

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

**AVALIAÇÃO MIOCÁRDICA POR *SPECKLE TRACKING*
BIDIMENSIONAL EM COELHOS SOB DIFERENTES
MODALIDADES VENTILATÓRIAS**

Fabício Andrade Marinho

Médico Veterinário

Jaboticabal-SP-Brasil

2017

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

**AVALIAÇÃO MIOCÁRDICA POR *SPECKLE TRACKING*
BIDIMENSIONAL EM COELHOS SOB DIFERENTES
MODALIDADES VENTILATÓRIAS**

Fabício Andrade Marinho

Orientador: Prof. Dr. Aparecido Antonio Camacho

**Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP,
Campus Jaboticabal, como parte das
exigências para obtenção do título de
Doutor em Medicina Veterinária (Clínica
Médica Veterinária).**

Jaboticabal-SP-Brasil

2017

Marinho, Fabrício

M339a Avaliação miocárdica por speckle tracking bidimensional em coelhos sob diferentes modalidades ventilatórias / Fabrício Marinho. – Jaboticabal, 2017
viii, 47 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientador: Aparecido Antonio Camacho
Banca examinadora: Maria Lucia Gomes Lourenço, Fernando A. Rosa, Marlos Gonçalves Sousa, Newton Nunes
Bibliografia

1. Ecocardiografia bidimensional speckle tracking. 2. Coelhos. 3. Função miocárdica. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 619:612.17:636.92

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

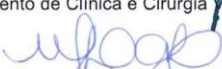
TÍTULO DA TESE: AVALIAÇÃO MIOCÁRDICA POR SPECKLE TRACKING BIDIMENSIONAL EM COELHOS SOB DIFERENTES MODALIDADES VENTILATÓRIAS

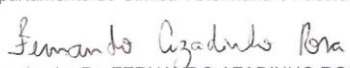
AUTOR: FABRÍCIO ANDRADE MARINHO

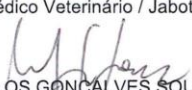
ORIENTADOR: APARECIDO ANTONIO CAMACHO

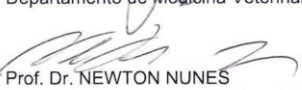
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em MEDICINA VETERINÁRIA, área: CLÍNICA MÉDICA VETERINÁRIA pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. APARECIDO ANTONIO CAMACHO
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. MARIA LUCIA GOMES LOURENÇO
Departamento de Clínica Veterinária / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu - UNESP


Pesquisador Dr. FERNANDO AZADINHO ROSA
Autônomo / Médico Veterinário / Jaboticabal/SP


Prof. Dr. MARLOS GONÇALVES SOUSA
Departamento de Medicina Veterinária / UFPR / Curitiba/PR


Prof. Dr. NEWTON NUNES
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 30 de março de 2017

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Fabício Andrade Marinho - Nascido em Natal, Rio Grande do Norte, aos 12 dias de janeiro do ano de 1983, filho de Baltazar Manoel José Marinho e Eulália Maria de Andrade Marinho. Graduiu-se em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos/PB, em agosto de 2007. Ingressou no Programa de Residência em Clínica Médica de Pequenos Animais na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP) “Júlio de Mesquita Filho”, *campus* de Jaboticabal, em fevereiro de 2009, concluindo-o em fevereiro de 2011. Em março de 2011, ingressou no Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária junto à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP), *campus* de Jaboticabal, área de concentração em Clínica Médica Veterinária, curso de mestrado, tendo concluído em 2013. Atualmente é doutorando no programa na Clínica Médica Veterinária UNESP - FCAV e membro do Serviço de Cardiologia do Hospital Veterinário, desta instituição.

**“Bom mesmo é ir à luta com determinação,
abraçar a vida com paixão, perder com classe
e vencer com ousadia. Pois o triunfo pertence
a quem se atreve”**

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir cumprir meus sonhos.

Ao meu orientador, professor **Aparecido Antonio Camacho**, pela oportunidade, orientação e por me confiar na execução deste trabalho. Professor, além de orientador, um grande amigo que só tenho a agradecer, e que no qual espero levar essa amizade pelo resto da vida.

Aos companheiros do Serviço de Cardiologia pelos ensinamentos durante toda essa jornada. Em especial aos cardiobrothers **Fernando e Jorge** pela ajuda na execução dessa pesquisa e ao **Roberto “Chileno”** que sempre me ajudou nos afazeres que a pós-graduação exige.

Ao Laboratório de Anestesiologia Experimental da FCAV/UNESP, Jaboticabal pela participação na execução da pesquisa. Em especial, ao Professor **Newton Nunes** e a mestrandia **Eveline Simões Azenha Aidar**.

A **FAPESP** e ao programa de **Pós Graduação** pela ajuda financeira.

Aos meus pais, **Baltazar e Eulália**, por me fornecer um suporte familiar, dando-os força para sempre seguir em frente.

Aos meus irmãos, **Fábio, Baltinho e Carolina** por sempre confiarem em mim.

Ao meu cunhado, **Kleber** pelos conselhos de sempre.

A minha namorada, **Ane Medina** pela paciência e compreensão nos momentos de ausência.

À **Tia Fátima**, pelo carinho maternal de sempre.

Aos meus irmãos (as) Jaboticabalenses: **Marcelão e Ana Lúcia** (Patricinha), pela amizade e apoio em todos os momentos.

Ao **Tiago e à Alê**, pela amizade sincera.

Ao **Dr. Luciano e à Tia Carmen**, por se tornarem minha segunda família aqui em Jabuka, me dando todo o apoio necessário.

Ao amigo e companheiro de República, **Ivan Martinez Pádua** pela amizade “hermana” conquistada durante todo esse tempo.

A todos os professores e funcionários do Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel”, pela ajuda e disponibilidade.

SUMÁRIO

	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. CAPÍTULO 1 - Considerações gerais.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Objetivo Geral.....	2
1.3 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Revisão de literatura.....	2
1.5 Referências.....	9
2. CAPÍTULO 2 – Deformação miocárdica radial global e segmentar por <i>speckle tracking</i> bidimensional em coelhos hígidos	15
Resumo.....	15
Abstract.....	16
Introdução	17
Material e Métodos.....	18
Resultados	22
Discussão	25
Conclusões.....	27
Referências.....	27
3. CAPÍTULO 3 – Avaliação miocárdica por <i>speckle tracking</i> bidimensional em coelhos sob diferentes modalidades ventilatórias.....	32
Resumo.....	32
Abstract.....	33
Introdução	33
Material e Métodos.....	34

Resultados	37
Discussão	43
Conclusões.....	44
Referências.....	44
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Avaliação miocárdica pela técnica de ecocardiografia bidimensional *speckle tracking* em coelhos em diferentes condições ventilatórias", protocolo nº 3031/17, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Aparecido Antônio Camacho, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 02 de março de 2017.

Vigência do Projeto	06/03/2017 a 06/05/2017
Espécie / Linhagem	Coelhos (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) – Raça Nova Zelândia
Nº de animais	31
Peso / Idade	4,0 ± 0,53 Kg
Sexo	Machos
Origem	Produtor especializado na criação da espécie.

Jaboticabal, 02 de março de 2017.


Prof.ª Dr.ª Lizandra Amoroso
Coordenadora – CEUA

AVALIAÇÃO MIOCÁRDICA POR *SPECKLE TRACKING* BIDIMENSIONAL EM COELHOS SOB DIFERENTES MODALIDADES VENTILATÓRIAS

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi investigar a função miocárdica pela técnica de ecocardiografia bidimensional *speckle tracking* (2D STE) em pacientes submetidos à procedimentos anestésico prolongado, com a intenção de se detectar possível disfunção sistólica. Inicialmente para se determinar o intervalo normal da função sistólica na espécie, foram utilizados 31 coelhos da raça Nova Zelândia, adultos, hígidos, machos, com peso médio de $4,0 \pm 0,53$ kg, nos quais foram obtidos os índices sistólicos radiais como, velocidade rotacional e radial, deslocamento rotacional e radial, *strain* radial e *strain rate* radial. Posteriormente, para investigação da função sistólica sob diferentes modalidades ventilatórias, 32 coelhos foram distribuídos, aleatoriamente, em quatro grupos de modalidades ventilatórias diferentes constituídos de 8 animais cada, denominados grupo ventilação ciclada à pressão (GP), grupo ventilação ciclada à pressão associada à PEEP (GPP), grupo ventilação mandatória intermitente sincronizada (GM) e grupo ventilação espontânea (GE). Em todos os grupos, os parâmetros foram mensurados 40 minutos após a indução anestésica (M0) e reavaliados a cada vinte minutos, durante duas horas ininterruptas (M1, M2, M3 e M4). Portanto, o resultado demonstrados na presente investigação científica revelam que nenhuma modalidade ventilatória estudada proporcionou um quadro de disfunção sistólica a luz da técnica 2D STE quando foram comparados em cada momento de avaliação anestésica.

Palavras-chave: ecocardiografia bidimensional *speckle tracking*, coelhos, função miocárdica.

MYOCARDIAL EVALUATION BY TWO-DIMENSIONAL SPECKLE TRACKING IN RABBITS UNDER DIFFERENT VENTILATING MODALITIES

ABSTRACT: The aim of this thesis was to investigate the cardiac function of patients undergoing prolonged anesthesia with the use of a two-dimensional speckle tracking (2D STE) technique to detect systolic dysfunction in order to maintain safety during anesthetic procedure. The study was carried out in healthy rabbits because this species is widely used as a model of experimentation for both humans and other animal species. Initially, the normal range of left ventricular radial systolic function was measured, for this purpose, 31 healthy male adults New Zealand rabbits were used, with average weight of 4.0 ± 0.53 kg, from a specialized producer; radial systolic indices were obtained, such as rotational and radial speed, rotational and radial displacement, radial strain and strain rate. Subsequently, 32 rabbits were randomly assigned to four groups of different ventilatory modalities consisting of 8 animals each, referred to as pressure-cycling ventilation group (GP), pressure-cycling ventilatory group associated with PEEP (GPP), synchronized intermittent mandatory ventilation group (GM) and spontaneous ventilation group (GE). In all groups, the parameters were measured 40 minutes after anesthetic induction (M0) and reevaluated every twenty minutes, for two uninterrupted hours (M1, M2, M3 and M4). Therefore, the results demonstrated in the present scientific investigation reveal that no studied ventilatory modality provided a picture of systolic dysfunction in light of the 2D STE technique when they were compared at each moment of anesthesia evaluation.

Keywords: Speckle tracking two-dimensional echocardiography, rabbits, myocardial function.

1. CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 Introdução

Os procedimentos diagnósticos disponíveis aos médicos veterinários para avaliação da função cardíaca tanto em investigações científicas como para sua aplicação clínica estão em rápida expansão. Ainda assim, o ecocardiograma continua sendo, sem dúvida, a mais importante ferramenta diagnóstica aplicada à cardiologia, tendo se tornado indispensável por várias razões, dentre as quais o fato das imagens serem exibidas em tempo real, permitindo o diagnóstico imediato, com baixo custo e sem envolver radiação ionizante.

Nos últimos anos, a incorporação de novas metodologias ao exame ecocardiográfico convencional tem buscado maior precisão e sensibilidade para diagnosticar anormalidades a partir da análise da mecânica cardíaca. A avaliação da dinâmica miocárdica por ecocardiografia *speckle tracking*, por exemplo, pode facilitar a melhor compreensão dos mecanismos de contração e relaxamento, identificando precocemente a ocorrência de disfunção.

Dentre os parâmetros estudados, destaca-se o *strain* cardíaco, uma metodologia que avalia contratilidade miocárdica por meio da deformação que o músculo sofre durante o ciclo cardíaco.

Sabe-se que alguns medicamentos utilizados em protocolos anestésicos veterinários e em pacientes submetidos à ventilação mecânica podem causar desequilíbrio na ventilação/perfusão do paciente, levando a graves alterações hemodinâmicas que comprometem a segurança anestésica. Ademais na medicina veterinária as cirurgias podem ser realizadas em decúbito lateral e, por serem na maioria das vezes prolongadas, essas condições agravam ainda mais a capacidade respiratória. Portanto, se faz necessário saber se a anestesia prolongada pode levar a um quadro de hipóxia miocárdica que comprometa a segurança anestésica e ponha em risco a vida do paciente.

1.2 Objetivo Geral

Estudar a função cardíaca dos pacientes que são submetidos à anestesia prolongada valendo-se de técnicas diagnósticas precisas e precoces para detectar disfunção sistólica com a finalidade de manter a segurança durante todo procedimento anestésico.

1.3 Objetivos Específicos

- I. Determinar os valores de referência para os parâmetros de deformação miocárdica radial global e por segmento miocárdico em coelhos hígidos via *speckle tracking*.
- II. Obter e comparar a deformação miocárdica radial global e por segmento miocárdico em coelhos hígidos anestesiados via *speckle tracking* em diferentes modalidades ventilatórias.
- III. Determinar qual modalidade ventilatória promove maior segurança para o paciente anestesiado.

1.4 Revisão de Literatura

Ecocardiografia bidimensional *Speckle Tracking* (2D STE)

O *strain* miocárdico representa a deformação de um dado segmento do músculo cardíaco durante as fases de sístole e diástole. Essa avaliação foi inicialmente obtida a partir de estudos ecocardiográficos baseados em *tissue Doppler imaging*, cujas limitações são semelhantes aos estudos Doppler, sendo a principal delas a dependência do ângulo de incidência do feixe de ultrassom sobre o tecido. Mais recentemente, a deformação miocárdica passou a ser obtida por *speckle tracking*, uma técnica de imagem baseada no rastreamento de pontos criados pela interação entre o feixe ultrassonográfico e o miocárdio (Pavlopoulos & Nihoyannopoulos 2008, Del Castillo et. al. 2010, Almeida et. al. 2013). Os *speckles* são elementos (pontos) pequenos e brilhantes no miocárdio, os quais funcionam como marcadores acústicos naturais que podem ser monitorados (*tracking*) momento a momento, durante todo o ciclo cardíaco. Dessa forma, a avaliação por

speckle tracking tem como principais vantagens a menor interferência por tracionamento segmentar e pelo movimento translacional do coração quando comparada ao *Doppler* tecidual (Helle-Valle et. al. 2005, Chetboul 2010).

A mensuração da deformidade miocárdica pelas variáveis *strain* (*St*) e *strain rate* (*StR*), tem se mostrado eficiente para identificar precocemente a disfunção ventricular, além de ser menos influenciada pelas alterações de pré e pós-carga (Marwick 2006). Tecnicamente, *St* representa a deformação de um segmento miocárdico durante um período de tempo, sendo expresso em porcentagem, enquanto *StR* (expresso em s^{-1}) é a derivada temporal do *St* e descreve a taxa de deformação do miocárdio, ou seja, a velocidade em que a deformação ocorre (Urheim et. al. 2000).

Tanto a deformação da fibra miocárdica (*St*) quando a taxa em que tal deformação ocorre (*StR*) compreendem as propriedades de incompressibilidade, anisotropismo e viscoelasticidade do miocárdio, sendo, portanto, parâmetros sensíveis para aferir a função ventricular sistólica e diastólica (Heimdal et. al. 1998). Essas variáveis têm grande importância, uma vez que podem ser mais sensíveis para detectar alterações miocárdicas mesmo antes que possam ser documentadas na ecocardiografia convencional (Edvardsen, Helle-Valle, Smiseth 2006, Artis et. al. 2008, Mizuguchi et. al. 2008, Wang et. al. 2008).

Não obstante, o *strain* pode ser avaliado em cada região do ventrículo estudado (estudo regional) e a média destes valores representa o *strain* global, que reflete a função do ventrículo como um todo. Com essa metodologia, é possível avaliar as fibras miocárdicas em seus eixos de orientação específicos. Enquanto o *St* longitudinal analisa a deformação das fibras subendocárdicas, as quais contribuem para a deformação da cavidade no sentido base-ápice, tanto o *St radial* quanto o *circunferencial* avaliam as fibras subepicárdicas que são responsáveis pela variação no diâmetro da câmara. Como o comprimento final da cavidade (sistólico) é menor do que o comprimento inicial (diastólico), a porcentagem da deformação é negativa (Dandel et. al. 2009, Blessberger & Binder 2010).

Além da deformação e da taxa de deformação do músculo cardíaco, outros parâmetros que permitem avaliar o desempenho miocárdico também podem ser calculados, incluindo velocidades de movimentação do tecido, torção e sincronia mecânica ventricular durante as fases de contração e de enchimento (Del Castillo & Herszkowicz 2008, Chetboul 2010). Em seres humanos, a ecocardiografia bidimensional *speckle tracking* também já foi utilizada para avaliar a dessincronia do ventrículo esquerdo nas doenças cardíacas e a resposta à terapia de ressincronização (Suffoletto et. al. 2006, Delgado et. al. 2008).

Ventilação na anestesia

A anestesia causa comprometimento respiratório quer o paciente esteja respirando espontaneamente ou ventilado mecanicamente (Wahba 1991). Assim, a maioria dos anestésicos leva a uma queda na capacidade residual funcional devido à diminuição do tônus muscular ao promover o fechamento das vias aéreas levando a reabsorção de gás e atelectasia (Hedenstierna & Rothen 2012). O efeito da anestesia e ventilação mecânica pode permanecer até o período pós-operatório, e complicações pulmonares são frequentes (Serpa et. al. 2014).

As causas clássicas de hipoxemia pós-operatória podem ser atribuídas a 5 mecanismos, como hipoventilação, diminuição da fração inspirada O₂ (FiO₂), desequilíbrio na relação ventilação/perfusão (V/Q), *shunt* da direita para a esquerda e prejuízo na difusão, que acontece quando existe um inadequado equilíbrio na tensão de oxigênio entre os alvéolos e capilares (Bach 2017).

Dentre os posicionamentos corporais, o decúbito lateral é o que apresenta as maiores mudanças em relação a volumes estáticos, ventilação regional, perfusão e capacidade de difusão pulmonar (Hazlett & Medina 1971). Isso se deve à direção craniocaudal do vetor gravidade, que resulta em um gradiente de pressão hidrostática entre os pulmões (Krieg et.al. 2007).

No decúbito lateral, a ventilação regional é maior no pulmão infralateral (dependente ou voltado para baixo). Esse aumento da ventilação para a região

dependente pode ser resultado de quatro elementos mecânicos: a gravidade, a queda relativa do mediastino em direção ao plano de apoio, e a posição mais cranial do hemidiafragma infralateral, provocada pela pressão hidrostática das vísceras sobre sua face abdominal (Deah 1985, Roussos et. al. 1977) e pelas variações dos volumes pulmonares, sendo o volume do pulmão esquerdo menor que o direito (Galvin & Drummond & Nirmalan 2007). Visto que as trocas gasosas dependem diretamente do fluxo sanguíneo, as áreas pulmonares que receberem um menor fluxo sanguíneo têm suas trocas gasosas limitadas em comparação a uma área com maior fluxo (Manica 2003).

Modalidades Ventilatórias

Ventilação Controlada a Pressão

Na ventilação controlada a pressão (VCP), a pressão nas vias aéreas é pré-estabelecida e constante, sendo o volume um parâmetro resultante (Macintyre & Grooper & Westfall 1994). O final da fase inspiratória é determinado pelo valor de pressão alcançada nas vias aéreas. Quando a pressão atinge o valor prefixado e ajustável, interrompe-se a inspiração, independentemente do tempo inspiratório gasto para atingir a pressão inicialmente determinada (Castellana et. al. 2003). Esta modalidade ventilatória pode ser aplicada em pacientes de todas as idades e níveis de acuidade. Sua principal desvantagem no período pós-operatório é que fatores contextuais podem causar mudanças abruptas na impedância respiratória, com rápido aumento na resistência das vias aéreas ou diminuição da complacência que faz com que o volume corrente fornecido não seja suficiente para proporcionar uma ventilação mínima adequada (Damico 2015).

Ventilação mandatória intermitente sincronizada

Esta modalidade caracteriza-se por intercalar ciclos mandatórios com períodos variáveis de respiração espontânea (Manczur & Greenough 2000). Esse suporte ventilatório permite reduzir a pressão média das vias aéreas quando

comparada a outras técnicas, resultando em um melhor retorno venoso e desempenho cardíaco (Neumann et. al. 2005). A Ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV) é recomendada para pacientes que não necessitam de total assistência do ventilador, como por exemplo, naqueles pacientes que apresentam doenças pulmonares com bom prognóstico que não necessitam de um suporte ventilatório (Hopper & Powell 2013). É também utilizado naqueles casos com imprevista mudança do padrão respiratório do paciente, em resposta a uma dose de opióide ou mudança na concentração do agente anestésico inalado, o SIMV fornece um número mínimo de respirações obrigatórias (Damico 2015).

Pressão positiva expiratória final (PEEP)

A PEEP resulta em recrutamento alveolar, redução do shunt e aumento da pressão parcial de oxigênio (PaO₂), ao promover a manutenção artificial de uma pressão pré-estabelecida ao final de cada expiração (Briel et. al. 2010). Pode ser utilizado em pacientes com doença do parênquima pulmonar que apresentem áreas com alvéolos mal ventilados e colapsados levando a uma ineficiente oxigenação, como também em pacientes com edema pulmonar cardiogênico e não cardiogênico. Alguns riscos potenciais do uso do PEEP devem ser considerados, como por exemplo, em indivíduos com pneumonia, nos quais o pulmão doente pode não ser recrutado. Além disso, esta modalidade aumenta a pressão máxima das vias aéreas, provocando barotrauma e, não obstante ao aumentar a pressão intratorácica durante a expiração, compromete o retorno venoso e causa hipotensão (Hopper & Powell 2013).

Fármacos

Meperidina

A meperidina, opióide agonista, possui moderada analgesia, sua potência é 1/10 da dose quando comparada à morfina. A sua administração deve ser via IM ou SC, pois pela via intravenosa (IV) pode causar liberação de histamina e hipotensão em doses excessivas em cães (Fantoni & Mastrocinque 2002). Do ponto de vista ventilatório a depressão respiratória é de grande importância durante a anestesia

visto que, associada e intensificada por agentes anestésicos voláteis pode alterar os parâmetros hemodinâmicos do paciente. A meperidina, por sua vez exerce menor efeito sobre o sistema respiratório quando comparada a outros opióides como a morfina (Fantoni & Cortopassi 2010). Este fármaco liga-se reversivamente a receptores específicos do sistema nervoso central e na medula espinhal (pré e pós sinapse), alterando a nocicepção e percepção da dor (Lascelles et. al. 1994). Centralmente, no mesencéfalo e na medula, ativam as vias nocicepção, a partir da da liberação de serotonina e talvez noradrenalina. No sistema límbico, altera os componentes emocionais da dor, podendo causar também sedação, euforia e excitação (Thurmon et. al. 1996).

Propofol

O propofol é um fármaco utilizado na anestesia geral para indução e manutenção anestésica em forma de “bolus” ou infusão contínua e possui uma ação sedativa e hipnótica com mínima analgesia, por isso induz a depressão do sistema nervoso central, aumentando o efeito inibitório do neurotransmissor ácido gama aminobutírico (GABA) principal neurotransmissor inibitório do sistema nervoso central. Quando o receptor GABA tipo A é ativado, a condutância transmembrana de cloro aumenta, resultando em hiperpolarização da membrana celular pós-sináptica e inibição funcional do neurônio pós-sináptico, ao aumentar a duração da abertura dos canais de íon cloro (Belelli et. al. 1999). O fármaco causa importantes efeitos hemodinâmicos como depressão respiratória dose-dependente, podendo ocorrer apneia na indução da anestesia, hipercapnia e cianose por período de tempo curto após a administração. Além disso, leva também a diminuição da contratilidade do miocárdio, queda na frequência cardíaca, diminuição do fluxo coronariano e pressão arterial. Este fármaco é utilizado na indução da anestesia de todas as espécies domésticas, uma vez que deprime o SNC, promove perda dos reflexos protetores e induz relaxamento muscular, permitindo a intubação endotraqueal. Sua grande vantagem consiste na rápida recuperação anestésica, mesmo com a aplicação de doses subsequentes, pois este é destituído do efeito cumulativo como ocorre com

outros medicamentos, como por exemplo, o tiopental. (Fantoni & Cortopassi 2010, Batista et. al. 2012).

Rocurônio

É um bloqueador neuromuscular (BNM) esteroidal não-despolarizante, quimicamente relacionado ao vecurônio (Diefenbach & Buzello 1996), com sua ligação competitiva ao receptor, não causa aumento da permeabilidade da membrana pós-juncional ao sódio e subsequente despolarização da membrana, resultando em relaxamento muscular (Lumb & Jones 2015). A reversão desse tipo de bloqueio é rapidamente obtida pela mera elevação da concentração da acetilcolina na fenda sináptica, o que pode ser conseguido com o uso de um anticolinesterásico (Massone 2008).

Isoflurano

O isoflurano é um anestésico volátil amplamente utilizado, com concentração alveolar mínima (CAM) de 1,39, em cães (Kazama e Ikeda, 1988), que lhe confere potência anestésica relativamente alta. O mecanismo de ação desse fármaco, atinge não somente o sistema reticular de ativação, mas também o hipotálamo e o córtex, assim como a medula espinhal, alterando a transmissão axonal e sináptica, podendo produzir efeitos pré ou pós-sinápticos. Estas ações resultam em alterações na produção, liberação e captação de vários neurotransmissores (Koblin 2000). Por exercer menores efeitos no sistema cardiovascular em comparação aos outros agentes halogenados, o isoflurano é o fármaco de escolha em pacientes de risco como hipotensos e em choque hemorrágico (Lumb & Jones 2015). Seu emprego resulta em menor depressão cardiovascular que o halotano e o sevoflurano (Teixeira-Neto et. al. 2007), mas, assim como os demais halogenados, deprime a pressão arterial sistêmica, de maneira dependente da dose, devido à combinação da depressão miocárdica com a diminuição da resistência vascular sistêmica (Muir & Mason 1996).

1.5 Referências

Almeida A.L.C., Gjesdal O., Mewton N., Young Choi E., Teixido-Tura G., Yoneyama K., et al. 2013. Speckle-tracking pela ecocardiografia bidimensional - aplicações clínicas. *Rev Bras Ecocardiogr Imagem Cardiovasc.* 26(1):38-49.

Artis N.J., Oxborough D.L., Williams G., Pepper C.B., Tan L.B. 2008. Two-dimensional strain imaging: a new echocardiographic advance with research and clinical applications. *International Journal of Cardiology*, Amsterdam, v. 123, n. 3, p. 240-248.

Bach J. 2017. A quick reference on hypoxemia. *Vet Clin Small Anim*, v. 47, p. 175-179.

Batista P.A.C.S., Nunes N., Camacho A.A., Borges P.A., Moro J.V., Lopes P.C.F., Gava F.N. 2012. Ventilação mandatória intermitente sincronizada versus ventilação com suporte pressórico e volume garantido em coelhos induzidos à hemorragia aguda. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.54, n.6, p. 1555-1562.

Belelli D., Pistis M., Peters J.A., Lambert J.J. 1999. The interaction of general anaesthetics and neurosteroids with GABA (A) and glycine receptors. *Neurochem. Int.*, v.34, n.5, p. 447-452.

Blessberger H., Binder T. 2010. NON-invasive imaging: Two dimensional speckle tracking echocardiography: basic principles. *Heart*. May; 96(9):716-22.

Briel M., Meade M., Mercat A, et al. 2010. Higher vs lower positive end- expiratory pressure in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: systematic review and meta- -analysis. *JAMA*;303:865-73.

Castellana F. B. et al. 2003. Comparação entre ventilação controlada a volume e a pressão no tratamento da hipoxemia no período pós-operatório de cirurgia de revascularização do miocárdio. *Ver Bras Anesthesiol*, v. 53, p. 440-448.

Chetboul V. 2010. Advanced techniques in echocardiography in small animals. *Journal of Veterinary Cardiology*, London, v. 40, n. 4, p.529-543.

Damico N.K. 2015. Mechanical Ventilation of the anesthetized patient. *Crit Care Nurs Clin N Am*, v. 27, p. 147-155.

Dandel M., Lehmkuhl H., Knosalla C., Suramelashvili N., Hetzer R. 2009. Strain and strain rate imaging by echocardiography - basic concepts and clinical applicability. *Curr Cardiol Rev*. May; 5(2):133-48.

Dean E. 1985. Effect of Body Position on Pulmonary Function. *Journal of Physical Therapy*, v. 65, p. 613-618.

Del Castillo J.M. & Herszkowicz N. 2008. Strain Bidimensional (X-Strain): utilização do método para avaliação de cardiopatias. *Revista Brasileira de Ecocardiografia*, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 29-35.

Del Castillo J.M., Herszkowicz N., Ferreira C. 2010. Speckle tracking - a contratilidade miocárdica em sintonia fina. *Rev Bras Ecocardiogr Imagem Cardiovasc*. 23(3):46- 54.

Delgado V., Ypenburg C., van Bommel R.J., Tops L.F., Mollema S.A., Marsan N.A., Bleeker G.B., Schalij M.J., Bax J.J. 2008. Assessment of left ventricular dyssynchrony by speckle tracking strain imaging comparison between longitudinal, circumferential, and radial strain in cardiac resynchronization therapy. *Journal of the American College of Cardiology* 51, 1944–1952.

Diefenbach C., Buzello W. 1996. New Muscle Relaxants. *Anasth Intens Notfallmed Schmerzther*, v. 31, p. 2-8.

Edvardsen T., Helle-Valle T., Smiseth O.A. 2006. Systolic dysfunction in heart failure with normal ejection fraction: speckle-tracking echocardiography. *Prog Cardiovasc Dis*. 49:207-214.

Fantoni D.T., Cortopassi S.R.G. 2010. Anestesia em cães e gatos. 2 ed. São Paulo: Editora Roca LTDA, p. 83-128.

Fantoni D. T., Mastrocinque S. 2002. Fisiopatologia e controle da dor . In: _____. FANTONI, D. T.; CORTOPASSI, S. R. G. Anestesia em cães e gatos. São Paulo: Roca, p. 323–336.

Galvin I., Drummond G. B. Nirmalan M. 2007. Distribution of blood flow and ventilation in the lung: gravity is not the only fator. British Journal of Anaesthesia, n. 98, v. 4, p. 420-428.

Hazlett D.R., Medina J. 1971. Postural effects on the bruit and right-to-left shunt of pulmonary arteriovenous fistula. Chest. 60(1): p. 89-92

Hedenstierna G, Rothen H.U. 2012. Respiratory function during anesthesia: effects on gas exchange. Compr Physiol, v. 2(1), p. 69-96.

Heimdal A., Stoylen A., Torp., Skjaerpe T. 1998. Real time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. Journal of the American Society of Echocardiography, Morrisville, v. 11, n. 3, p. 1013-1019.

Helle-Valle T., Crosby J., Edvardsen T., Lyseggen E., Amundsen B.H., Smith H.J., Rosen B.D., Lima J.A., Torp H., Ihlen H., Smiseth O.A. 2005. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography. Circulation, Dallas, v. 112, n. 20, p. 3149-3156.

Hopper K., Powell L.L. 2013. Basics of Mechanical Ventilation for Dogs and Cats. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, Massachussets, v. 43, p. 955-969.

Kazama T., Ikeda K. 1988. Comparison of MAC and the rate of rise of alveolar concentration of sevoflurane with halothane and isoflurane in the dog. Anesthesiology, v.68, p.435-438.

Koblin D.D. Mechanisms of action. In: MILLER, R.D. *Anesthesia*. 5 ed. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2000. p. 48-73.

Krieg S., Alison J.A., McCarren B., Cowell S. 2007. Position affects distribution of ventilation in the lungs of older people: an experimental study. *Aust J Physiother.* 53(3): p.179-84.

Lascelles B.D.X., Butterworth S.J., Waterman A. 1994. Postoperative analgesic and sedative effects of carprofen and pethidine in dogs. *Vet. Rec.*, v. 134, n. 8, p. 187-191.

Lumb W., Jones W. 2015. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 5 ed. Iowa, EUA: Wiley, cap. 27, p. 513-558.

Macintyre N. R., Grooper C., Westfall T. 1994. Combining pressure limiting and volume cycling features in a patient interactive mechanical breath. *Crit Care Med*, v. 22, p. 353-357.

Manczur T., Greenough A. 2000. Comparison of the pressure time product during synchronous intermittent mandatory ventilation and continuous positive airway pressure. *Arch. Dis. Childhood*, v.83, p.265-267.

Manica J. 2003. *Anestesiologia: Princípios e Técnicas*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, cap. 26, p. 395-418.

Marwick T.H. 2006. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? *Journal of the American College of Cardiology*, San Diego, v. 47, n. 4, p.1313-1327.

Massone F. 2008. *Anestesiologia Veterinária: farmacologia e técnicas: texto e atlas colorido*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap. 9, p. 94-103.

Mizuguchi Y., Oishi Y., Miyoshi H., Iuchi A., Nagase N., Oki T. 2008. The functional role of longitudinal, circumferential, and radial myocardial deformation for regulating the early impairment of left ventricular contraction and relaxation in patients with cardiovascular risk factors: a study with twodimensional strain imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 21:1138-1144.

Muir W.W., Mason D. Cardiovascular System. In: THURMON, J. C.; TRANQUILLI, W. J.; BENSON, G. J. *Lumb & Jones' veterinary anesthesia*. 3. ed. Philadelphia: Lea & Feabiger, 1996. cap.5, p.62-114.

Neumann P., Wrigge H., Zinserling J. et al. 2005. Spontaneous breathing affects the spatial ventilation and perfusion distribution during mechanical ventilatory support. *Crit Care Med.*, v.33, p.1090-1095.

Pavlopoulos H., Nihoyannopoulos P. 2008. Strain and strain rate deformation parameters: from tissue Doppler to 2D speckle tracking. *Int J Cardiovasc Imaging*. Jun; 24(5):479- 91.

Roussos C.S., Fixley M, Genest J., Cosio M., Kelly S., Martin R. R et al. 1977. Voluntary factors influencing the distribution of inspired gas. *American Review of Respiratory Disease*, v.116, P. 457–467.

Serpa N.A., Hemmes S.N., Barbas C.S., et al. 2014. Incidence of mortality and morbidity related to postoperative lung injury in patients who have undergone abdominal or thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Respir Med*, v.2(12), p. 1007-1015.

Suffoletto M.S., Dohi K., Cannesson M., Saba S., Gorcsan 3rd, J. 2006. Novel speckle-tracking radial strain from routine black-and-white echocardiographic images to quantify dyssynchrony and predict response to cardiac resynchronization therapy. *Circulation* 113, 960–968.

Teixeira-Neto F. J. et al. 2007. A study of the effect of hemorrhage on the cardiorespiratory actions of halothane, isoflurane and sevoflurane in the dog. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, Philadelphia, v.34, p.107-116.

Thurmon J.C., Tranquilli W.J., Benson G.J., Perioperative pain distress. *Lumb & Jones Veterinary Anesthesia*. 3. Ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1996. p. 40-62.

Urheim S., Edvardsen, T., Torp H., Angelsen B., Smiseth O.A. 2000. Validation of a new method to quantify regional myocardial function: myocardial strain by Doppler echocardiography. *Circulation*, Dallas, v. 102, n. 10, p. 1158-1164.

Wahba R.W. 1991. Perioperative functional residual capacity. *Can J Anaesth J Can d'anesthesie*. 38(3): p. 384-400.

Wang J., Khoury D.S., Yue Y., Torre-Amione G., Nagueh S.F. 2008. Preserved left ventricular twist and circumferential deformation, but depressed longitudinal and radial deformation in patients with diastolic heart failure. *Eur Heart J*. 29:1283-1289.

2. CAPÍTULO 2 – Deformação miocárdica radial global e segmentar por *speckle tracking* bidimensional em coelhos hígidos

(Global and segmental radial myocardial deformation by two-dimensional speckle tracking in healthy rabbits)

Fabício Andrade Marinho¹; Jorge Cardoso da Silva Filho¹; Fernando Azadinho Rosa¹; Roberto Ampuero Navarrete¹; Marlos Gonçalves Sousa²; Aparecido Antonio Camacho³

¹ Doutorandos do Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária (área de Clínica Médica Veterinária) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP), Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, CEP 14884-900. *Autor para correspondência: fabriciomarinohvn@gmail.com

² Professor Associado, Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil.

³ Professor Titular, Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária, UNESP-Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

RESUMO. – A ecocardiografia tem se tornado um método diagnóstico mais importante na cardiologia veterinária. Entre os modernos métodos de imagem destaca-se a técnica de *Doppler* tecidual e, mais recentemente, da deformação (*speckle tracking*) bidimensional, que permite analisar cada vez mais com maior precisão e riqueza de detalhes, tanto a contração como o relaxamento miocárdico. O *speckle tracking* é uma ferramenta já consolidada na medicina humana, sendo utilizada no estudo das cardiopatias. Em medicina veterinária, o uso deste método já foi demonstrado em cães e gatos. No entanto, ainda não abrange todas as espécies, havendo poucos relatos, ou mesmo ausência nos coelhos domésticos. Diante disso, este estudo teve como objetivo proporcionar intervalos de normalidade da função sistólica radial do ventrículo esquerdo em coelhos saudáveis por meio da utilização da ecocardiografia bidimensional *speckle tracking* (2D STE). Para isso, foram utilizados 31 coelhos da raça Nova Zelândia, adultos, hígidos, machos, com peso médio de $4,0 \pm 0,53$ kg dos quais foram obtidos os índices sistólicos radiais como, velocidade rotacional e radial, deslocamento rotacional e radial, *strain* radial e *strain rate* radial, obtidos através da janela paraesternal direta do eixo curto do ventrículo esquerdo. O resultado final das variáveis analisadas foi considerado como a média aritmética de três ciclos cardíacos consecutivos. A função miocárdica radial foi

avaliada e todas as variáveis foram obtidas, demonstrando os valores na tabela 1 e 2, respectivamente. Sendo assim, os resultados demonstrados na presente investigação científica fundamentam os valores de referência dos índices sistólicos estipulados irão ajudar na identificação de disfunção cardíaca precoce.

Palavras-chave: Disfunção sistólica, coelhos, ecocardiografia bidimensional *speckle tracking*.

ABSTRACT. - Echocardiography has become a more important diagnostic method in veterinary cardiology. Among the modern imaging methods, we can highlight the tissue Doppler technique and, more recently, two-dimensional speckle tracking, which enables us to analyze more accurately and in detail both myocardial contraction and relaxation. Speckle tracking is a consolidated tool in human medicine, used in the study of heart diseases. In veterinary medicine, the use of this method has been demonstrated in dogs and cats. However, it does not embrace all species yet, with few or absent reports on domestic rabbits. Therefore, this study aimed to provide a normal range of left ventricular radial systolic function in healthy rabbits using two-dimensional speckle tracking echocardiography (2D STE), since this species is widely used as experimental model for both humans and other animal species, such as dogs. For this purpose, 31 healthy male adults New Zealand rabbits were used, with average weight of 4.0 ± 0.53 kg, radial systolic indices were obtained, such as rotational and radial speed, rotational and radial displacement, radial strain and strain rate, obtained through the parasternal window directly from the short axis of the left ventricle. The result of the analyzed variables was considered as the mean of three consecutive cardiac cycles. Radial myocardial function was evaluated and all variables were obtained, values in tables 1 and 2, respectively. Therefore, the results demonstrated in this study underpin stipulated reference values of systolic indices and they will help in the identification of early cardiac dysfunction.

Keywords: Systolic dysfunction, rabbits, two-dimensional echocardiography *speckle tracking*.

INTRODUÇÃO

A ecocardiografia bidimensional *speckle tracking* (2D STE) é uma das mais recentes ferramentas diagnósticas utilizada na cardiologia veterinária para avaliação da função miocárdica regional e global do ventrículo esquerdo (Mondillo et.al. 2011, Acosta-Martinez et.al. 2013). Esta técnica de imagem é baseada no rastreamento de pontos criados pela interação entre o feixe ultrassonográfico e o miocárdio em imagens ecocardiográficas bidimensionais (2D) em escala de cinza (Pavlopoulos & Nihoyannopoulos 2008, Del Castillo et. al. 2010, Almeida et. al. 2013). Os *speckles* são elementos (pontos) pequenos e brilhantes no miocárdio, os quais funcionam como marcadores acústicos naturais que podem ser monitorados (*tracking*) momento a momento, durante todo o ciclo cardíaco (Chetboul 2010). Dessa forma, a avaliação por *speckle tracking* tem como principais vantagens a independência do ângulo de incidência e a menor interferência do movimento translacional do coração quando comparada ao *Doppler* tecidual. Além disso, essa técnica permite a mensuração das deformações miocárdicas do ventrículo esquerdo em sentido longitudinal e circunferencial pelos planos apical quatro câmaras e paraesternal direito em eixo curto (Helle-Valle et. al. 2005, Edvardsen et. al. 2006, Artis et. al. 2008, Mizuguchi et. al. 2008, Wang et. al. 2008, Chetboul 2010). No entanto, este método diagnóstico possui algumas limitações, como resolução lateral em regiões miocárdicas distantes, reverberações e, principalmente, a qualidade da imagem 2D que deve ser aceitável (Pavlopoulos & Nihoyannopoulos 2008).

Embora a avaliação segmentar do miocárdico possa abrir portas para identificação de anormalidades cardíacas precocemente e haja crescente interesse em compreender a dinâmica miocárdica de forma mais minuciosa, ainda são necessários estudos acerca da interpretação dos resultados da avaliação da deformação miocárdica por *speckle tracking*. Embora essa modalidade venha sendo empregada para avaliar as deformações do miocárdio em seres humanos (Notomi et. al. 2005, Amundsen et. al. 2006), foi apenas em 2015 que a Sociedade Europeia de Imagem Cardiovascular e a Sociedade Americana de Ecocardiografia propuseram o primeiro consenso para interpretação dos parâmetros ligados à deformação miocárdica obtida por *speckle tracking*, buscando minimizar a grande variação existente nas avaliações obtidas por distintos equipamentos (Voigt et. al. 2015).

Na medicina veterinária, a 2D STE tem sido utilizada em cães para se obter a deformação cardíaca tanto em animais saudáveis, buscando estabelecer valores de referência e padronizar a técnica (Chetboul et. al. 2007, Wess et. al. 2011, Suzuki et. al. 2013), como em animais cardiopatas (Takano et. al. 2011). Nos gatos, esta ferramenta já foi aplicada para avaliar a torção sistólica do ventrículo esquerdo sem a necessidade de anestesia (Notomi et. al. 2005, Takeuchi et. al. 2009), sendo também útil para identificar anormalidades subclínicas na função cardíaca de gatos com cardiomiopatia hipertrófica (Suzuki et. al. 2016).

Sendo assim, esta pesquisa foi concebida para avaliar a função sistólica radial do ventrículo esquerdo em coelhos saudáveis por meio da 2D STE, haja vista a importância desta espécie como modelo de experimentação em pesquisas translacionais. Não obstante, buscou-se determinar os valores de referência para os parâmetros de deformação miocárdica por segmento miocárdico e global, como também avaliar a aplicabilidade e viabilidade da técnica nos coelhos estudados.

MATERIAL E MÉTODOS

População estudada

Foram avaliados 31 coelhos saudáveis com peso médio de $4,0 \pm 0,53$ kg, machos, adultos, da raça Nova Zelândia, provenientes de produtor especializado na criação da espécie. Durante o período de realização do estudo os animais foram mantidos em gaiolas individuais, com dimensões de 80 cm x 50 cm x 35 cm, e receberam ração comercial própria para a espécie e água *ad libitum*, buscando-se manter as melhores condições de higiene e manejo em atenção aos preceitos de bem estar animal. Não obstante, toda metodologia foi aprovada previamente pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da UNESP, campus de Jaboticabal, Brasil (Protocolo 3031/17).

Desenho experimental

Esta pesquisa foi concebida como um estudo prospectivo transversal realizado em amostra de conveniência. Todo experimento foi conduzido nas dependências do Serviço de Cardiologia Veterinária da FCAV/UNESP, campus de Jaboticabal, Brasil.

Ecocardiografia *Speckle Tracking*

Os coelhos foram posicionados em decúbito lateral, utilizando-se a janela paraesternal direita para avaliação da 2D STE (Boom 2011). Para aquisição dos vídeos foi empregado transdutor de 7,5 MHz e um sistema (Acuson X300 Premium Edition, Siemens, EUA) dotado do software Syngo *Velocity Vector Imaging* (VVI) baseado no algoritmo *optical flow* (Siemens Healthcare®). A partir de imagens transversais do ventrículo esquerdo (Figura 1) foram obtidas as velocidades radiais e de rotação, deslocamento radial e de rotação de seis segmentos miocárdicos, assim como a deformação (St) e a taxa de deformação (StR) radial e rotacional dos mesmos seis segmentos (Bussadori 2009). O resultado final das variáveis analisadas foi considerado como a média aritmética de três ciclos cardíacos consecutivos no qual foram armazenados em formato digital para posterior avaliação *off-line*.

A análise das variáveis requereu o registro do ciclo cardíaco sob monitorização contínua da atividade elétrica do coração e taxa de atualização de imagem entre 50 e 110 telas por segundo. Para o rastreamento miocárdico, o bordo endocárdico do ventrículo esquerdo foi delimitado manualmente no final da sístole (após onda T), seguida da delimitação automática do bordo epicárdico pelo software, sendo a linha ajustada manualmente sempre que necessário. Ao processar a marcação, o equipamento evidencia o deslocamento dos pontos e produz ciclos de movimento, os quais são representados por vetores que representam as mudanças instantâneas de direção e sentido do movimento miocárdico. Dessa forma, o software registra, de maneira gráfica e quantitativa, as velocidades, deslocamentos, deformações e taxas de deformação dos seis segmentos miocárdicos estudados (Figura 2).

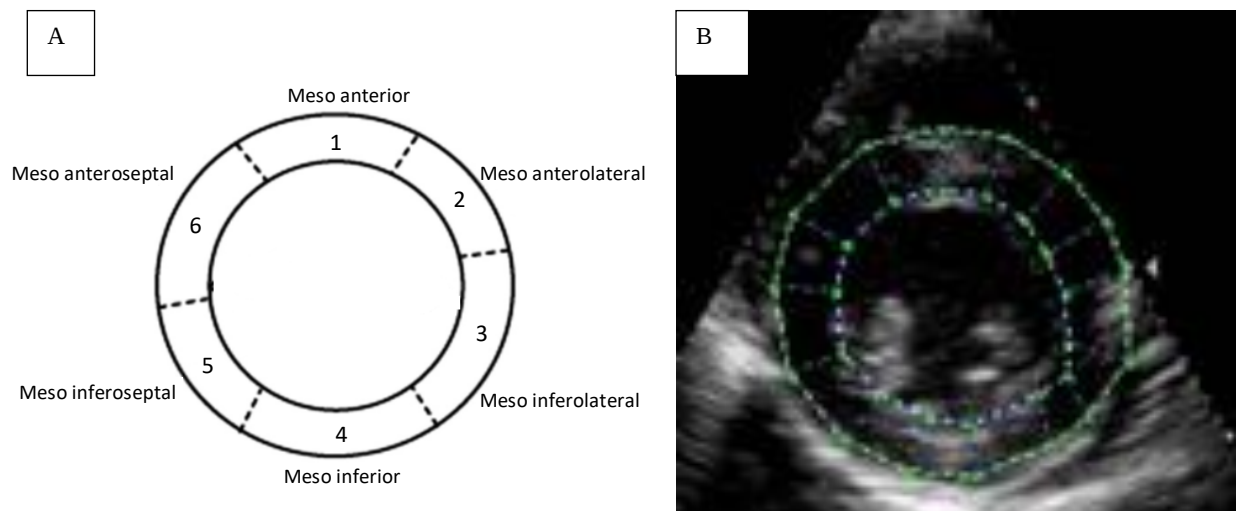


Figura 1: Esquema representativo dos seis segmentos miocárdicos avaliados na imagem transversal do ventrículo esquerdo em plano cordal, sendo o segmento 1= meso anterior, segmento 2= meso anterolateral, segmento 3= meso inferolateral, segmento 4= meso inferior, segmento 5= meso inferoseptal, segmento 6= meso anteroseptal (A). Em (B) é possível observar o delineamento dos pontos marcados no endocárdio e epicárdio do ventrículo esquerdo em imagem transversal, em plano cordal, obtida em coelho saudável.

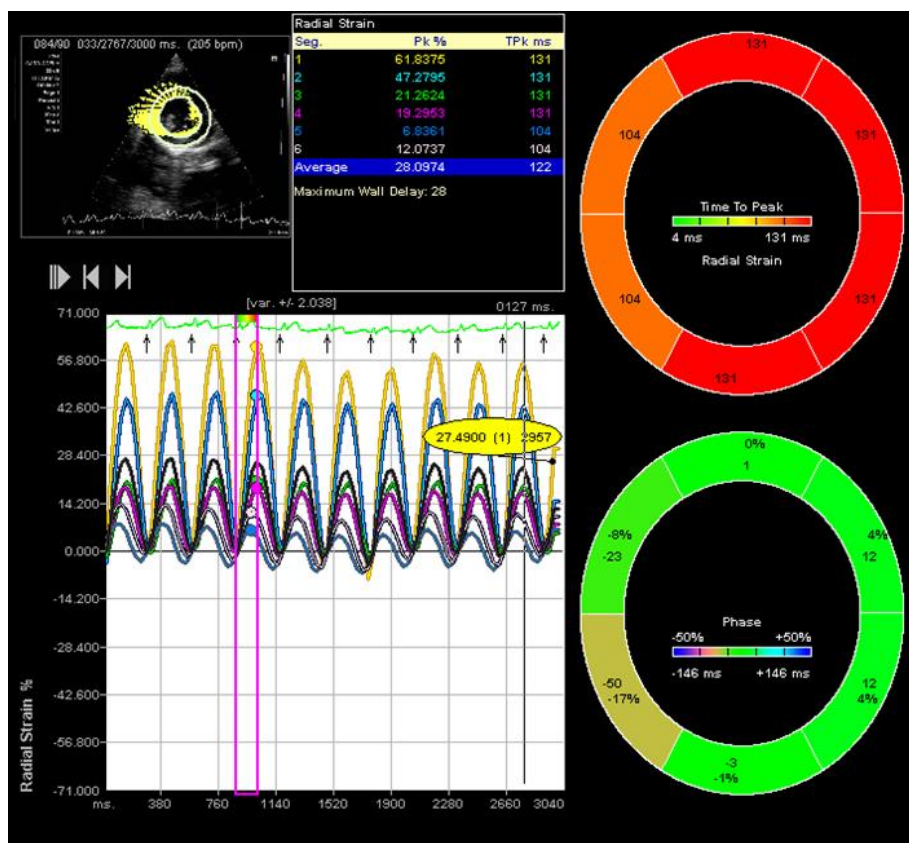


Figura 2: Imagem do sistema de análise segmentar do miocárdio, na qual podem ser observadas as curvas de deformação radial de seis segmentos do miocárdio de um coelho. Pode-se notar que além dos valores individuais da deformação radial obtida no plano cordal do ventrículo esquerdo (também representados graficamente à direita), o software calcula automaticamente a deformação global a partir da média dos segmentos analisados.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o programa Statistica 7.0. Os dados ecocardiográficos foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e, posteriormente, foram calculadas médias e desvios-padrão para cada variável.

RESULTADOS

O uso da ecocardiografia bidimensional *speckle tracking* em coelhos foi considerado de fácil execução, utilizando imagens em eixo curto do ventrículo esquerdo para mensurar as variáveis sistólicas radiais.

Os valores médios e desvios-padrão das variáveis do endocárdio e epicárdio estão demonstrados na tabela 1 e na tabela 2. É possível observar que os valores dos índices sistólicos, velocidade radial e rotacional e deslocamento radial e rotacional de cada região segmentar e global são menores no epicárdio quando comparados ao endocárdio. Em contrapartida, o *strain* radial e o *strain rate* segmentar e global são semelhantes nas duas regiões estudadas.

Tabela 1: Valores médios e desvios-padrão dos índices sistólicos radiais por segmento e global do endocárdio obtidos *speckle tracking* bidimensional (2D STE) em coelhos saudáveis (n=31).

	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3	Segmento 4	Segmento 5	Segmento 6	Global
Vel. Rot. (graus/s)*	21,93 ± 17,34	27,78 ± 15,48	22,25 ± 17,37	27,31 ± 20,36	23,76 ± 15,04	17,53 ± 12,33	23,42 ± 11,16
Vel. Rad. (cm/s)*	0,68 ± 0,24	0,61 ± 0,24	0,47 ± 0,24	0,55 ± 0,20	0,58 ± 0,18	0,56 ± 0,21	0,57 ± 0,15
Strain (%)	10,68 ± 7,15	10,58 ± 7,92	9,12 ± 9,65	9,87 ± 8,36	8,15 ± 6,23	7,76 ± 5,61	9,43 ± 5,04
Strain Rate (s ⁻¹)	1,20 ± 0,68	1,17 ± 0,67	1,06 ± 0,85	1,12 ± 0,81	1,04 ± 0,59	1,01 ± 0,61	1,10 ± 0,46
Desloc. Rot (graus)*	1,31 ± 1,21	1,46 ± 1,00	1,51 ± 1,61	1,62 ± 1,71	0,87 ± 1,01	0,76 ± 0,77	1,25 ± 0,92
Desloc. Rad (mm)*	0,64 ± 0,24	0,55 ± 0,22	0,41 ± 0,22	0,49 ± 0,18	0,50 ± 0,16	0,49 ± 0,20	0,52 ± 0,15

*Velocidade rotacional (Vel. Rot); Velocidade radial (Vel. Rad); Deslocamento rotacional (Desloc. Rot); Deslocamento radial (Desloc. Rad).

Tabela 2: Valores médios e desvios-padrão dos índices sistólicos radiais por segmento e global do epicárdio obtidos *speckle tracking* bidimensional (2D STE) em coelhos saudáveis (n=31).

	Segmento 1	Segmento 2	Segmento 3	Segmento 4	Segmento 5	Segmento 6	Global
Vel. Rot. (graus/s)*	12,63 ± 8,79	11,55 ± 8,37	9,24 ± 8,48	12,20 ± 8,62	12,07 ± 10,33	12,28 ± 10,54	11,83 ± 7,5
Vel. Rad. (cm/s)*	0,42 ± 0,15	0,40 ± 0,13	0,34 ± 0,12	0,39 ± 0,12	0,40 ± 0,12	0,34 ± 0,14	0,38 ± 0,10
Strain (%)	10,68 ± 7,15	10,58 ± 7,92	9,12 ± 9,65	9,87 ± 8,36	8,15 ± 6,23	7,76 ± 5,61	9,43 ± 5,04
Strain Rate (s ⁻¹)	1,20 ± 0,68	1,17 ± 0,67	1,06 ± 0,85	1,12 ± 0,81	1,04 ± 0,59	1,01 ± 0,61	1,10 ± 0,46
Desloc. Rot (graus)*	0,70 ± 0,68	0,53 ± 0,66	0,48 ± 0,63	0,70 ± 0,59	0,46 ± 0,63	0,67 ± 0,79	0,59 ± 0,55
Desloc. Rad (mm)*	0,36 ± 0,13	0,36 ± 0,14	0,36 ± 0,15	0,36 ± 0,16	0,36 ± 0,17	0,36 ± 0,18	0,34 ± 0,09

*Velocidade rotacional (Vel. Rot); Velocidade radial (Vel. Rad); Deslocamento rotacional (Desloc. Rot); Deslocamento radial (Desloc. Rad).

DISCUSSÃO

O presente estudo utilizou a técnica de 2D STE para avaliação da função miocárdica radial do ventrículo esquerdo (VE) e constatou sua aplicabilidade em coelhos saudáveis sem uso de contenção química. Imagens transversais do VE mostraram-se adequadas para as mensurações dos índices sistólicos radiais.

A pesquisa em tela apresenta potencial translacional por se tratar de técnica relativamente simples e que se correlaciona com dados obtidos por sonomicrometria e imagens de ressonância magnética (Amundsen et. al. 2006). Essa técnica tem sido usada em estudos da endocardiose em estágios avançados, nas doenças miocárdicas como a cardiomiopatia dilatada (Chetboul et. al. 2007), nas distrofias musculares (Takano et. al. 2011) e na avaliação de dissincronia ventricular (Suffoletto et. al. 2006, Arita et. al. 2007, Chetboul et. al. 2007, Delgado et. al. 2008, Griffiths et. al. 2011).

Embora, o 2D STE tenha se mostrado viável na obtenção da função sistólica radial do VE na maioria dos coelhos estudados, três animais foram excluídos do estudo pelo inadequado rastreamento do *software* Syngo Velocity Vector Imaging (VVI) baseado no algoritmo *optical flow* (SIEMENS®). Esta dificuldade já foi destacada em estudos em cães (Chetboul et. al. 2007) e gatos (Silva et. al. 2013) e, pode ser explicada pela geração de imagens de qualidades inferiores aquelas exigidas pelo *software* para a análise do *speckle tracking*, fazendo com que este não conseguisse captar o registro eletrocardiográfico do paciente em estudo. Além disso, a alta frequência cardíaca dos coelhos durante a realização do exame ecocardiográfico também interfere no adequado rastreamento e impedia o rastreamento da marcação pré-estipulada das bordas endocárdica e epicárdica nesta espécie.

O ecocardiograma 2D STE tem as vantagens da facilidade de aplicação e análise, e boa reprodutibilidade dos dados. Não obstante, a precisão das medições depende em grande parte da qualidade da imagem e da eficácia do rastreamento. Nas mãos de cardiologistas experientes o parâmetro strain e strain rate podem melhorar a precisão e os valores prognósticos do ecocardiograma, pelo fato do *strain* miocárdico detectar doenças subclínicas e também avaliar a severidade da doença (Sun et. al. 2013).

Embora o algoritmo do *strain* no *software* seja automático, os resultados não são independentes do operador, portanto é necessária atenção suficiente direcionada ao tempo em que o equipamento seleciona o início e o final do ciclo elétrico cardíaco; inspecionar a região de interesse; observar a marcação dos pontos endocárdicos e epicárdicos tanto em tempo real como em movimento.

Ao que parece, este é o primeiro estudo que aplicou a 2D STE para avaliar os índices sistólicos radiais em coelhos hígidos. Em geral os resultados dos índices sistólicos encontrados na presente pesquisa foram maiores no endocárdio do que no epicárdio, o que se assemelha aos relatos descritos em seres humanos saudáveis, cães e ovinos utilizando a técnica 2D STE e sonomicrometria (Ishizu et. al. 2010, Carnabuci et. al. 2013). Essa diferença na dinâmica endocárdica e epicárdica se dá provavelmente pelo fato da estrutura miocárdica ser organizada em duas diferentes bandas helicoidais e também pelo estresse que a parede endocárdica é submetida (Zhang et. al. 2011). Além disso, foi mais difícil avaliar os segmentos do epicárdico comparativamente ao endocárdio, provavelmente devido à existência de artefatos e ao movimento translacional do coração, previamente descrito por Chetboul e colaboradores (2007).

Na presente investigação científica, os resultados dos valores do *strain radial* e do *strain rate radial* da região endocárdica foram menores do que os encontrados em três pesquisas relacionadas aos cães (Chetboul et. al. 2008, Takano et. al. 2010, Smith et. al. 2012). Essa diferença na deformação do miocárdico pode estar relacionado a uma maior ativação do sistema nervoso autônomo simpático do coração do coelho quando comparado ao dos cães.

O nosso trabalho apresentou algumas limitações como o número pequeno de animais avaliados; o algoritmo do ecocardiograma não reconhecia a marcação pré-estipulada nas bordas do miocárdio; a alta frequência cardíaca da espécie estudada; exame foi realizado apenas por um único operador.

Os resultados demonstrados na presente investigação científica abrem a possibilidade futura da realização de pesquisas em diversas áreas médicas, como por exemplo, na identificação de hipóxia miocárdica durante a anestesia, já que o coelho é um excelente modelo experimental utilizado de forma comparativa com outras espécies.

Sendo assim, os valores de referência dos índices sistólicos estipulados irão ajudar na identificação de disfunção cardíaca precoce.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados na pesquisa em tela permitem concluir que a ecocardiografia bidimensional *speckle tracking* (2D STE) em coelhos é considerada uma técnica viável para mensuração dos índices sistólicos do miocárdio do ventrículo esquerdo. Os valores encontrados poderão servir como valores referenciais e fundamentar outras pesquisas científicas.

REFERÊNCIAS

- Acosta-Martínez J., Lopez-Haldon J.E., Gutiérrez-Carretero E., Díaz-Carrasco I., Hajam T.S., Ordonez Fernandez A. 2013. Strain radial y circunferencial como marcadores de fibrosis en un modelo experimental de infarto de miocardio. Rev Esp Cardiol. 66:508–9.
- Almeida A.L.C., Gjesdal O., Mewton N., Young Choi E., Teixido-Tura G., Yoneyama K., et al. 2013. Speckle-tracking pela ecocardiografia bidimensional - aplicações clínicas. Rev Bras Ecocardiogr Imagem Cardiovasc. 26(1):38-49.
- Amundsen B.H., Helle-Valle T., Edvardsen T., Torp H., Crosby J., Lyseggen E., Støylen A., Ihlen H., Lima J.A., Smiseth O.A., Slørdahl S.A. 2006. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. J Am Coll Cardiol. 47:789-793.
- Arita T., Sorescu G.P., Schuler B.T., Schmarkey L.S., Merlino J.D., Vinten-Johansen J., Leon A.R., Martin R.P., Sorescu D. 2007. Speckle tracking strain echocardiography for detecting cardiac dyssynchrony in a canine model of dyssynchrony and heart failure. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 293:H735-H742.

- Artis N.J., Oxborough D.L., Williams G., Pepper C.B., Tan L.B. 2008. Two-dimensional strain imaging: a new echocardiographic advance with research and clinical applications. *International Journal of Cardiology*, Amsterdam, v. 123, n. 3, p. 240-248.
- Boon J. A. Manual of veterinary echocardiography, 2 Ed., Wiley-Blackwell, p. 248, 2011.
- Bussadori C. 2009. A new 2D-based method for myocardial velocity strain and strain rate quantification in a normal adult and pediatric population: assessment of reference values. *Cardiovascular Ultrasound*, London, v.7, n. 8, p. 1-11.
- Carnabuci C., Hanas S., Ljungvall I., Tidholm A., Bussadori C., Haggstrom J., Hoglund 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. *Research in Veterinary Science*. 95:241-248.
- 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.
- Chetboul V., Serres F., Gouni V., Tissier R., Pouchelon J.L. 2008. Noninvasive assessment of systolic left ventricular torsion by two-dimensional speckle tracking imaging in the awake dog: repeatability, reproducibility, and comparison with tissue Doppler imaging variables. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 22, 342–350.
- Chetboul V. 2010. Advanced techniques in echocardiography in small animals. *Journal of Veterinary Cardiology*, London, v. 40, n. 4, p.529-543.
- Del Castillo J.M., Herszkowicz N., Ferreira C. 2010. Speckle tracking - a contratilidade miocárdica em sintonia fina. *Rev Bras Ecocardiogr Imagem Cardiovasc*. 23(3):46- 54.
- Delgado V., Ypenburg C., van Bommel R.J., Tops L.F., Mollema S.A., Marsan N.A., Bleeker G.B., Schalij M.J., Bax J.J. 2008. Assessment of left ventricular dyssynchrony by speckle tracking strain imaging comparison between longitudinal, circumferential, and radial strain in cardiac resynchronization therapy. *Journal of the American College of Cardiology* 51, 1944–1952.

Edvardsen T., Helle-Valle T., Smiseth O.A. 2006. Systolic dysfunction in heart failure with normal ejection fraction: speckle-tracking echocardiography. *Prog Cardiovasc Dis.* 49:207-214.

Griffiths L.G., Fransioli J.R., Chigerwe M. 2011. Echocardiographic assessment of interventricular and intraventricular mechanical synchrony in normal dogs. *J Vet Cardiol.* 13:115-126.

Helle-Valle T., Crosby J., Edvardsen T., Lyseggen E., Amundsen B.H., Smith H.J., Rosen B.D., Lima J.A., Torp H., Ihlen H., Smiseth O.A. 2005. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography. *Circulation, Dallas*, v. 112, n. 20, p. 3149-3156.

Ishizu T., Seo Y., Enomoto Y., Sugimori H., Yamamoto M., Machino T., Kawamura R., Aonuma K. 2010. Experimental validation of left ventricular transmural strain gradient with echocardiographic two-dimensional speckle tracking imaging. *European Journal of Echocardiography: the Journal of the Working Group on Echocardiography of the European Society of Cardiology* 11, 377–385.

Mizuguchi Y., Oishi Y., Miyoshi H., Iuchi A., Nagase N., Oki T. 2008. The functional role of longitudinal, circumferential, and radial myocardial deformation for regulating the early impairment of left ventricular contraction and relaxation in patients with cardiovascular risk factors: a study with twodimensional strain imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 21:1138-1144.

Mondillo S., Galderisi M., Mele D., Cameli M., Lomoriello V.S., Zaca` V, et al. 2011. Speckle tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function. *J Ultrasound Med.* 30:71–83.

Notomi Y., Lysyansky P., Setser R.M., Shiota T., Popovic Z.B., Martin-Miklovic M.G., Weaver J.A., Oryszak S.J., Greenberg N.L., White R.D., Thomas J.D. 2005. Measurement of ventricular torsion by two-dimensional ultrasound speckle tracking imaging. *J Am Coll Cardiol.* 45:2034-2041.

Pavlopoulos H., Nihoyannopoulos P. 2008. Strain and strain rate deformation parameters: from tissue Doppler to 2D speckle tracking. *Int J Cardiovasc Imaging*. Jun; 24(5):479- 91.

Silva A.C., Muzzi R.A.L., Oberlender G., Nogueira R.B., Muzzi L.A.L., Reis G.F.M., Mantovani M.M. 2013. Longitudinal strain and strain rate by two-dimensional speckle tracking in non-sedated healthy cats. *Research in Veterinary Science*. 95:1175–1180.

Smith D.N., Bonagura J.D., Culwell N.M., Schober K.E. 2012. Left Ventricular function quantified by myocardial strain imaging in small-breed dogs with chronic mitral regurgitation. *Journal of Veterinary Cardiology*. 14,231-242.

Suffoletto M.S., Dohi K., Cannesson M., Saba S., Gorcsan 3rd, J. 2006. Novel speckle-tracking radial strain from routine black-and-white echocardiographic images to quantify dyssynchrony and predict response to cardiac resynchronization therapy. *Circulation* 113, 960–968.

Sun J.P., Lee A.P.W., 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. *Internacional Journal of Cardiology*, 167, 495-501.

Suzuki R., Matsumoto H., Teshima T., Koyama H. 2013. Noninvasive clinical assessment of systolic torsional motions using twodimensional speckle-tracking echocardiography in dogs with myxomatous mitral valve disease. *J Vet Intern Med*. 27:69-75.

Suzuki R., Mochizuki Y., Yoshimatsu H., Ohkusa T., Teshima T., Matsumoto H., Koyama H. 2016. Myocardial torsional deformations in cats with hypertrophic cardiomyopathy using two-dimensional speckle-tracking echocardiography. *Journal of Veterinary Cardiology*, 18, 350-357.

Takano H., Fujii Y., Ishikawa R., Aoki T., Wakao Y. 2010. Comparison of left ventricular contraction profiles among small, medium, and large dogs by use of two-dimensional speckletracking echocardiography. *Am J Vet Res.*71:421-427.

Takano H., Fujii Y., Yugeta N., Takeda S., Wakao Y. 2011. Assessment of left ventricular regional function in affected and carrier dogs with Duchenne muscular dystrophy using speckle tracking echocardiography. *BMC Cardiovasc Disord.*11:23.

Takeuchi M., Otsuji Y., Lang R.M. 2009. Evaluation of left ventricular function using left ventricular twist and torsion parameters. *Curr Cardiol Rep.* 11:225-30.

Voigt J.U., Pedrizzetti G., Lysyansky P., Marwick T.H., Houle H., Baumann R., Pedri S., Ito Y., Abe Y., Metz S., Song J.H., Hamilton J., Sengupta P.P., Kolias T.J., Dhooge J., Aurigemma G.P., Thomas J.D., Badano L.P. 2015. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: Consensus documento of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *European Heart Journal – Cardiovascular imaging*, 16, 1-11.

Wang J., Khoury D.S., Yue Y., Torre-Amione G., Nagueh S.F. 2008. Preserved left ventricular twist and circumferential deformation, but depressed longitudinal and radial deformation in patients with diastolic heart failure. *Eur Heart J.* 29:1283-1289.

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. *Journal of Veterinary Cardiology* 13, 31–43.

Zhang Q., Fang F., Liang Y.J., Xie J.M., Wen Y.Y., Yip G.W., Lam Y.Y., Chan J.Y., Fung J.W., Yu C.M. 2011. A novel multi-layer approach of measuring myocardial strain and torsion by 2D speckle tracking imaging in normal subjects and patients with heart diseases. *International Journal of Cardiology* 147, 32–37.

3. CAPÍTULO 3 – Avaliação miocárdica por *speckle tracking* bidimensional em coelhos sob diferentes modalidades ventilatórias.

(Myocardial evaluation by two-dimensional speckle tracking in rabbits under different ventilatory modalities)

Fabício Andrade Marinho¹; Jorge Cardoso da Silva Filho¹; Fernando Azadinho Rosa¹; Eveline Simões Azenha Aidar²; Aparecido Antonio Camacho³

¹ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária (área de Clínica Médica Veterinária) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP), Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, CEP 14884-900. *Autor para correspondência: fabriciomarinohvn@gmail.com

² Mestranda do Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária (área de Cirurgia Veterinária) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP), Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

³Professor Titular, Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária, UNESP-Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

RESUMO. – A ecocardiografia bidimensional *speckle tracking* (2D STE) é baseado no rastreamento de marcadores acústicos naturais no miocárdio. O estudo objetivou avaliar a deformação miocárdica global e segmentar, via *speckle tracking* em coelhos submetidos à anestesia e decúbito lateral prolongado e, correlacionar esses índices sistólicos precoces em quatro diferentes modalidades ventilatórias. Os coelhos foram distribuídos, aleatoriamente, em quatro grupos constituídos de 8 animais cada, denominados grupo ventilação ciclada à pressão (GP), grupo ventilação ciclada à pressão associada à PEEP (GPP), grupo ventilação mandatória intermitente sincronizada (GM) e grupo ventilação espontânea (GE). Em todos os grupos, os parâmetros foram mensurados 40 minutos após a indução anestésica (M0) e reavaliados a cada vinte minutos, durante duas horas ininterruptas (M1, M2, M3 e M4). Sendo assim, o resultado demonstrados na presente investigação científica revelam que nenhuma modalidade ventilatória estudada proporcionou um quadro de disfunção sistólica a luz da técnica 2D STE quando foram comparados em cada momento de avaliação anestésica.

Palavras-chave: Disfunção sistólica, coelhos, ecocardiografia bidimensional *speckle tracking*, ventilação mecânica.

ABSTRACT. - Two-dimensional speckle tracking (2D STE) echocardiography is based on the tracking of natural acoustic markers in the myocardium. The objective of this study was to evaluate global and segmental myocardial deformation via speckle tracking in rabbits submitted to anesthesia and prolonged lateral decubitus and to correlate these early systolic indices in four different ventilatory modalities. Rabbits were randomly assigned to four groups consisting of 8 animals each, referred to as pressure-cycling ventilation group (GPG), pressure-cycling ventilatory group associated with PEEP (GPP), synchronized intermittent mandatory ventilation group (GM), and spontaneous ventilation group (GE). In all groups, the parameters were measured 40 minutes after anesthetic induction (M0) and reevaluated every twenty minutes for two uninterrupted hours (M1, M2, M3 and M4). Thus, the results demonstrated in the present scientific investigation reveal that no studied ventilatory modality provided a picture of systolic dysfunction in light of the 2D STE technique when they were compared at each moment of anesthesia evaluation.

Keywords: Systolic dysfunction, rabbits, two-dimensional echocardiography speckle tracking, mechanical ventilation.

INTRODUÇÃO

O coelho doméstico (*Oryctolagus cuniculus*) tem sido extensivamente utilizado com modelo animal para pesquisas cardiovasculares. A experimentação com animais contribuíram para importantes descobertas na área da cardiologia, como o desenvolvimento do marcapasso cardíaco, o cardioversor desfibrilador, e numerosas terapias com fármacos e genes só foram possíveis graças aos conhecimentos adquiridos nas pesquisas (Sigg 2010). Entre os muitos modelos animais, o coelho permanece como a melhor opção de escolha quando se trata de eletrofisiologia cardíaca, pois o seu coração se assemelha com o coração humano (Lou et. al. 2011).

A anestesia causa um comprometimento respiratório em pacientes com ventilação espontânea ou mecânica por ocasionar queda na capacidade residual do pulmão pela perda do tônus muscular (Wahba 1991). O uso excessivo de fármacos, o posicionamento do paciente durante o procedimento e a presença de doenças pulmonares são as principais causas de hipoxemia pós-operatória (Mcmillan 2009, Rosanski, 2015).

Quando o paciente é submetido ao decúbito lateral e é mantido em ventilação espontânea, a gravidade faz com que o fluxo sanguíneo pulmonar se faça mais intenso no pulmão inferior (pulmão dependente) quando comparado ao pulmão superior (pulmão não dependente). Devido às compressões externas parciais do mediastino e do abdômen, o pulmão dependente recebe mais fluxo sanguíneo e é mais bem ventilado do que o pulmão não dependente, resultando, assim, em pouca variação na relação ventilação/perfusão (Grichnik 2004, Gal 2006). Já quando o paciente está anestesiado e em apneia, o fluxo sanguíneo fica inalterado, porém o pulmão não dependente recebe uma maior pressão das vísceras abdominais e do mediastino, induzindo importantes alterações na relação ventilação/perfusão (Lumb & Jones 2015).

Várias alternativas descritas na literatura médica visam melhorar essa ventilação afetada pelo decúbito, tais como o uso da ventilação mecânica associada à pressão positiva ao final da expiração no pulmão inferior (Lumb & Jones 2015). Contudo, estudos experimentais que avaliam a interferência do decúbito lateral prolongado na função ventilatória e cardíaca do paciente ainda são escassos (Manica 2003, Barash et. al. 2011). Sendo assim, esse estudo foi desenvolvido para avaliar a deformação miocárdica global e regional em coelhos anestesiados e mantidos em decúbito lateral prolongado, investigando o efeito das quatro diferentes modalidades ventilatórias sobre a função sistólica.

MATERIAL E MÉTODOS

População estudada

Foram avaliados 32 coelhos saudáveis, sendo utilizados no estudo 30 coelhos com peso médio entre ($4,0 \pm 0,53$ kg) machos, adultos, hípidos, da raça Nova Zelândia,

provenientes de produtor especializado na criação da espécie. Os coelhos foram distribuídos, aleatoriamente, em quatro grupos constituídos de oito animais cada. Durante o período de realização do estudo os animais foram mantidos em gaiolas individuais, cujas dimensões eram 80 cm x 50 cm x 35 cm, e receberam ração comercial própria para a espécie e água *ad libitum*, buscando-se manter as melhores condições de higiene e manejo em atenção aos preceitos de bem estar animal. Não obstante, toda metodologia foi aprovada previamente pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da UNESP, campus de Jaboticabal, Brasil (Protocolo 3031/17).

Protocolo experimental

A pesquisa foi concebida como um estudo prospectivo, longitudinal e experimental e, foi realizado no Laboratório de Anestesiologia Experimental da FCAV/UNESP - Jaboticabal.

Os coelhos não foram submetidos a jejum, uma vez que tal procedimento não é necessário nesta espécie (Batista et al., 2012). Os coelhos foram manualmente contidos e receberam meperidina, na dose de 5 mg/kg, pela via intramuscular como medicação pré-anestésica (MPA). Decorridos 20 minutos foi realizada a tricotomia na face externa da orelha direita para a introdução de um cateter na veia marginal para administração de fármacos e fluidoterapia. Concluídos os procedimentos, os animais foram conectados aos eletrodos do aparelho de eletrocardiograma e, em seguida, foram induzidos à anestesia geral com *bolus* de 8 mg/kg propofol por via intravenosa para perda do tônus mandibular, reflexos palpebrais e laríngeos. Imediatamente após a indução anestésica, os animais foram intubados com sonda de Magill de 3,0 mm de diâmetro que, em seguida, foi acoplada ao circuito anestésico valvular, ajustando-se o vaporizador para 1,5 CAM de isofluorano, a fração inspirada de oxigênio para 0,6 e o fluxo da mistura de gás para 1 L/min para manutenção do plano anestésico (Moro 2009).

Uma vez anestesiados, os coelhos foram posicionados em decúbito lateral direito, no qual permaneceram durante duas horas. Após a estabilização do plano anestésico, foi iniciada a modalidade ventilatória de acordo com cada grupo.

Ao término do experimento, os animais foram ofertados para adoção ou encaminhados ao Setor de Cunicultura da FCAV/Unesp.

Modalidades ventilatórias

Cada um dos grupos experimentais foi submetido a uma modalidade ventilatória, ajustada para fixar uma relação inspiração/expiração de 1:2 para as seguintes modalidades:

-GP: ventilação ciclada a pressão, com pressão inspirada de 12 cmH₂O e frequência respiratória de 15 movimentos/minuto.

-GPP: ventilação ciclada a pressão, com pressão inspirada de 17 cmH₂O, frequência respiratória de 15 movimentos/minuto e pressão positiva no final de expiração (PEEP) de 5 cmH₂O.

GM: ventilação mandatória intermitente sincronizada sendo ajustados: sensibilidade do ventilador para -0,5 cmH₂O, frequência respiratória de 15 movimentos/minuto, pressão inspiratória de 12 cmH₂O, tempo inspiratório de 1,2 segundos e pressão de suporte de 10 cmH₂O.

-GE: animais mantidos em ventilação espontânea.

Os grupos GP e GPP receberam bolus seguido de infusão contínua de rocurônio pela via intravenosa (0,6 mg/kg e 0,6 mg/kg/h, respectivamente), e os grupos GE e GM receberam bolus seguido de infusão contínua de solução fisiológica a 0,9% na mesma quantidade dos dois primeiros grupos.

Ecocardiografia *Speckle Tracking*

Os coelhos foram posicionados em decúbito lateral, utilizando-se a janela paraesternal direita no eixo curto do ventrículo esquerdo para avaliação da 2D STE (Boom 2011).

Para avaliação da função sistólica por 2D STE foi empregado transdutor de 7,5 MHz e um sistema (Acuson X300 Premium Edition, Siemens, EUA) dotado do software Syngo *Velocity Vector Imaging* (VVI) baseado no algoritmo *optical flow* (Siemens Healthcare®). A partir de imagens transversais do ventrículo esquerdo obtidos pela janela paraesternal direita, foram registradas as velocidades radiais e de rotação, deslocamento radial e de rotação de seis segmentos miocárdicos, assim como a deformação (*St*) e a taxa de deformação (*StR*) radial e rotacional dos mesmos seis

segmentos (Bussadori et al. 2009). O resultado final das variáveis analisadas foi considerado como a média aritmética de três ciclos cardíacos.

A análise das variáveis requereu o registro do ciclo elétrico cardíaco e taxa de atualização de imagem entre 50 e 110 telas por segundo. Para o rastreamento miocárdico, o bordo endocárdico do ventrículo esquerdo foi delimitado manualmente no final da sístole (após onda T), seguida da delimitação automática do bordo epicárdico pelo software, sendo os pontos ajustados manualmente sempre que necessário. Ao processar a marcação, o equipamento evidencia o deslocamento dos pontos e produz ciclos de movimento, os quais são representados por vetores que representam as mudanças instantâneas de direção e sentido do movimento miocárdico. Dessa forma, o software apresenta, de maneira gráfica e quantitativa, as velocidades, deslocamentos, deformações e taxas de deformação dos seis segmentos miocárdicos estudados.

Em todos os grupos, os parâmetros foram mensurados 40 minutos após a indução anestésica (M0) e reavaliados a cada vinte minutos, durante duas horas ininterruptas (M1, M2, M3 e M4).

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilks) e, posteriormente, avaliados usando a análise de variância com médias repetidas no tempo para a comparação entre as modalidades ventilatórias e os tempos de avaliação anestésica. As variáveis com significância na ANOVA foram submetidas ao teste de Tukey. Foram considerados diferença estatística com valores menor que 0,5% ($p < 0,05$). A análise estatística foi realizada com o programa R version 3.3.2 (2016-10-31) -- "Sincere Pumpkin Patch" Copyright (C) 2016 The R Foundation for Statistical Computing.

RESULTADOS

De um total de 32 coelhos estudados, 93,75%, 30 animais foram incluídos na pesquisa. Dois coelhos do grupo ventilação ciclada à pressão associada à PEEP (GPP)

foram excluídos das análises devido ao não reconhecimento pelo *software* Syngo *Velocity Vector Imaging* (VVI) baseado no algoritmo *optical flow* (Siemens Healthcare®) das marcações pré-estipuladas das bordas do miocárdio.

Considerando os animais estudados, os valores médios e desvios padrões dos índices sistólicos globais obtidos junto ao bordo endocárdico estão representados na tabela 1. Não foi evidenciada diferença estatística ($p < 0,05$) entre as variáveis apresentadas e os grupos de modalidades ventilatórias, não ocorrendo também diferença estatística entre momentos em um dado grupo.

No tocante aos índices sistólicos globais obtidos na região epicárdica houve diferença estatística entre os grupos GM e GE nos parâmetros velocidade rotacional ($p < 0,01$) e deslocamento rotacional ($p < 0,03$) (Tabela 2). Não houve também diferença estatística nos momentos de avaliação anestésica.

Houve diferença significativa no strain radial do segmento 1 ($p < 0,016$) determinado no bordo endocárdico dos coelhos do grupo GP e GPP (Tabela 3).

Tabela 1. Valores médios e desvios padrões dos índices sistólicos globais do endocárdio de coelhos dos grupos, ventilação ciclada à pressão (GP), ventilação ciclada à pressão associada à PEEP (GPP), ventilação mandatória intermitente sincronizada (GM) e ventilação espontânea (GE), obtidos por *speckle tracking* bidimensional (2D STE).

	GRUPOS				P (ANOVA)
	GM	GP	GE	GPP	
Velocidade Rotacional (graus/s)*	28.83 ± 15,68 ^a	28,09 ± 15,29 ^a	29,30 ± 13,03 ^a	30,27 ± 13,66 ^a	0,96
Velocidade Radial (cm/s)	0,41 ± 0,16 ^a	0,44 ± 0,19 ^a	0,54 ± 0,19 ^a	0,55 ± 0,17 ^a	0,07
Strain (%)	7,04 ± 6,49 ^a	6,06 ± 4,84 ^a	8,34 ± 6,21 ^a	7,23 ± 4,37 ^a	0,54
Strain Rate (s⁻¹)	1,13 ± 0,57 ^a	1,07 ± 0,55 ^a	1,34 ± 0,98 ^a	1,24 ± 0,53 ^a	0,34
Deslocamento Rotacional (graus)	1,07 ± 0,95 ^a	1,15 ± 1,40 ^a	1,36 ± 0,95 ^a	1,10 ± 0,91 ^a	0,77
Deslocamento Radial (mm)	0,21 ± 0,10 ^a	0,27 ± 0,15 ^a	0,36 ± 0,21 ^a	0,32 ± 0,15 ^a	0,07

p: nível de significância pela análise de variância. Significância estatística ($p < 0,05$).

*Letras diferentes em uma mesma linha indicam diferença significativa entre as médias (teste de Tukey, nível de significância de 5%).

Tabela 2. Valores médios e desvios padrões dos índices sistólicos globais do epicárdio de coelhos dos grupos, ventilação ciclada à pressão (GP), ventilação ciclada à pressão associada à PEEP (GPP), ventilação mandatória intermitente sincronizada (GM) e ventilação espontânea (GE), por *speckle tracking* bidimensional (2D STE).

	GRUPOS				P (ANOVA)
	GM	GP	GE	GPP	
Velocidade rotacional (graus/s)*	10,92 ± 6,10 ^b	15,06 ± 8,11 ^{ab}	17,89 ± 8,30 ^a	14,51 ± 7,29 ^{ab}	0,01
Velocidade radial (cm/s)	0,27 ± 0,10 ^a	0,37 ± 0,17 ^a	0,43 ± 0,14 ^a	0,40 ± 0,15 ^a	0,05
Strain (%)	7,04 ± 6,49 ^a	6,06 ± 4,84 ^a	8,34 ± 6,21 ^a	7,23 ± 4,37 ^a	0,54
Strain Rate (s⁻¹)	1,13 ± 0,57 ^a	1,07 ± 0,55 ^a	1,34 ± 0,98 ^a	1,24 ± 0,53 ^a	0,34
Deslocamento rotacional (graus)*	0,35 ± 0,29 ^b	0,50 ± 0,40 ^{ab}	0,65 ± 0,43 ^a	0,40 ± 0,34 ^{ab}	0,03
Deslocamento radial (mm)	0,11 ± 0,09 ^a	0,19 ± 0,14 ^a	0,24 ± 0,15 ^a	0,21 ± 0,12 ^a	0,07

p: nível de significância pela análise de variância. Significância estatística ($p < 0,05$).

Letras diferentes em uma mesma linha indicam diferença significativa entre as médias (teste de Tukey, nível de significância de 5%).

Tabela 3. Valores médios e desvios padrões do strain radial obtido na face endocárdica do segmento mesoanterior (1) de coelhos submetidos a diferentes modalidades ventilatórias.

	GRUPOS				P (ANOVA)
	GM	GP	GE	GPP	
Strain * segmento 1 (%)	8,07 ± 7,93 ^{ab}	6,32 ± 6,68 ^b	11,62 ± 10,35 ^{ab}	12,28 ± 7,47 ^a	0,016

p: nível de significância pela análise de variância. Significância estatística ($p < 0,05$).

*Letras diferentes em uma mesma linha indicam diferença significativa entre as médias (teste de Tukey, nível de significância de 5%).

Ventilação ciclada à pressão (GP), ventilação ciclada à pressão associada à PEEP (GPP), ventilação mandatória intermitente sincronizada (GM) e ventilação espontânea (GE)

Os valores médios e desvios padrões dos índices sistólicos por segmento epicárdico que apresentaram diferenças estatísticas estão demonstrados na tabela 4. Foram evidenciadas diferenças estatísticas entre os grupos GM e GE com relação à velocidade rotacional segmento 2 ($p < 0,038$), velocidade rotacional segmento 5 ($p < 0,012$), velocidade rotacional segmento 6 ($p < 0,007$), velocidade radial segmento 5 ($p < 0,02$); entre os grupos GE e GPP quando comparados ao GM na variável velocidade radial segmento 2 ($p < 0,004$). Os resultados de análise de variância e teste de Tukey também demonstraram diferença estatística entre os grupos GP e GPP quando comparados na variável strain radial segmento 1 ($p < 0,016$) e, entre os grupos GM e GPP no índice sistólico deslocamento radial segmento 2 ($p < 0,02$). Também não houve diferença estatística no tocante ao tempo de avaliação anestésica.

Tabela 4. Valores médios e desvios padrões dos índices sistólicos por segmento do epicárdio de coelhos dos grupos, ventilação ciclada à pressão (GP), ventilação ciclada à pressão associada à PEEP (GPP), ventilação mandatória intermitente sincronizada (GM) e ventilação espontânea (GE), por *speckle tracking* bidimensional (2D STE).

	GRUPOS				P (ANOVA)
	GM	GP	GE	GPP	
Velocidade rotacional segmento 2 (graus/s)*	14,57 ± 8,85 ^b	19,11 ± 9,55 ^{ab}	21,96 ± 13,42 ^a	15,85 ± 10,51 ^{ab}	0,038
Velocidade rotacional segmento 5 (graus/s)*	9,84 ± 7,73 ^b	16,59 ± 12,01 ^{ab}	20,35 ± 10,58 ^a	16,37 ± 10,46 ^{ab}	0,012
Velocidade rotacional segmento 6 (graus/s)*	9,51 ± 9,14 ^b	14,04 ± 10,01 ^{ab}	18,82 ± 11,82 ^a	14,09 ± 10,68 ^{ab}	0,007
Velocidade radial segmento 2 (cm/s)*	0,28 ± 0,14 ^b	0,40 ± 0,21 ^{ab}	0,46 ± 0,15 ^a	0,51 ± 0,21 ^a	0,004
Velocidade radial segmento 5 (cm/s)*	0,28 ± 0,12 ^b	0,35 ± 0,16 ^{ab}	0,43 ± 0,15 ^a	0,40 ± 0,12 ^{ab}	0,02
Strain segmento 1 (%)	8,07 ± 7,93 ^{ab}	6,32 ± 6,68 ^b	11,62 ± 10,35 ^{ab}	12,28 ± 7,47 ^a	0,016
Deslocamento radial segmento 2 (mm)*	0,13 ± 0,11 ^b	0,22 ± 0,17 ^{ab}	0,26 ± 0,15 ^{ab}	0,29 ± 0,16 ^a	0,04

p: nível de significância pela análise de variância. Significância estatística ($p < 0,05$).

*Letras diferentes em uma mesma linha indicam diferença significativa entre as médias (teste de Tukey, nível de significância de 5%).

DISCUSSÃO

A técnica 2D STE usada para determinar o *strain* radial, como mostrado previamente por Chetboul e colaboradores (2007, 2008) foi também de fácil execução em nosso estudo.

Relativamente às alterações cardiovasculares foi possível verificar que apesar da utilização do propofol e do isoflurano para indução e manutenção anestésica dos coelhos não foi observado diferenças significativas entre os cinco momentos de avaliação do *strain* cardíaco ao longo do experimento. Em contra partida, Muir & Mason (1996) relata que esses fármacos reduzem a pressão arterial sistêmica devido à combinação da depressão miocárdica com a diminuição da resistência vascular sistêmica e queda da frequência cardíaca, além de promoverem depressão respiratória.

Os índices sistólicos globais e segmentares do endocárdio dos coelhos dos grupos GM, GP, GE e GPP se mostraram menos significativo quando comparados com os mesmos índices e grupos na região epicárdica. Este fato pode ser explicado pela disposição das fibras do endocárdio que se apresentam longitudinalmente com um ângulo de cerca de 80 graus em relação à direção circunferencial. O ângulo diminui à medida que se aproxima na parede intermediária, aonde as fibras são orientadas em direção circunferencial e mais ainda obliquamente quando o ângulo fica perto de 60 graus na região epicárdica. Sendo assim, o endocárdio contribui predominantemente para a mecânica longitudinal do VE, enquanto a parede intermediária e o epicárdio para o movimento de rotação (Kocica 2006). E, também pelo estresse que a parede endocárdica é submetida (Zhang et. al. 2011).

Com relação ao índice sistólico segmentar e global estudado entre os distintos grupos de modalidades ventilatórias, observou-se que o grupo ventilação espontânea foi o que apresentou um menor prejuízo na função sistólica quando comparado com os outros três grupos pesquisados. Tal achado pode ser determinado pelo fato da anestesia e ventilação mecânica promover frequentemente complicações pulmonares que levam a hipoxemia e, consequentemente prejuízo na mecânica contrátil do coração (Serpa et. al. 2014).

Nenhuma variável de índice sistólico global e segmentar dos grupos de ventilações estudados apresentou significância quando foram comparados entre os momentos de avaliação anestésica (M0,M1,M2,M3) podendo sugerir que a manutenção dos pacientes por mais tempo sob ventilação controlada não interfere com a mecânica sistólica.

A principal limitação da pesquisa foi o número pequeno de animais por cada grupo de modalidade ventilatória distinta.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nas condições do presente estudo, pode-se concluir que:

- ❖ Nenhuma modalidade ventilatória estudada promoveu disfunção sistólica.
- ❖ O grupo ventilação mandatória intermetente sincronizada (GM) apresentou uma tendência a um comprometimento sistólico do miocárdio quando comparados com os grupos GE, GP e GPP.

REFERÊNCIAS

Barash P. G., Cullen B. F., Stoelting R. K., Cahalan M. K., Stock M. C. Manual de Anestesiologia Clínica. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011, cap. 11, p. 112-126.

Batista P.A.C.S. Estudo comparativo entre as Ventilações Espontânea, Mandatória Intermitente Sincronizada, Pressão de Suporte e Volume Garantido e Suporte Pressórico, em coelhos anestesiados com propofol e induzidos à hipovolemia aguda. 150p. Tese (Doutorado em Cirurgia Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

Boon J. A. Manual of veterinary echocardiography, 2 Ed., Wiley-Blackwell, p. 248, 2011.

Bussadori C. 2009. A new 2D-based method for myocardial velocity strain and strain rate quantification in a normal adult and pediatric population: assessment of reference values. Cardiovascular Ultrasound, London, v.7, n. 8, p. 1-11.

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.* 9:69e81.

Chetboul V, Gouni V, Sampedrano C.C, Tissier R, Serres F, Pouchelon J.L. 2007. Assessment of regional systolic and diastolic myocardial function using tissue Doppler and strain imaging in dogs with dilated cardiomyopathy. *J Vet Intern Med.* 21:719e730.

Chetboul V, Serres F, Gouni V, Tissier R, Pouchelon J.L. 2008. Noninvasive assessment of systolic left ventricular torsion by 2-dimensional speckle tracking imaging in the awake dog: repeatability, reproducibility, and comparison with tissue Doppler imaging variables. *J Vet Intern Med*;22: 342e350.

Gal T.J. Con: low tidal volumes are indicated during one-lung ventilation. *Anesth Analg.* 2006 Aug; 103(2):271-3.

Grichnik K.P. 2004. Advances in the management of one-lung ventilation, em: progress in thoracic anesthesia. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

Kocica M.J, Corno A.F, Carreras-Costa F, et al. 2006. The helical ventricular myocardial band: global, three-dimensional, functional architecture of the ventricular myocardium. *Eur J Cardiothorac Surg* Apr;29(Suppl. 1):S21–40.

Lou Q., Li, W., Efimov, I.R., 2011. Multiparametric optical mapping of the Langendorff-perfused rabbit heart. *J. Vis. Exp.* (55).

Lumb W., Jones W. *Veterinary Anesthesia and Analgesia.* 5 ed. Iowa, EUA: Wiley, 2015, cap. 27, p. 513-558.

Manica J. *Anestesiologia: Princípios e Técnicas.* 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2003, cap. 26, p. 395-418.

McMillan M.W., Whitaker K.R., Hughes D, et al. 2009. Effect of body position on the arterial partial pressures of oxygen and carbon dioxide in spontaneously breathing, conscious dogs in an intensive care unit. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)* 19:564–70.

Moro J. V. Efeitos cardiovasculares e respiratórios da infusão contínua de naloxona tramadol, em coelhos anestesiados com isoflurano e submetidos à hipovolemia aguda. 57p. Tese (Mestrado em Cirurgia veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

Muir W.W., Mason D. Cardiovascular System. In: THURMON, J. C.; TRANQUILLI, W. J.; BENSON, G. J. *Lumb & Jones' veterinary anesthesia*. 3. ed. Philadelphia: Lea & Feabiger, 1996. cap.5, p.62-114.

Rosanski E.A. 2015. Oxygenation and Ventilation. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice, Massachussets*, v. 45, p. 931-940.

Serpa N.A., Hemmes S.N., Barbas C.S., et al. 2014. Incidence of mortality and morbidity related to postoperative lung injury in patients who have undergone abdominal or thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Respir Med*, v.2(12), p. 1007-1015.

Sigg, D.C., 2010. *Cardiac Electrophysiology Methods and Models*. Springer, New York, p. 491.

Wahba RW. 1991. Perioperative functional residual capacity. *Can J Anaesth J Can d'anesthesie*;38(3) p. 384-400.

Zhang Q., Fang F., Liang Y.J., Xie J.M., Wen Y.Y., Yip G.W., Lam Y.Y., Chan J.Y., Fung J.W., Yu C.M. 2011. A novel multi-layer approach of measuring myocardial strain and torsion by 2D speckle tracking imaging in normal subjects and patients with heart diseases. *International Journal of Cardiology* 147, 32–37.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, a ecocardiografia bidimensional *speckle tracking* tem demonstrado ser de grande utilidade no diagnóstico preciso e precoce de cardiopatias. Dessa forma o presente estudo atua de modo a colaborar para o melhor entendimento desta ferramenta e suas variáveis e seu papel na cardiologia dos coelhos, haja vista a importância desta espécie como modelo de experimentação em pesquisas translacionais. Não obstante, buscou-se determinar os valores de referência para os parâmetros de deformação miocárdica por segmento e global nesta espécie. E avaliar via *speckle tracking* coelhos submetidos à anestesia e decúbito lateral prolongado para, correlacionar esses índices sistólicos precoces em quatro diferentes modalidades ventilatórias com objetivo de averiguar se existe interferência na função ventilatória e cardíaca do paciente.