

APLICAÇÕES DA ULTRASSONOGRAFIA DOPPLER NA AVALIAÇÃO REPRODUTIVA DE CÃES

[Applications of Doppler ultrasonography in reproductive evaluation of dogs]

Lúcia Daniel Machado da Silva^{1*}, Mírley Barbosa de Souza¹, Luana Azevedo de Freitas¹, Claudia da Cunha Barbosa¹

¹ Laboratório de Reprodução de Carnívoros – Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias - Faculdade de Veterinária - Universidade Estadual do Ceará. * Autor para correspondência. E-mail: lucia.daniel.machado@hotmail.com

Resumo - A ultrassonografia modo-B tornou-se há muito tempo importante na avaliação do trato reprodutivo normal, bem como no diagnóstico de distúrbios reprodutivos em cães. O surgimento mais recente da ultrassonografia *Doppler* permitiu um acréscimo de ferramentas na avaliação reprodutiva, uma vez que ela permite investigar os padrões de fluxo sanguíneo dos vasos que irrigam as diferentes partes que compõem o trato reprodutivo e para avaliar o fluxo sanguíneo dos vasos materno-fetais, bem como das glândulas mamárias. Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo fazer um apanhado dos trabalhos referentes à ultrassonografia *Doppler* na reprodução canina.

Palavras-Chaves: ultrassom; reprodução; canina.

Abstract - Two-dimensional ultrasound has become very important in assessing normal reproductive tract as well as in the diagnosis of reproductive disorders in dogs. The most recent emergence of Doppler ultrasound allowed an increase in reproductive evaluation tools, since it allows to investigate the patterns of blood flow through the vessels that supply the different parts of the reproductive tract, and to assess blood flow of maternal-fetal vessels as well as the mammary glands. Thus, this study aimed to do a roundup of the papers regarding Doppler ultrasonography in the canine reproduction.

Keywords: ultrasound; reproduction; canine.

INTRODUÇÃO

A ultrassonografia *Doppler* é uma técnica recente na Medicina Veterinária que, aliada à ultrassonografia modo-B, garante uma avaliação hemodinâmica de diferentes vasos que irrigam o trato reprodutivo, bem como os vasos materno-fetais.

Em 1998, foi publicado o primeiro trabalho empregando-se a ultrassonografia *Doppler* na avaliação da próstata canina (Newell et al., 1998) e em 2001, surgiu o primeiro trabalho com ultrassonografia *Doppler* para avaliar os padrões de fluxo sanguíneo fisiológicos do testículo (Günzel-Apel et al., 2001). Quanto à avaliação peniana por ultrassonografia *Doppler* só existe um trabalho até o presente momento (Goericke-Pesch et al., 2013).

No que diz respeito à fêmea canina, o primeiro trabalho com *Doppler* também foi publicado em 1998 (Nautrup, 1998) para avaliar o fluxo nas artérias materno-fetais durante a gestação normal.

A partir de então, trabalhos com ultrassonografia *Doppler* vêm sendo desenvolvidos para investigar o fluxo ovariano em fêmeas cíclicas (Köster et al., 2001; Barbosa et al., 2013b; Bergeron et al., 2013), a fim de se predizer a ovulação (Vermeulen, 2009; Barbosa et al., 2013b; Bergeron et al., 2013), bem como para avaliar a hemodinâmica durante o diestro em fêmeas gestantes e não gestantes (Polisca et al., 2013). Estudos acerca do fluxo sanguíneo uterino são mais escassos, sendo limitados ao período periovulatório (Barbosa et al., 2013b; Freeman et al., 2013) ou para acompanhamento da involução uterina pós-parto (Barbosa et al., 2013a). Outra aplicação da ultrassonografia *Doppler* tem sido na avaliação do fluxo sanguíneo em neoplasias mamárias (Nyman et al., 2006ab; Feliciano et al., 2012).

AValiação DO TRATO REPRODUTIVO MASCULINO

AValiação PROSTÁTICA

A próstata canina apresenta uma propensão relacionada com a idade para desenvolver várias condições patológicas, dentre as quais a mais comum é a hiperplasia prostática benigna com consequente aumento global do volume e peso do órgão. A hiperplasia benigna da próstata é assintomática até que o aumento do volume da glândula determine fenômenos compressivos no trato entérico e urinário, resultando em uma variedade de sintomas como constipação, tenesmo, hérnia perineal, polaquíúria, disúria e hematuria. O diagnóstico presuntivo exige exame clínico e investigações não-invasivas, como radiografia e ultrassonografia. No entanto, devido à falta de características patognomônicas é difícil discernir as diferentes patologias prostáticas pela ultrassonografia (Zelli et al., 2013a).

Nesse sentido, a ultrassonografia *Doppler* tem proporcionado grandes avanços no estudo da perfusão do fluxo sanguíneo prostático e representa um método não-invasivo para monitorar o fluxo sanguíneo local em várias condições fisiológicas ou patológicas (Newell et al., 1998; Günzel-Apel et al., 2001; Forsberg et al., 2002; Russo et al., 2009; Bigliardi & Ferrari, 2011; Vignole et al., 2011; Russo et al., 2012; Freitas et al., 2013; Polisca et al., 2013; Zelli et al. 2013a).

O aporte sanguíneo prostático é suprido pela artéria urogenital que se origina da artéria pudenda interna (um ramo da artéria ilíaca interna) em cada lado do corpo. Da artéria urogenital originam-se diversos ramos prostáticos que entram na glândula prostática em sua superfície dorsolateral. Esses vasos irrigam a cápsula prostática e ramificam-se em artérias parequimais muito pequenas que seguem em direção à uretra e suprem o corpo da próstata (Newell et al., 1998). Por apresentar ramificações para irrigação de diferentes estruturas prostáticas, esta artéria pode ser estudada de acordo com a sua localização em: cranial, capsular, marginal ou lateral; parenquimal e caudal.

A artéria prostática pode ser identificada através da ferramenta *Doppler* em todas as suas localizações, no entanto em graus variáveis de intensidade: evidente nas localizações cranial e caudal, moderada na localização subcapsular e discreta na localização parenquimal (Freitas et al., 2013). Devido sua trama vascular, observou que ocorre uma gradual redução no diâmetro dos vasos, na quantidade total de pixel da cor, no sinal *Doppler* colorido, nas velocidades e nos valores dos índices da artéria prostática à medida que este vaso adentra

a glândula, ou seja, da localização cranial (Günzel-Apel et al., 2001) e caudal (Freitas et al., 2013), lateral ou medial a capsular (Günzel-Apel et al., 2001) e parenquimal (Freitas et al., 2013), dificultando, muitas vezes a identificação das artérias prostáticas ao estudo *Doppler*. No entanto, para contornar essa dificuldade, pode-se fazer uso de agentes de contraste que melhoram a visualização dos vasos prostáticos (Russo et al., 2009; Bigliardi & Ferrari, 2011; Vignoli et al., 2011).

As artérias prostáticas têm forma de onda espectral de padrão bifásico, característico de vaso de alta impedância, ou seja, apresenta um pico sistólico estreito e agudo e um fluxo diastólico baixo nas localizações cranial (Newell et al., 1998; Günzel-Apel et al., 2001; Freitas et al., 2013), marginal ou lateral (Günzel-Apel et al., 2001; Zelli et al., 2013a) e caudal (Freitas et al., 2013). Em cães da raça Boxer também foi identificado um padrão bifásico de alta resistência, nas localizações cranial e caudal. No entanto, na localização caudal foi observado um pico sistólico duplo pela presença de uma incisura acompanhada de um pequeno fluxo diastólico, característica distinta às descritas em outros trabalhos, sugerindo que há diferença entre o padrão vascular de cães de diferentes portes (Freitas et al., 2013). As artérias capsulares e parenquimais apresentam-se como vasos de impedância e velocidades mais baixas (Newell et al., 1998) e padrão monofásico, característicos de vasos que irrigam órgãos parenquimatosos (Freitas et al., 2013).

O emprego do *Doppler* na avaliação da hiperplasia prostática benigna demonstrou um aumento na perfusão sanguínea identificado pelos aumentos das velocidades de pico sistólico e diastólica final (Günzel-Apel et al., 2001), no volume prostático, no número de pixels e nas velocidades nas localizações marginal e capsular sem diferir os valores dos índices em cães acometidos com esta alteração em comparação com cães normais (Zelli et al., 2013a).

A ultrassonografia *Doppler* também já se mostrou um bom instrumento não invasivo no monitoramento do fluxo sanguíneo prostático na avaliação da eficácia de terapias hormonais para o tratamento da hiperplasia prostática, demonstrando um decréscimo no volume prostático, velocidades e número de pixels da imagem após a administração de um implante à base de agonista de GnRH (Polisca et al., 2013).

AVALIAÇÃO TESTICULAR

A avaliação testicular faz parte do exame andrológico. A ultrassonografia modo-B permite avaliar a morfologia, ecotextura, ecogenicidade e volume testiculares. Com o acréscimo da ferramenta *Doppler*, informações acerca da vascularização testicular podem ser obtidas. Nesse sentido, alguns trabalhos foram desenvolvidos para avaliar a vascularização de testículos normais (Günzel-Apel et al., 2001; Gumbsch et al., 2002; Carillo et al., 2012; Freitas et al., 2013; Zelli et al., 2013b; Souza et al., 2014) e em condições patológicas (Günzel-Apel et al., 2001; Volta et al., 2014).

Os testículos e epidídimo são supridos com o sangue da artéria testicular, que se origina da aorta dorsal, ao nível da terceira vértebra lombar. A artéria testicular emerge em região proximal ao polo cranial do testículo, penetrando a região de cordão espermático através do anel inguinal e estende-se ao longo da superfície posterior dos testículos. Então penetra a túnica albugínea, correndo ao longo do testículo pela túnica vascular, em curso relativamente reto, sem ramificações até penetrar na região intratesticular, onde se ramifica em direção ao mediastino (Setchell et al., 2006).

A artéria testicular é facilmente identificada ao *Doppler* colorido e o seu curso foi estudado em três localizações: cordão espermático, na região marginal dos testículos e na região intratesticular, sendo a artéria testicular mais bem visualizada no cordão espermático (Gumbsch et al., 2002; Carillo et al., 2012). O padrão de fluxo da artéria testicular apresenta característica de baixa resistência, o que é típico de artérias de órgãos parenquimatosos, mostrando-se monofásica, com um fluxo diastólico alto (Günzel-Apel et al., 2001; Freitas et al., 2013). Por outro lado, um estudo em cães da raça Beagle mostrou que a artéria testicular localizada no cordão espermático apresentou ondas bifásicas de alta resistência, com índice de resistência e de pulsatilidade maiores que nas outras duas outras localizações (Carillo et al., 2012).

O fluxo da artéria testicular foi também estudado como parâmetro de avaliação da espermatogênese, mostrando-se que o índice de resistência e de pulsatilidade são parâmetros mais eficientes na avaliação subjetiva da espermatogênese, uma vez que os índices estão relacionados à perfusão sanguínea (Zelli et al., 2013b).

Tumores testiculares apresentam um aumento do fluxo de sangue em torno da neoplasia. Os padrões de fluxo sanguíneo da artéria marginal nos casos de tumores testiculares caracterizaram-se por um

aumento significativo da velocidade de pico sistólico, e um aumento discreto da velocidade diastólica final, sem alteração nos demais parâmetros (Günzel-Apel et al., 2001). Em outros casos patológicos, tais como orquite, epididimite e criptorquidismo ocorre também aumento na vascularização detectada pelo *Doppler* colorido, bem como aumento dos índices de resistência e de pulsatilidade (Bumin et al., 2007).

A ultrassonografia contrastada parece ser uma ferramenta útil para a avaliação da perfusão testicular no cão e permite a documentação de lesões testiculares focais, com algumas limitações, devido ao custo do meio de contraste, a necessidade de equipamento de ultrassonografia de boa qualidade e tempo necessário para realizar o exame. No entanto, esta tecnologia pode fornecer uma ferramenta adicional para facilitar a classificação *in vivo* de lesões testiculares. Ao nosso conhecimento, até o presente momento, só houve um estudo que descreveu as características ultrassonográficas de testículos normais e com patologias crônicas usando ultrassonografia contrastada em cães (Volta et al., 2014).

AVALIAÇÃO PENIANA

A ultrassonografia modo-B já foi empregada para identificar estruturas anatômicas fisiológicas do pênis canino (Payan-Carreira & Bessa, 2008) ou para avaliação peniana em caso de priapismo (Lavelly, 2009). Mais recentemente, Goericke-Pesch et al. (2013) demonstraram a utilidade da ultrassonografia modo-B na investigação das estruturas morfológicas e funcionais do pênis canino durante a ereção e pós-tumescência. Por outro lado, os autores relatam que as principais estruturas vasculares foram identificadas acidentalmente e que mesmo o *Doppler* não foi útil para visualizar as estruturas vasculares, especialmente durante a ereção. No entanto, mais estudos são necessários para comprovar o emprego da ultrassonografia e seu valor para diagnóstico de patologias do pênis canino.

AVALIAÇÃO DO TRATO REPRODUTIVO FEMININO

AVALIAÇÃO OVARIANA

A atividade cíclica das cadelas é usualmente monitorada por meio da observação das mudanças características da mucosa vaginal e do epitélio vaginal, além da análise dos parâmetros hormonais. A ultrassonografia modo-B tem sido empregada para avaliar as mudanças estruturais cíclicas do ovário, mas essa técnica não permite avaliar a vascularização ovariana. O ovário está sujeito a

mudanças cíclicas e a concomitante mudança das condições metabólicas é dependente de uma adaptação do suprimento sanguíneo local. No estágio de máxima atividade ovariana, o ovário apresenta-se como o órgão da maior perfusão do corpo. A ultrassonografia *Doppler* permite avaliar a circulação sanguínea dos ovários ao longo do ciclo estral de forma direta, não invasiva e inócua (Köster et al., 2001).

O suprimento sanguíneo dos ovários é feito pelas artérias uterinas e ovarianas, sendo estas últimas mais calibrosas (Johnston et al., 2001). A artéria ovariana é proveniente da artéria aorta e emite ramos uterinos que suprem os cornos uterinos cranialmente, anastomosando-se posteriormente com a artéria uterina (Freitas et al., 2002).

A comparação do fluxo sanguíneo do ovário esquerdo e direito mostrou que eles são similares ao longo do ciclo estral (Köster et al., 2001; Polisca et al., 2013). No entanto, diferenças foram reportadas em alguns dias do ciclo (D-6, D0, D5 e D30), indicando uma fase de desenvolvimento irregular dos ovários em uma mesma cadela (Köster et al., 2001).

As artérias ovarianas e intraovarianas apresentam ondas bifásicas, sendo as ondas das artérias ovarianas caracterizadas por um elevado pico sistólico e um pequeno pico diastólico. Em contrapartida, as ondas das artérias intraovarianas apresentam um pequeno pico sistólico e um pico diastólico plano. No período periovulatório, há um aumento do fluxo sanguíneo após ovulação não sendo identificada diferença no fluxo sanguíneo entre os ovários esquerdo e direito (Barbosa et al., 2013b).

Observa-se ainda uma flutuação no fluxo sanguíneo no período periovulatório identificado pela variação nos índices de resistência e de pulsatilidade dos vasos ovarianos. Considerando-se o dia zero (D0) como o dia da ovulação, o fluxo sanguíneo da artéria ovariana mostrou um aumento no índice de pulsatilidade entre D-3 e D-2, uma redução entre D1 e D2 e depois novo aumento entre D2 e D3. O índice de resistência da artéria ovariana mostrou pequenas mudanças em cada dia avaliado. O índice de pulsatilidade e o índice de resistência da artéria intraovariana foram similares. Eles reduziram do D0 ao D1, aumentaram do D2 ao D3 e reduziram no D4 (Barbosa et al., 2013b).

À medida que a fase folicular avança, o número, a extensão e a intensidade dos pixels coloridos intraovarianos aumentam gradualmente. Esse aumento na densidade de pixels ocorre em torno do pico preovulatório de LH, mas varia entre cadelas.

Na maioria das cadelas, a intensidade máxima de cor foi observada dois dias após o pico preovulatório de LH (o dia estimado da ovulação), e nos dias subsequentes (Vermeulen, 2009). Em um estudo com *Doppler* colorido também foi identificado um aumento da intensidade do fluxo sanguíneo do D-3 ao D4, permitindo-se estimar a ocorrência da ovulação desde que feito um acompanhamento diário (Bergeron et al., 2013).

Foi realizado um estudo para comparar as mudanças hemodinâmicas ovarianas durante o diestro de cadelas gestantes e não gestantes. Por meio do *Doppler* espectral, a forma da onda das artérias intraovarianas mostrou um padrão típico de vaso de baixa resistência, caracterizado por um rápido pico sistólico, seguido por uma redução diastólica lenta com uma velocidade diastólica final relativamente elevada. Em ambos os grupos, a velocidade de pico sistólico e a velocidade diastólica final mostraram uma diminuição gradual com o progresso do diestro, no entanto, os valores da velocidade de pico sistólico e da velocidade diastólica final foram significativamente maiores no grupo de gestantes em relação ao grupo de não gestantes a partir do D31 a D61 e do D49 a D58, respectivamente. O índice de resistência e de pulsatilidade aumentaram durante o diestro e os valores foram significativamente menores no grupo de gestantes do D49 a D61. Por meio do *Doppler* colorido, observou-se que o número de pixels foi significativamente maior no grupo de gestantes do D40 a D61 (Polisca et al., 2013).

AVALIAÇÃO UTERINA

A ultrassonografia *Doppler* vem sendo também empregada para caracterizar a circulação das artérias uterinas em cadelas não gestantes (Alvarez-Clau & Liste, 2005; Barbosa et al., 2013b), gestantes (Freeman et al., 2013), com hiperplasia endometrial (England et al., 2012), apresentando mudanças fisiológicas após a deposição do sêmen (England et al. 2013) e pós-parto (Serin & Tarimcilar, 2011; Barbosa et al., 2013a).

Na cadela, o suprimento sanguíneo do útero é fornecido via artérias ovarianas e uterinas. No entanto, a artéria uterina é a principal artéria para o útero. A artéria uterina provém da artéria vaginal, que é um ramo principal da artéria ilíaca interna. A artéria uterina é variável em tamanho, dependendo do estágio reprodutivo. A artéria penetra no ligamento largo, na altura da cérvix e corre cranialmente relativamente próxima ao corpo do útero, seguindo acompanhando os cornos uterinos. Finalmente, a artéria uterina anastomosa-se com a artéria ovariana (Evans, 1993).

A morfologia das ondas para a artéria uterina apresenta um fluxo de elevada pulsatilidade. Na maioria das cadelas, é observada uma onda sistólica única (Alvarez-Clau & Liste, 2005). Em estudo posterior, foi observado que a artéria uterina apresenta uma onda bifásica com um elevado pico sistólico e um pequeno pico diastólico, sem diferença entre os lados direito e esquerdo (Barbosa et al., 2013b) Antes da ovulação, o índice de resistência aumenta entre D-3 e D-2. O índice de pulsatilidade também aumenta do D-2 a D-1. No dia da ovulação, o índice de resistência é de $0,80 \pm 0,01$ e o índice de pulsatilidade é de $2,23 \pm 0,04$. Em seguida, o índice de pulsatilidade decresce entre D1 e D2 e aumenta entre D2 e D3. Finalmente, ambos os índices reduzem entre D4 e D5 (Barbosa et al., 2013b).

Foi demonstrado que a idade da cadela pode influenciar no padrão *Doppler* das artérias uterinas. Fêmeas com idade mais avançada apresentam redução do fluxo sanguíneo das artérias uterinas comparadas às fêmeas jovens, indicando que embora todas as cadelas fossem normais, ocorre um declínio no desempenho reprodutivo (Freeman et al., 2013).

Estudando-se o padrão de onda das artérias uterinas em cadelas durante o estro e no início da fase luteal, foi identificado que a artéria uterina canina apresenta quatro tipos de ondas: tipo A: Um pico sistólico seguido por ausência da onda diastólica inicial, mas com fluxo diastólico médio e final até a sístole subsequente; tipo B: Um pico sistólico seguido por uma onda diastólica contínua com a sístole, mas com fluxo diastólico final ausente; tipo C: Um pico sistólico seguido por uma onda diastólica contínua com a sístole e estendendo-se ao longo do resto do ciclo cardíaco até a sístole subsequente; tipo D: Um pico sistólico com ausência da onda diastólica precoce e tardia, mas com fluxo presente na diástole média (Freeman et al., 2013).

Houve um aumento do índice de resistência de curta duração, indicando baixa perfusão, que ocorreu durante os três dias antes da ovulação. Esta mudança de perfusão pode ser associada com a retirada dos efeitos diretos do estrógeno sobre o músculo liso vascular, uma vez que esse hormônio induz a vasodilatação (Scott et al., 2007).

O exame das ondas da artéria uterina das cadelas jovens demonstrou que para a maioria havia fluxo contínuo durante a diástole, com apenas duas delas apresentando o fluxo diastólico no início e meio, mas não final, em poucos dias do ciclo. Essas duas formas de onda são consideradas como boa perfusão uterina. Já a ausência de fluxo diastólico

precoce e tardio tem sido associada com má perfusão uterina e redução da fertilidade.

Principalmente as cadelas não-gestantes apresentaram uma ausência de fluxo diastólico precoce e fluxo diastólico precoce e tardio, além disso, essas cadelas tiveram menor velocidade diastólica final e maior índice de resistência. Menor velocidade diastólica, maior índice de resistência e ausência de fluxo na diástole indica má perfusão do leito vascular; presumivelmente nestas cadelas houve redução da capacidade dos vasos capilares para permanecer totalmente patente durante toda a diástole (Freeman et al., 2013).

A velocidade do fluxo da artéria uterina em cadelas normais e acometidas por hiperplasia endometrial foi estudada (England et al., 2012). A ultrassonografia *Doppler* mostrou que em cadelas normais há um aumento significativo da velocidade do fluxo sanguíneo na artéria uterina e um decréscimo do índice de resistência após o acasalamento, indicando uma vasodilatação. O índice de resistência da artéria uterina em cadelas normais antes da cópula foi de $0,56 \pm 0,02$. Decorridos 60 minutos após o acasalamento, houve um aumento significativo da velocidade de pico sistólico e da velocidade diastólica final com consequente redução do índice de resistência para $0,44 \pm 0,02$. O índice de resistência da artéria uterina em cadelas com hiperplasia endometrial ($0,67 \pm 0,02$) foi maior do que em cadelas normais e também decresceu 60 minutos após a cópula ($0,58 \pm 0,02$). Apesar de ter havido também redução do índice de resistência da artéria uterina em cadelas com hiperplasia endometrial, essa redução foi em menor proporção do que em cadelas normais. Um alto índice de resistência indica uma alta resistência ao fluxo através do leito vascular. A redução do índice de resistência após a cópula indica uma resposta vasodilatadora, mas essa redução mostrou-se menor em cadelas com hiperplasia endometrial o que pode ser responsável pela redução da fertilidade (England et al., 2012).

Outra aplicação interessante da ultrassonografia *Doppler* é para avaliar o fluxo sanguíneo do útero pós-parto para acompanhar a involução uterina. Embora o acompanhamento durante o pós-parto seja de grande importância, muito pouco foi estudado em cadelas no que se refere ao *Doppler* nesse período. Há um relato de caso em uma cadela da raça Pastor Alemão em que o fluxo da artéria localizada no sítio uteroplacentário foi avaliado nos dias 1, 4, 7 e 15 pós-parto (Serin & Tarimcilar, 2011). Os autores observaram um rápido aumento dos índices de resistência e de pulsatilidade no quarto dia pós-parto que se mantiveram elevados até o 15º dia pós-parto.

Em trabalho posterior, foi feita a avaliação pós-parto em cadelas que tiveram parto normal e em cadelas submetidas à cesariana. Os índices de resistência e de pulsatilidade das artérias uterinas foram significativamente menores em cadelas que tiveram parto normal do que em cadelas que foram submetidas à cesariana. Em geral, os índices de resistência das artérias uterinas aumentaram apenas na quarta semana pós-parto em ambos os grupos (Barbosa et al., 2013a). A velocidade de pico sistólico e a velocidade diastólica final das artérias uterinas decresceram a partir da 1ª e da 2ª semana pós-parto, respectivamente, nas cadelas que tiveram parto normal, enquanto que nas que foram submetidas à cesariana, as velocidades permaneceram constantes. Esses resultados mostram que o tipo de parto influencia na irrigação sanguínea do útero pós-parto.

AValiação Gestacional

O *Doppler* é utilizado para avaliar os vasos materno-fetais durante a gestação canina normal (Nautrup, 1998; Di Salvo et al., 2006; Miranda & Domingues, 2010; Serin & Tarimcilar, 2011; Barbosa, 2013; Feliciano et al., 2013), bem como para avaliar alterações gestacionais (Blanco et al., 2009, 2011).

As velocidades de pico sistólico e diastólica final das artérias uteroplacentária e umbilicais, bem como da aorta fetal aumentam ao longo da gestação normal. Por outro lado, o índice de resistência e o índice de pulsatilidade decrescem progressivamente nessas artérias. Em pequenos vasos uteroplacentários, a média de valores de índice de resistência foram de 0,63; 0,55 e 0,48 na quarta, sexta e oitava semanas de gestação, respectivamente. A artéria carótida comum fetal foi identificada no terço cranial do pescoço. Esta artéria apresenta um índice de resistência e de pulsatilidade constantes até o parto (Nautrup, 1998).

Experimentalmente, cadelas submetidas a tratamento abortivo apresentaram índice de resistência da artéria uterina após o tratamento ($0,62 \pm 0,1$) significativamente maior do que em cadelas não tratadas ($0,53 \pm 0,1$) (Blanco et al., 2009). O mesmo padrão comportamental (elevação) foi observado quanto ao índice de resistência das artérias uterina, umbilical e renal fetal em estudo comparando cadelas com gestação normal e com ocorrência de aborto espontâneo (Blanco et al., 2011). Esses trabalhos mostram que o índice de resistência deve ser utilizado para monitorar a gestação em cadelas.

A artéria uteroplacentária apresenta onda característica de vaso de baixa resistência, com pico sistólico evidente, seguido de uma onda diastólica lenta com velocidade diastólica final relativamente alta (Nautrup, 1998; Di Salvo et al., 2006). Ocorre redução dos índices de resistência e de pulsatilidade dos vasos maternos e fetais na quarta (Nautrup, 1998) e na quinta semana (Di Salvo et al., 2006) de gestação. A redução da resistência da artéria uteroplacentária indica um aumento da perfusão placentária durante a gestação normal (Nautrup, 1998; Di Salvo et al., 2006).

As artérias umbilical e aorta fetal apresentam morfologia de onda similar, com identificação inicial somente do fluxo sistólico, e presença do fluxo diastólico entre a quinta e a sexta semana de gestação (Nautrup, 1998; Di Salvo et al., 2006; Miranda & Domingues, 2010). Em ambas as artérias, o índice de resistência e o índice de pulsatilidade reduziram na sexta semana (Nautrup, 1998; Di Salvo et al., 2006; Miranda & Domingues, 2010). O surgimento do fluxo diastólico leva à redução do índice de resistência e do índice de pulsatilidade das artérias umbilical e aorta com consequente redução na resistência de fluxo placentário (Blanco et al., 2011).

A morfologia da onda da veia cava caudal fetal na quarta semana não é tão característica, com difícil identificação do componente sistólico e diastólico, uma vez que as câmaras cardíacas ainda estão em fase de estruturação. A partir da quinta semana, com o estabelecimento da organização das câmaras cardíacas, há um pico sistólico evidente, seguido de um pequeno pico diastólico, sendo observado somente na quinta semana a presença do fluxo reverso após a diástole. Verifica-se ainda um aumento do índice de resistência e do índice de pulsatilidade na quinta semana, mantendo-se constantes até a sexta semana, sendo observada uma redução de ambos os índices na sétima semana. A diminuição nos índices de resistência e pulsatilidade da cava ocorre uma semana após a diminuição destes índices na artéria aorta e umbilical, refletindo a diminuição da resistência placentária no decorrer da gestação, bem como um adequado aporte nutricional para os órgãos fetais (Barbosa, 2013).

A artéria cerebral média de fetos caninos foi avaliada na 6ª, 7ª e 8ª semana de gestação e mostrou que a velocidade de pico sistólico e a velocidade diastólica final aumentam gradativamente, enquanto que os índices de resistência e de pulsatilidade decrescem concomitantemente. Esta técnica requer uma avaliação cuidadosa por causa da influência dos movimentos fetais, grau de mineralização do crânio e a possibilidade de repetir

o exame de *Doppler* no mesmo feto. Índices vasculares do cérebro fetal podem ser utilizados para o diagnóstico precoce de hidrocefalia canino e para o prognóstico do tratamento de recém-nascidos (Feliciano et al., 2013).

AVALIAÇÃO MAMÁRIA

A avaliação da glândula mamária através da ultrassonografia *Doppler* é importante, pois a partir dela pode-se avaliar a vascularização normal da glândula e ainda observar os padrões de vascularização nos casos de patologia mamária, em especial no estudo das neoplasias.

Foram realizados dois estudos por uma equipe dinamarquesa com o objetivo de caracterizar os padrões ultrassonográficos de tumores mamários caninos e avaliar se a ultrassonografia poderia ajudar a distinguir entre tumores benignos e malignos.

No primeiro estudo, 132 tumores superficiais de 86 cães foram avaliados pelo modo-B, mapeamento de fluxo em cores e ultrassonografia com *Doppler* espectral. Tamanho, ecogenicidade, definição das bordas do tumor, grau de invasão, transmissão acústica, a presença e a distribuição do fluxo vascular para e dentro do tumor, bem como os índices de perfusão foram medidos. Os tumores foram classificados como lipomas, tumores benignos, tumores mamários atípicos e tumores malignos. Estatística multivariada foi utilizada para determinar quais os parâmetros que podem ser usados para prever o status do tumor. Ecogenicidade do tumor, forma da borda, sombra acústica, o número total de vasos para o tumor e o montante total do fluxo foram os parâmetros que em combinação resultaram no menor erro na classificação (em média, três em cada quatro tumores foram corretamente classificados usando estes parâmetros). Todos os lipomas e tumores mamários atípicos foram classificados corretamente pela ultrassonografia. Os resultados deste estudo mostram que a ultrassonografia tem um papel importante para a avaliação dos tumores superficiais canino, particularmente na avaliação de homogeneidade do tecido e vascularização do tumor (Nyman et al, 2006a).

No segundo estudo, objetivou-se comparar e correlacionar as características ultrassonográficas da ultrassonografia modo-B e o *Doppler* colorido com os achados histológicos de tumores mamários benignos e malignos em cães. Foram estudados 49 tumores mamários oriundos de 26 cães. Antes de excisão, os tumores foram avaliados por meio da ultrassonografia modo-B e com *Doppler* colorido para avaliar o tamanho, ecogenicidade, padrão ecográfico, transmissão acústica, invasão e

vascularização. Para avaliar a vascularização, foram registrados o número e a distribuição dos vasos que foram corados pela técnica de Verhoeff van Gieson. As imagens de ecogenicidade e padrão ecográfico dos tumores correlacionaram-se com a heterogeneidade do tecido detectada histologicamente. Reforço acústico foi correlacionado com a presença de áreas císticas ou de necrose. Invasão do tumor para os tecidos circundantes avaliada pela ultrassonografia não se correlacionou com os achados histológicos. Houve uma correlação significativa entre o número de vasos detectados e distribuição do fluxo dentro dos tumores determinados pela ultrassonografia e pela histologia. Os dados sugerem que a ultrassonografia pode ter um papel importante na avaliação dos tumores mamários em cães, particularmente na avaliação de composição do tecido e da vascularização do tumor (Nyman et al, 2006b).

Feliciano et al. (2012) também compararam os padrões ultrassonográficos de tumores mamários benignos e malignos. Nesse estudo, o exame de ultrassonografia modo-B foi ineficaz para discernir tumores benignos de malignos. Da mesma forma, com o uso de *Doppler* colorido, não foi encontrada correlação entre a presença de vascularização e suas características entre os dois grupos. Ao *Doppler* espectral, a velocidade diastólica final e os índices de resistência e de pulsatilidade não diferiram entre tumores mamários benignos e malignos. No entanto, a velocidade de pico sistólico para tumores malignos ($28,71 \pm 6,83$ cm/s) foi significativamente maior do que para benignos ($19,91 \pm 4,72$ cm/s), indicando que a avaliação com *Doppler* espectral pode ser utilizada para prever a malignidade de tumores mamários em cadelas. Além do mais, as alterações no fluxo sanguíneo tumoral detectado pelo *Doppler* colorido também pode ser um indicador de regressão do tumor. Portanto, o exame *Doppler* pode ser importante para o diagnóstico de neoplasias mamárias em cadelas e também para a avaliação de terapias farmacológicas que visam o fornecimento de sangue para a neoplasia (Feliciano et al., 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após uma visita panorâmica dos principais trabalhos utilizando-se a ultrassonografia *Doppler* que foram realizados para estudar a vascularização sanguínea dos vasos do trato reprodutor e das glândulas mamárias de cães, observa-se que a ferramenta *Doppler* é muito útil para a identificação dos padrões normais de vascularização, bem como para a identificação de desordens reprodutivas. Dessa forma, recomenda-se que o *Doppler* seja incluído no rol de ferramentas empregadas na avaliação reprodutiva de cães com o intuito de

trazer mais informações acerca da irrigação sanguínea do órgãos alvos na reprodução.

REFERÊNCIAS

- Alvarez-Clau A, Liste R. Ultrasonographic characterization of the uterine artery in the nonestrus bitch. *Ultrasound in Medicine and Biology*, v.31, n.12, p.1583-1587, 2005.
- Barbosa CC. *Ultrassonografia em modo-B e Doppler nos períodos periovulatório, gestacional e puerperal em cadelas*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Estadual do Ceará, 93p., 2013.
- Barbosa CC, Souza MB, Freitas LA, Silva TFP, Domingues SFS, Silva LDM. Assessment of uterine involution in bitches using B-mode and Doppler ultrasonography. *Animal Reproduction Science*, v.139, n.1-4, p.121-126, 2013a.
- Barbosa CC, Souza MB, Scalercio SRRA, Silva TFP, Domingues SFS, Silva LDM. Ovarian and uterine periovulatory Doppler ultrasonography in bitches. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.33, n.9, p.1144-1150, 2013b.
- Bergeron LH, Nykamp SG, Brisson BA, Madan P, Gartley CJ. An evaluation of B-mode and color Doppler ultrasonography for detecting periovulatory events in bitch. *Theriogenology*, v.79, p.274-283, 2013.
- Bigliardi E, Ferrari L. Contrast-enhanced ultrasound of the normal canine prostate gland. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, v.52, n.1, p.107-110, 2011.
- Blanco PG, Arias D, Rube A, Barrena JP, Corrada Y, Gobello C. An experimental model to study resistance index and systolic/diastolic ratio of uterine arteries in adverse canine pregnancy outcome. *Journal of Ultrasound Medicine*, v.27, p.1745-1750, 2008. *Reproduction in Domestic Animals*, v.44 (supl.2), p.164-166, 2009.
- Blanco PG, Rodríguez R, Rube A, Arias DO, Tórtora M, Díaz JD, Gobello C. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal blood flow in abnormal canine pregnancy. *Animal Reproduction Science*, v.126, p.130-135, 2011.
- Bumin M, Kaya Ü, Kaya M, Kib A, Alkan Z. Gray-scale, colour and power Doppler sonography of scrotal disorders in dogs. *Revue de Médecine Vétérinaire*, v.158, n.3, p.128-133, 2007.
- Carillo JD, Soler M, Lucas X, Agut A. Colour and pulsed Doppler ultrasonographic study of the canine testis. *Reproduction in Domestic Animals*, v.47, p.655-659, 2012.
- Di Salvo P, Bocci F, Zelli R, Polisca A. Doppler evaluation of maternal and fetal vessels during normal gestation in the bitch. *Research in Veterinary Science*, v.81, p.382-388, 2006.
- England GCW, Moxon R, Freeman SL. Delayed uterine fluid clearance and reduced uterine perfusion in bitches with endometrial hyperplasia and clinical management with postmating antibiotic. *Theriogenology*, v.78, n.7, 15, p.1611-1617, 2012.
- England GCW, Russo M, Freeman SL. The bitch uterine response to semen deposition and its modification by male accessory gland secretions. *The Veterinary Journal*, v.195, p.179-184, 2013.
- Evans HE. Miller's anatomy of the dog. In: Evans HE. The urogenital system. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders Co., 540p, 1993.
- Feliciano MAR, Vicente WRR, Silva MA. Conventional and Doppler ultrasound for the differentiation of benign and malignant canine mammary tumours. *Journal of Small Animal Practice*, v.53, n.6, p.332-337, 2012.
- Feliciano MAR, Nepomuceno AC, Crivalero RM, Oliveira MEF, Coutinho LN, Vicente WRR. Foetal echoencephalography and Doppler ultrasonography of the middle cerebral artery in canine foetuses. *Journal of Small Animal Practice*, v.54, p.149-152, 2013.
- Forsberg F, Johnson DK, Merton DA, Liu JB, Losco PE, Hagen EK, Goldberg BB. Contrast-enhanced transrectal ultrasonography of a novel canine prostate cancer model. *Journal of Ultrasound Medicine*, v.21, p.1003-1013, 2002.
- Freeman SL, Russo M, England GCW. Uterine artery blood flow characteristics assessed during oestrus and the early luteal phase of pregnant and non-pregnant bitches. *The Veterinary Journal*, v.197, p.205-210, 2013.
- Freitas LS, Pinto JN, Silva HVR, Uchoa DC, Mota Filho AC, Silva LDM. Doppler e ecobiometria prostática e testicular em cães da raça Boxer. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.41, n.1121, p.1-8, 2013.
- Freitas PMC, Santos ALQ, Ferreira FA, Mota FCD. Comportamento das artérias extramurais do útero de cães sem raça definida (*Canis familiaris* – Linnaeus, 1758). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.39, n.2, p.81-86, 2002.
- Goericke-Pesch S, Hölscher C, Failing K, Wehrend A. Functional anatomy and ultrasound examination of the canine penis. *Theriogenology*, v.80, p.24-33, 2013.
- Gumbusch P, Holzmann A, Gabler C. Colour-coded duplex sonography of the testes os dogs. *Veterinary Record*, v.151, p.140-144, 2002.
- Günzel-Apel AR, Mohrke C, Poulsen Nautrup C. Colour-coded and pulsed Doppler sonography of the canine testis, epididymis and prostate gland: physiological and pathological findings. *Reproduction in Domestic Animals*, v.36, p.236-240, 2001.
- Johnston SD, Kustritz MVR, Olson PNS. *Canine and Feline Theriogenology*. Philadelphia: W.B. Saunders, 592p., 2001.
- Köster K, Poulsen Nautrup C, Günzel-Apel ARA. Doppler ultrasonographic study of cyclic changes of ovarian perfusion in the Beagle bitch. *Reproduction*, v.122, p.453-461, 2001.
- Lavelly JA. Priapism in dogs. *Top Companion Anim Med*, v.24, p.49-54, 2009.
- Miranda SA, Domingues SFS. Conceptus ecobiometry and triplex Doppler ultrasonography of uterine and umbilical arteries for assessment of fetal viability in dog. *Theriogenology*, v.74, p.608-617, 2010.
- Nautrup CP. Doppler ultrasonography of canine maternal and fetal arteries during normal gestation. *Journal of Reproduction Fertility*, v.112, p.301-314, 1998.
- Newell SM, Neuwirth L, Ginn PE, Roberts GD, Prime LS, Harrison JM. Doppler ultrasound of the prostate in normal dogs and in dogs with chronic lymphocytic lymphoplasmocytic prostatitis. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, v.39, n.4, p.332-336, 1998.

- Nyman HT, Kristensen AT, Lee MH, Martinussen T, McEvoy FJ. Characterization of canine superficial tumors using gray-scale B mode, color flow mapping, and spectral doppler ultrasonography-a multivariate study. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, v.47, n.2, p.192-198, 2006a.
- Nyman HT, Nielsen OL, McEvoy FJ, Lee MH, Martinussen T, Hellmén E, Kristensen A.T. Comparison of B-mode and Doppler ultrasonographic findings with histologic features of benign and malignant mammary tumors in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, v.67, p.985-991, 2006b.
- Payan-Carreira R, Bessa AC. Application of B-mode ultrasonography in the assessment of the dog penis. *Animal Reproduction Science*, v.106, p.174-180, 2008.
- Polisca A, Orlandi R, Troisi A, Brecchia G, Zerani M, Boiti C, Zelli R. Clinical efficacy of the GnRH agonist (Deslorelin) in dogs affected by Benign Prostatic Hyperplasia and evaluation of prostatic blood flow by Doppler ultrasound. *Reproduction in Domestic Animals*, v.48, n.4, p.673-680, 2013.
- Russo M, Vignoli M, Catone G, Rossi F, Attanasi G, England GCW. Prostatic perfusion in the dog using contrast-enhanced Doppler ultrasound. *Reproduction Domestic Animal*, v.44, n.2, p.334-335, 2009.
- Russo M, Vignoli M, England GCW. Prostatic perfusion in the dog using contrast-enhanced Doppler ultrasound. *Reproduction Domestic Animal*, v.47 (supl.6), p.238-242, 2012.
- Scott PA, Tremblay A, Brochu M, St-Louis J. Vasorelaxant action of 17 beta-estradiol in rat uterine arteries: Role of nitric oxide synthases and estrogen receptors. *American Journal of Physiology Heart Circulation Physiology*, v.293, p.3713-3719, 2007.
- Serin G, Tarimcilar T. Obstetric Doppler ultrasound findings in a german shepherd bitch at pregnancy and puerperium. *Macedonian Journal of Animal Science*, v.1, n.1, p.239-244, 2011.
- Setchell BP, Breed WG. *Anatomy, vaculature and innervations of the male reproduction tract*. In: Neill JD. Knobil's and Neill's physiology of reproduction. Elsevier, 3rd edition, chapter 17, p 771-825, 2006.
- Souza MB, Barbosa CC, Pereira BS, Monteiro CLB, Pinto JN, Linhares JCS, Silva LDM. Doppler velocimetric parameters of the testicular artery in healthy dogs. *Research in Veterinary Science*, 2014, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2014.03.008>.
- Vermeulen MAE. *Ovarian color-Doppler ultrasonography to predict ovulation in the bitch*. 2009. Disponível em [<http://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/35523/Verslag%20Marrit%20Vermeulen.pdf?sequence=1>]. Acesso em 10 de junho de 2010.
- Vignoli M, Russo M, Catone G, Rossi F, Attanasi G, Terragni R, Saunders JH, England GCW. Assessment of vascular perfusion kinetics using contrast-enhanced ultrasound for the diagnosis of prostatic disease in dogs. *Reproduction in Domestic Animals*, v.46, n.2, p.209-213, 2011.
- Volta A, Manfredi S, Vignoli M, Russo M, England G, Rossi F, Bigliardi E, Di Ianni F, Parmigiani E, Bresciani C, Gnudi G. Use of contrast-enhanced ultrasonography in chronic pathologic canine testes. *Reproduction in Domestic Animals*, v.49, n.2, p.202-209, 2014.
- Zelli R, Orlandi R, Troisi A, Cardinali L, Polisca A. Power and pulsed Doppler evaluation of prostatic artery blood flow in normal and benign prostatic hyperplasia-affected dogs. *Reproduction in Domestic Animals*, v.48, n.5, p.768-773, 2013a.
- Zelli R, Troisi A, Elad Ngonput A, Cardinali L, Polisca A. Evaluation of testicular artery blood flow by Doppler ultrasonography as a predictor of spermatogenesis in the dog. *Research in Veterinary Science*, v.95, n.2, p.632-637, 2013b.