary echocardiography*. 2nd ed. New Jersey: J. Willey.
- Brinker, W. O., Piermattei, D. L., Flo, W. B. 2015. In: *Brinker, Piermattei and Flo's Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair*. 5th ed. Saunders: Philadelphia. 880p.
- Cagnolat, C. A. 1988. Isoflurano em Cirurgia Cardíaca. *Rev. Bras. Anestesiol.* 38(6): 427-430.
- Cardoso, H.M., Tochetto, R., Padilha, V.S., Silva, G., Comassetto, F., Andrade, J.N.B.M., Oleskovicz, N. 2018. Echocardiographic evaluation of dogs subjected to different protocols of anesthetic induction. *Cienc. Rural.* 48(8): 1-6.

- Carnabuci, C., Hanås, S., Ljungvall, I., Tidholm, A., Bussadori, C., Häggström, J., Höglund, K. 2013. 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.* 95(1): 241-248.
- Chetboul, V. 2002. Tissue Doppler imaging: a promising technique for quantifying regional myocardial function. *J. Vet. Cardiol.* 4: 7-12.
- Chetboul, V. 2010. Advanced techniques in echocardiography in small animals. *J. Vet. Cardiol.* 40(4): 529-543.
- Chetboul, V., Athanassiadis, N., Carlos, C., Nicolle, A., Zilberstein, L., Pouchelon, J.L., Lefebvre, H.P., Concordet, D. 2004. Assessment of repeatability, reproducibility, and effect of anesthesia on determination of radial and longitudinal left ventricular velocities via tissue Doppler imaging in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 65(7): 909-915.
- Chetboul, V., Serres, F., Gouni, V., Tissier, R., Pouchelon, J.L. 2007. Radial strain and strain rate by two-dimensional speckle tracking echocardiography and the tissue velocity based technique in the dog. *J. Vet. Cardiol.* 9: 69-81.
- Cima, D.S., Sato, K., Torrecilla, J., Iwata, V., Futema, F. 2016. Comparative study between propofol and propofol-ketamine for induction of anesthesia in dogs. *Braz. J. Vet. Res. An. Sci.* 53(2): 146-152.
- Claeys, M.A., Gepts, E., Camu, F. 1988. Haemodynamic changes during anesthesia induced and maintained with propofol. *Br. J. Anaesth.* 60(1): 3-9, 1988.
- Collins, V. J. 1996. *Physiologic and pharmacology bases of anesthesia.* Philadelphia, Williams & Wilkins, p.890.
- Culwell N.M., Bonagura, J.D., Schober, K.E. 2011. Comparison of echocardiographic indices of myocardial strain with invasive measurements of left ventricular systolic function in anesthetized healthy dogs. *Am. J. Vet. Res.* 72(5): 650-660.
- Di Bella, G., Minutoli, F., Pingitore, A. 2011. Endocardial and epicardial deformations in cardiac amyloidosis and hypertrophic cardiomyopathy: 2-D feature strain echocardiography. *Circ. J.* 75: 1200-1208.
- Fantoni, D.T. 2010. Anestesia no cardiopata. In: Cortopassi, S. R. G.; Fantoni, D. T. *Anestesia em Cães e Gatos.* 2ª ed. São Paulo: Roca.
- Farman, W., Yusuf, S., Mahmood, R.A. 2015. Diagnostic accuracy of echocardiography in assessment of ejection fraction taking CT cardiac functional analysis as gold standard. *J. Islam. Med. Dent. Coll.* 4(4): 142-146.
- Feigenbaum, H., Armstrong, W.F., Ryan, T. 2005. Evaluation of systolic and diastolic function of the left ventricle. p. 138-180. In: Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T, eds. *Feigenbaum's echocardiography.* 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Fleiss, J. 1981. *Statistical methods for rates and proportions.* 2nd. John Wiley: New 544 York, 352p.
- Fossum, T. W. 2018. *Small Animal Surgery.* 5th ed. Philadelphia: Elsevier. 1584p.
- Garcia-Fernandez, M. A., Bermejo, J., Perez-David, E., Lopez-Fernandez, T., Ledesma, M.J., Caso, P. 2003. New techniques for the assessment of regional left ventricular wall motion. *Echoc.* 20(7): 659-672.
- Goodchild, C. S.; Serrao, J. M. 1989. Cardiovascular effects of propofol in the anaesthetized dog. *Br. J. Anaesth.* 63(1): 87-92.
- Grasso, S.C., Ko, J.C., Weil, A.B., Paranjape, V., Constable, P.D. 2015. Hemodynamic influence of acepromazine or dexmedetomidine premedication in isofluraneanesthetized dogs. *J. Am. Vet. Med. A.* 246: 754-764.
- Hansson, K., Häggström, J., Kvarn, C., Lord, P. 2002. Left atrial to aortic root indices using two-dimensional and M-mode echocardiography in Cavalier King Charles Spaniels with and without left atrial enlargement. *Vet. Radiol. Ultras.* 6: 568-575.
- Hatakeyama, N., Ito, Y., Momose, Y. 1993. Effect of sevoflurane, isoflurane, and halothane on mechanical and electrophysiologic properties of canine myocardium. *Anesth. Analg.* 76: 1327-1332.
- Jacobson, J. D; Harstfield, S. M. 1993. Cardiovascular effects of intravenous bolus administration and infusion of ketamine - midazolam in isoflurane anesthetized dogs. *Am. J. Vet. Res.* 54(10):1715-1720.
- Kempny, A., Diller, G.P., Orwat, S., Kaleschke, G., Kerckhoff, G., Bunck, A.C., Maintz, D., Baumgartner, H. 2012. Right ventricular-left ventricular interaction in adults with tetralogy of Fallot: a combined cardiac magnetic resonance and echocardiographic speckle tracking study. *Int. J. Cardiol.* 154: 259-264.
- Mantovani, M.M., Muzzi, R.A.L., Pereira, G.G., Yamato, R.J., Silva, A.C., Reis, G.F., Muzzi, L.A.L., Guimarães, E.C. 2015. Systolic cardiac function assessment by feature tracking echocardiography in dogs with myxomatous mitral valve disease. *J. Small Anim. Pract.* 56: 383-392.
- Matos, D.A.S. 2014. Confiabilidade e concordância entre juízes: aplicações na área educacional. *Est. Aval. Educ.* 25(59): 298-324.
- Mondillo, S., Galderisi, M., Mele, D., Cameli, M., Lomoriello, V.S., Zacà, V., Ballo, P., D'Andrea, A., Muraru, D., Losi, M., Agricola, E., D'Errico, A., Buralli, S., Sciomer, S., Nistri, S., Badano, L. 2011. Speckle-tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function. *J. Ultras. Med.* 30(1): 71-83.
- Nagueh, S.F., Sun, H., Kopelen, H.A., Middleton, K.J., Khoury, D.S. 2001. Hemodynamic determinants of the mitral annulus diastolic velocities by tissue Doppler. *J. Am. Coll. Cardiol.* 37(1): 278-285.
- Nocite, J.R. 1987. Isoflurano, vantagens e desvantagens. *Ver. Bras. Anest.* 37: 253-259.
- Opie, L.H. 2004. Heart physiology: from cell to circulation. p. 355-401. In: Opie LH, Perloth MG, eds. *Ventricular function.* 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Co.

- Otto, C.M. 2004. Left and right ventricular systolic function. p. 131–165. In: OTTO C. M., ed. Textbook of clinical echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Paddleford, R.R. 2001. Drogas Anestésicas. p. 16-35. In: PADDLEFORD, R. R. Manual de Anestesia em Pequenos Animais. 2a ed. São Paulo: Roca.
- Pagel, P.S., Kampine, J.P., Schmeling, W.T., Warltier, D.C. 1991. Influence of volatile anesthetics on myocardial contractility in vivo: desflurane versus isoflurane. *Anesth.* 74: 900–907.
- Pirat, B., Khoury, D.S., Hartley, C.J., Tiller, L., Rao, L., Schulz, D.G., Nagueh, S.F., Zoghbi, W.A. 2008. A novel feature-tracking echocardiographic method for the quantitation of regional myocardial function: validation in an animal model of ischemia-reperfusion. *J. Am. Coll. Cardiol.* 51(6): 651-659.
- Reis, A.C., Aptekmann, K.P., Egert, L., Andrade-Junior, P.S.C. 2017. Parâmetros ecocardiográficos em cães saudáveis tratados com acepromazina, meperidina e sua associação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 69(6): 1437-1442.
- Schober, K.E. 2013. Assessment of LV diastolic function. Sao Paulo.
- Schober, K.E. Hart, T.M., Stern, J.A., Li, X., Samii, V.F., Zekas, L.J., Scansen, B.A., Bonagura, J.D. 2010. Detection of congestive heart failure in dogs by Doppler 584 echocardiography. *J. Vet. Int. Med.* 24: 1358-1368.
- Shearer. 2011. Epidemiology of orthopedic disease. *Vet. Focus.* 21(2): 24-25.
- Stepien, R.L., Bonagura, J.D., Bednarski, R.M., Muir, W.W. 1995. Cardiorespiratory effects of acepromazine maleate and buprenorphine hydrochloride in clinically normal dogs. *Am. J. Vet. Res.* 56(1): 78-94.
- Stowe, D.F., Sprung, J., Turner, L.A., Kampine, J.P., Bosnjak, Z.J. 1994. Differential effects of halothane and isoflurane on contractile force and calcium transients in cardiac Purkinje fibers. *Anesth.* 80: 1360–1368.
- Sun, J.P., Lee, A.P., Wu, C., Lam, Y.Y., Hung, M.J., Chen, L., Hu, Z., Fang, F., Yang, X.S., Merlino, J.D., Yu, C.M. 2013. Quantification of left ventricular regional myocardial function using two-dimensional speckle tracking echocardiography in healthy volunteers - A multi-center study. *Int. J. Cardiol.* 167(2): 495-501.
- Wess, G., Keller, L.J., Klausnitzer, M., Killich, M., Hartmann, K. 2011. 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. *J. Vet. Cardiol.* 13: 31-43.
- Zaky, A., Deem, S., Bendjelid, K., Treggiar, M.M. 2014. Characterization of cardiac dysfunction in sepsis: an ongoing challenge. *Shock.* 41(1): 12-24.