



Avaliação ultrassonográfica Doppler pré e pós-cobertura do trato reprodutivo de éguas *Doppler ultrasonography pre and post-breeding evaluation of the reproductive tract in mares*

J.C. Ferreira

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Botucatu, SP, Brasil.
Correspondência: jaircfvet@yahoo.com.br

Resumo

Em éguas, o exame ultrassonográfico nos períodos pré e pós-cobertura é essencial para a obtenção de bons índices reprodutivos. Atualmente, além das características morfoecogênicas obtidas por imagens no modo-B, é possível avaliar mudanças na hemodinâmica uterina e ovariana durante todo o ciclo estral e ao longo da gestação por meio da ultrassonografia colorida Doppler. Um aumento progressivo da vascularidade a partir da divergência ocorre somente em futuros folículos ovulatórios, enquanto folículos anovulatórios possuem baixa vascularidade independentemente de suas dimensões. Folículos hemorrágicos anovulatórios maduros apresentam perfusão sanguínea semelhante à de corpos lúteos (CLs) funcionais e indicam o momento ideal para o tratamento com agentes luteolíticos. A íntima relação entre a função secretora do CL e a perfusão sanguínea luteal durante o diestro e a gestação pode auxiliar na seleção de receptoras de embriões e no monitoramento gestacional. Um aumento transitório e de baixa intensidade na vascularidade uterina é observado após a infusão de sêmen. Alterações na perfusão sanguínea do útero em associação com a localização da vesícula embrionária indicam a interação embrio-maternal. Características distintas da irrigação sanguínea testicular e ovariana durante o desenvolvimento do concepto possibilitam a realização da sexagem fetal.

Palavras-chave: corpo lúteo, folículo, gestação, perfusão sanguínea, útero.

Abstract

In mares, ultrasonography exam during pre and post-breeding phases is essential to obtain satisfactory reproductive indices. Today, besides morphoecogenic characteristics obtained by B-mode images, it is possible to evaluate uterine and ovarian hemodynamic changes during the estrus cycle and pregnancy based on Doppler ultrasonography findings. A progressive increase on vascularity from deviation occurs only in future ovulatory follicles, while anovulatory follicles have low vascular perfusion independent of their dimension. Vascular perfusion of a mature hemorrhagic anovulatory follicle is similar to the observed in a functional corpus luteum (CL) indicating the correct moment for treatment with luteolytic agents. The positive relationship between luteal vascularity and secretory function of the CL during the diestrus and pregnancy is helpful for embryo recipient selection and monitoring of gestation. A transitory and discrete increase on uterine vascular perfusion is detected after infusion of semen. Changes on vascular perfusion of the uterus occur according to the location of the embryonic vesicle showing the embryo-maternal interaction. Distinct vascularity of testicles and ovaries during conceptus development allows the sex gender determination of the equine fetus.

Keywords: corpus luteum, follicle, pregnancy, uterus, vascular perfusion.

Introdução

Atualmente, o Brasil é considerado um dos principais importadores e exportadores mundiais de equinos (Lima, 2010), além de ser uma das principais referências na reprodução assistida de éguas. Entre as biotécnicas, a ultrassonografia Doppler demonstrou ser uma alternativa efetiva e prática para avaliação não invasiva e em tempo real da perfusão sanguínea do trato reprodutivo de animais de grande porte. Em éguas, o exame Doppler é a única técnica atualmente disponível para o estudo *in vivo* de alterações imediatas da perfusão vascular uterina e ovariana. Essas informações podem ser utilizadas para a avaliação de diferentes fenômenos fisiológicos e patológicos do sistema reprodutivo, como, por exemplo o potencial ovulatório de folículos, a função secretora do corpo lúteo (CL), o reconhecimento maternal da gestação, a viabilidade embrionária e a sexagem fetal.

Esta revisão de literatura tem por objetivo descrever possíveis aplicações práticas da ultrassonografia colorida Doppler na avaliação do trato reprodutivo de éguas gestantes e não gestantes.

Avaliação ultrassonográfica Doppler pré-cobertura

Início da atividade reprodutiva e predição da ovulação

Usualmente, o acompanhamento do desenvolvimento folicular em éguas é feito por meio da ultrassonografia convencional, levando-se em consideração alterações morfoecogênicas, como descrito

anteriormente por Pierson e Ginther (1985) e Gastal et al. (1998). A tecnologia Doppler oferece uma nova alternativa para a avaliação do desenvolvimento e potencial ovulatório de folículos dominantes (Ferreira e Meira, 2011). Isto porque mudanças na hemodinâmica ovariana podem ser detectadas durante todo o desenvolvimento folicular e estão relacionadas com o remodelamento do tecido ovariano e do sistema vascular responsável por sua irrigação (Ginther, 2007).

Em éguas, o período de transição de primavera, que antecede o início da atividade reprodutiva, é caracterizado pelo desenvolvimento de ondas foliculares maiores anovulatórias. Durante essa fase, folículos dominantes anovulatórios apresentam taxa de crescimento e dimensões semelhantes ao observado durante a estação reprodutiva. Entretanto, um aumento progressivo da vascularidade a partir da divergência ocorre somente em futuros folículos ovulatórios, enquanto folículos anovulatórios possuem baixa vascularidade independentemente de seu diâmetro (Fig. 1; Acosta et al., 2004).

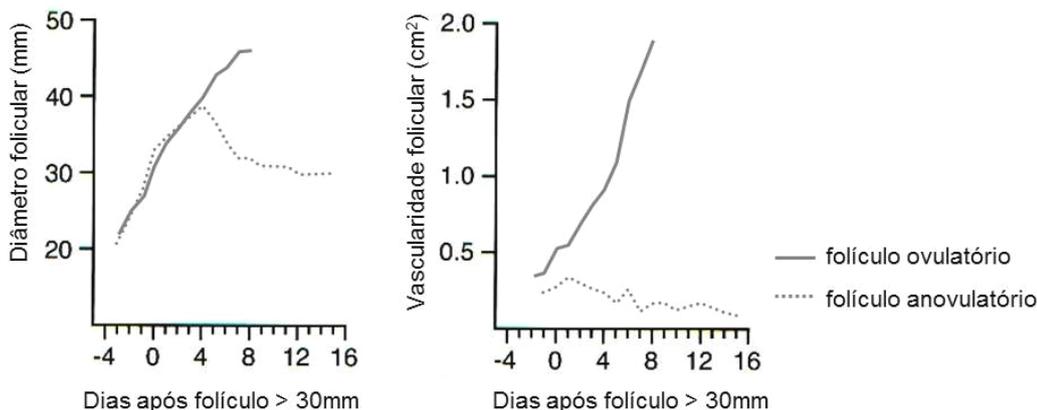


Figura 1. Taxa de crescimento e perfusão sanguínea de folículos dominantes ovulatórios e anovulatórios em éguas. Um aumento progressivo na vascularidade é detectado somente em futuros folículos ovulatórios. Folículos dominantes anovulatórios apresentam baixa perfusão sanguínea independentemente de seu diâmetro. Fonte: Adaptado de Acosta et al. (2004).

Todavia, folículos pré-ovulatórios podem apresentar baixa perfusão sanguínea mesmo durante a estação reprodutiva. Silva et al. (2006) relataram uma relação entre vascularidade elevada de folículos pré-ovulatórios com maiores taxas de prenhez. Sabe-se que, em éguas, tanto folículos pré-ovulatórios com alta vascularidade quanto folículos com baixa vascularidade originam CLs funcionais e semelhantes (Romano et al., 2012). Logo, pode-se concluir que a irrigação do futuro folículo ovulatório não está relacionada com a posterior função secretora do CL e, desta forma, os motivos pelos quais éguas com folículos pré-ovulatórios com baixa irrigação sanguínea apresentam menores taxas de prenhez ainda são incertos.

Ao se realizar uma inseminação artificial com sêmen congelado, preconiza-se que a infusão de sêmen seja realizada o mais próximo possível do momento da liberação do oócito. Logo, a determinação da iminência da ovulação é uma ferramenta importante para a obtenção de resultados satisfatórios (Samper et al., 2007). De acordo com Gastal et al. (2006), a vascularidade folicular em éguas é máxima 24 horas antes da ovulação espontânea ou induzida com hCG, e uma diminuição abrupta da perfusão sanguínea folicular ocorre durante as quatro últimas horas que antecedem a ovulação. Entretanto, resultados parciais de estudos em andamento em laboratório indicam que a vascularidade do folículo dominante mantém-se constante durante as últimas horas pré-ovulatórias (Boakari, 2012, Unesp Botucatu, informação pessoal; Romano, 2012, Unesp Botucatu, informação pessoal). Desta forma, informações quanto à hemodinâmica do futuro folículo ovulatório precisam ser esclarecidas para determinar se a ultrassonografia Doppler é ou não uma ferramenta útil para a predição da iminência da ovulação em éguas.

Diagnóstico e tratamento de folículos hemorrágicos anovulatórios

Folículos hemorrágicos anovulatórios (FHAs) são oriundos da falha na ovulação, seguida pela formação de um hematoma no antro folicular (Ginther e Pierson, 1984). Aparentemente, a incidência de FHAs é maior durante os meses de intensa atividade ovariana e em éguas tratadas com hormônios indutores de estro e ovulação (Cuervo-Arango e Newcombe, 2010), prática esta comum entre médicos veterinários de campo. Por ser uma importante causa de subfertilidade na espécie equina, FHAs devem ser diagnosticados precocemente, a fim de se evitarem gastos desnecessários com tratamentos hormonais e transporte de sêmen ao longo da estação de monta (Ferreira e Meira, 2011). Entretanto, a decorrência natural desse distúrbio é de difícil predição.

De acordo com Ginther et al. (2006), FHAs possuem proeminente vascularização ao longo de toda sua

circunferência durante os dias que antecedem sua formação (Fig. 2). Todavia, futuros folículos ovulatórios também podem apresentar elevada vascularidade na iminência da ovulação (Acosta et al., 2004), o que dificulta a diferenciação entre ambos por meio da avaliação Doppler. Desta forma, a ultrassonografia convencional continua sendo a melhor alternativa para o diagnóstico precoce de FHAs, baseando-se no aumento exorbitante em sua taxa de crescimento diário associado à presença de grande quantidade de pontos ecogênicos dispersos no antro folicular.

Por outro lado, a tecnologia Doppler auxilia na determinação do melhor momento para o tratamento de FHAs. Hormônios com ação indutora do estro ou ovulação apresentam baixa eficácia no tratamento de folículos hemorrágicos recém-formados. No entanto, FHAs tendem a se reorganizar e, desse modo, originam estruturas semelhantes ao CL maduro (Fig. 2). FHAs com características morfoecogênicas e vasculares semelhantes às de CLs funcionais são responsivas a tratamentos com agentes luteolíticos.

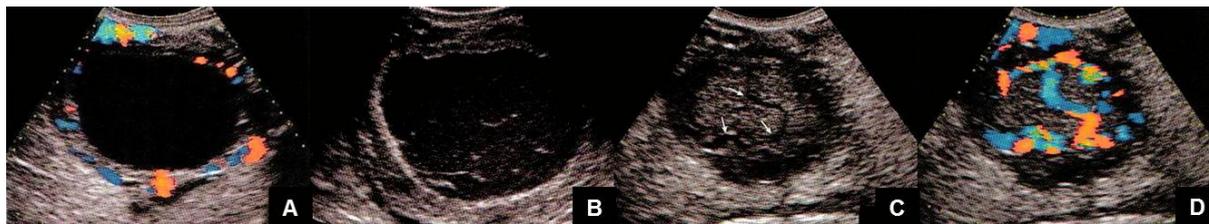


Figura 2. Sonogramas modo-B (B e C) e Doppler (A e D) de folículo hemorrágico anovulatório (FHA) em diferentes fases de desenvolvimento. (A) Perfusão sanguínea proeminente na parede folicular um dia antes da formação de FHA. (B) FHA recém-formado com diâmetro exorbitante e com presença de trabeculações e pontos ecogênicos no antro folicular. (C e D) FHA maduro com características morfoecogênicas e Doppler semelhantes às de um corpo lúteo funcional e responsivo à ação de agente luteolítico.

Fonte: Adaptado de Ginther (2007).

Avaliação ultrassonográfica Doppler pós-cobertura

Status funcional do CL

A ultrassonografia Doppler é a única técnica atualmente disponível por meio da qual é possível realizar estudos *in vivo* e de forma não invasiva sobre a hemodinâmica do sistema reprodutivo concomitante com o acompanhamento do desenvolvimento, da manutenção e da regressão do CL. Uma íntima relação entre a perfusão sanguínea luteal e a função secretora do CL equino foi recentemente descrita por Ginther et al. (2007a, b, 2008). Um aumento simultâneo na vascularidade luteal e na concentração plasmática de P4 é observado entre D1 e D6, enquanto a luteólise funcional é acompanhada por uma diminuição progressiva na perfusão sanguínea do CL (Fig. 3; Ginther et al., 2007b, 2008). Desta forma, a tecnologia Doppler pode ser utilizada na avaliação do *status* funcional do CL, informação importante para a seleção de receptoras no momento da inovulação e, posteriormente, no monitoramento gestacional.

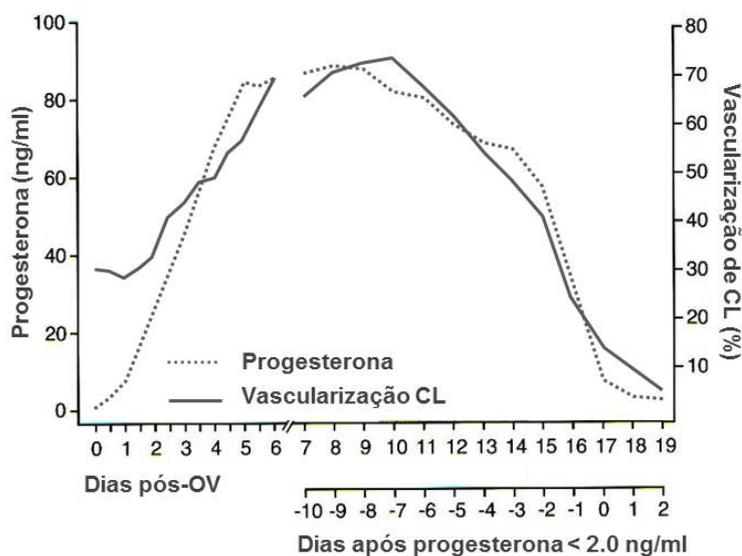


Figura 3. Perfusão sanguínea do corpo lúteo (CL) e concentração plasmática de progesterona ao longo do ciclo estral de éguas. Uma correlação positiva entre a vascularidade luteal e o *status* funcional do CL é observado.

Fonte: Adaptado de Ginther (2007b).

De acordo com Ginther et al. (2007a), éguas com CLs maduros apresentam uma diminuição progressiva na concentração plasmática de P4 e na perfusão sanguínea do CL a partir de, respectivamente, 40 min e 24 h pós-tratamento com PGF2 α . Conseqüentemente, a presença e a intensidade de sinais Doppler sobre o tecido luteal podem ser utilizadas para detectar refratariedade a tratamentos indutores do estro em éguas.

Ambiente uterino pós-cobertura

Em éguas, um aumento no fluxo sanguíneo do útero é observado durante as duas primeiras e a oitava horas pós-IA, o que possivelmente está relacionado com o transporte espermático e o processo de limpeza uterina (Ferreira et al., 2012). Além da motilidade espermática, contrações miométriais são imprescindíveis para o transporte dos espermatozoides até o sítio de fertilização durante as primeiras horas pós-infusão de sêmen (Troedsson et al., 1998). Além disso, logo após a cobertura ocorre o estabelecimento de um processo inflamatório fisiológico e transitório que tem como objetivo eliminar do trato reprodutivo o excedente de sêmen, debris celulares e possíveis agentes contaminantes (Troedsson, 1999). Acredita-se que essas variações na hemodinâmica uterina devam-se à interação espermatozoide-endométrio e à ação de fatores inflamatórios ou componentes vasodilatadores presentes no plasma seminal.

A ultrassonografia Doppler pode ser utilizada no diagnóstico auxiliar de endometrites persistentes pós-cobertura. Assim como partir da nona hora pós-IA (Ferreira et al., 2012), a perfusão sanguínea do útero gestante de éguas é baixa e constante entre D0 e D2 (Silva et al., 2005; Ferreira et al., 2010). Logo, um fluxo sanguíneo uterino elevado durante esses períodos pode indicar o estabelecimento de um processo inflamatório patológico e crônico. Entretanto, estudos a respeito se fazem necessários.

Diagnóstico e monitoramento gestacional

Por meio do exame ultrassonográfico modo-B, a vesícula embrionária é visualizada pela primeira vez no lúmen uterino em D11 em 89% das éguas gestantes como uma estrutura anecócia, esférica e com diâmetro aproximado de 4,8 mm (Ginther, 1983b). Desta forma e por convenção, o diagnóstico da gestação em rebanhos comerciais equinos é realizado usualmente entre os dias 12 e 15 pós-ovulação. Com a recente evolução na qualidade da imagem ultrassonográfica de equipamentos Doppler, é possível realizar o diagnóstico da gestação entre D8 e D9, quando a vesícula embrionária possui dimensões inferiores a 3,0 mm. Além disso, essa riqueza de detalhes do modo-B pode auxiliar no diagnóstico precoce de gestações gemelares, nas quais exista uma sobreposição das vesículas embrionárias.

Estudos recentes descreveram a relação entre a presença e a localização da vesícula embrionária com a hemodinâmica do útero gravídico na espécie equina (Silva e Ginther, 2006; Silva et al., 2005; Ferreira et al., 2010), o que possui potencial aplicação no diagnóstico de disfunções vasculares uterinas que possam comprometer a interação conceito-maternal e o normal desenvolvimento embrionário/fetal.

Em éguas gestantes, um aumento progressivo na perfusão sanguínea é detectado em ambos os cornos uterinos a partir de D11 (Ferreira et al., 2010), sendo que um pronunciado aumento na vascularidade é observado no corno que contém a vesícula embrionária quando comparado ao corno contralateral (Silva et al., 2005). Além disso, esse aumento é ainda mais acentuado no tecido endometrial, que está em contato direto com a vesícula embrionária em relação a segmentos adjacentes (Fig. 4; Silva et al., 2005). Soma-se a isso o fato de que, resultados parciais de estudo recente (Ferreira et al., 2012) sugerem um efeito negativo da idade sobre a hemodinâmica uterina durante a fase inicial da gestação, já que um aumento progressivo da vascularidade uterina não foi observado em éguas gestantes velhas quando comparadas a éguas jovens (≥ 15 anos e < 6 anos, respectivamente).

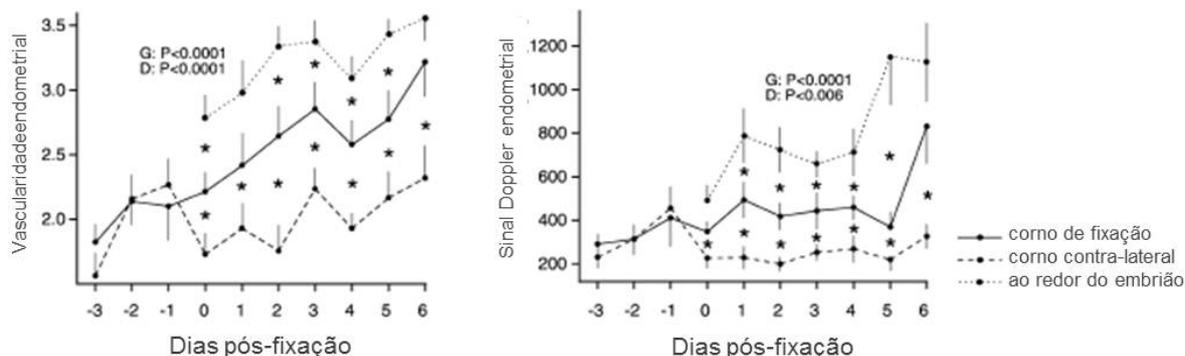


Figura 4. Vascularidade endometrial e número de sinais Doppler endometriais de éguas gestantes de acordo com o dia de fixação da vesícula embrionária. Mudanças transitórias na perfusão sanguínea endometrial ocorrem de acordo com a localização do conceito.

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2005).

De acordo com Silva e Ginther (2006), a futura posição do embrião propriamente dito é indicada por um discreto sinal Doppler presente no endométrio a partir da fixação do conceito (Fig. 5). Devido ao fenômeno denominado orientação, espera-se que o embrião propriamente dito seja visualizado pela primeira vez na porção ventral da vesícula embrionária (Ginther, 1983a). A presença desse discreto sinal Doppler na porção dorsal do endométrio logo após a fixação pode ser um indicativo de desorientação embrionária, que, por sua vez, predispõe ao desenvolvimento anormal do cordão umbilical e a uma possível descontinuidade da gestação (Wilsher et al., 2009).

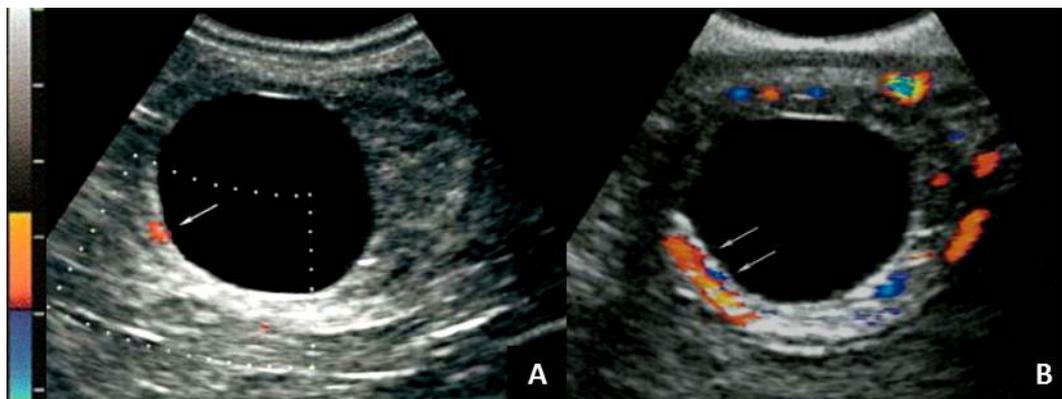


Figura 5. Exame ultrassonográfico Doppler de úteros grávidos e vesículas embrionárias de éguas. A futura posição do embrião propriamente dito é indicada pela presença de sinais coloridos Doppler na porção ventral do endométrio logo após a fixação embrionária (A e B).

Fonte: Adaptado de Silva e Ginther (2006).

Finalmente, a frequência cardíaca embrionária pode ser facilmente mensurada de forma precoce, por meio da ultrassonografia Doppler, mediante a visualização de sinais coloridos pulsados de forma rítmica sobre o embrião propriamente dito (Fig. 6). De acordo com Silva e Ginther (2006), batimentos cardíacos embrionários podem ser detectados entre os dias 17 e 20 pós-ovulação, ou seja, dois dias antes do previamente descrito por Ginther (1995).

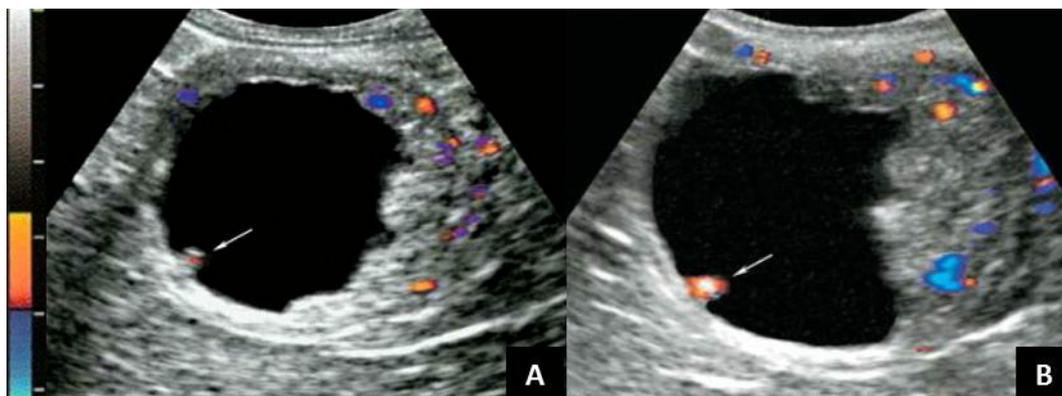


Figura 6. Sonogramas Doppler de vesículas embrionárias de éguas. Embrião propriamente dito é representado por um ponto ecogênico na porção ventral da vesícula embrionária (A e B). A atividade cardíaca pode ser avaliada por meio da ultrassonografia Doppler, levando-se em consideração a presença de sinais coloridos Doppler pulsáteis sobre o embrião propriamente dito.

Fonte: Adaptado de Silva e Ginther (2006).

Sexagem fetal

A sexagem fetal em éguas por meio da ultrassonografia convencional pode ser realizada pela identificação do tubérculo genital (Curran e Ginther, 1991) ou pela diferenciação anatômica das gônadas e genitália externa do conceito (Bucca, 2005). O primeiro método é recomendado para estágios iniciais de desenvolvimento fetal, já o segundo é utilizado em gestações intermediárias a avançadas (a partir de D58 e entre D120 e D210, respectivamente). Ambas as técnicas apresentam elevado grau de precisão. Entretanto, Curran e



Ginther (1991) relatam uma inadequada visualização do tubérculo genital a partir de 64° dia de gestação.

De acordo com Resende et al. (2012), a ultrassonografia Doppler pode auxiliar na determinação do sexo fetal por permitir a visualização da perfusão sanguínea tecidual de testículos e ovários. Em machos, sinais coloridos Doppler são visualizados na região do plexo pampiniforme e na veia testicular, enquanto uma exacerbada perfusão sanguínea é detectada entre as regiões cortical e medular de gônadas fetais do sexo feminino. Conforme relatado pelos autores, esse método de avaliação apresentou uma acurácia de 100% na determinação do sexo fetal em 120 éguas gestantes entre D100 e D160. Desta forma, informações quanto à vascularidade tecidual associadas à maior riqueza de detalhes anatômicos oferecida por equipamentos Doppler modernos propiciam uma precisão maior no diagnóstico do sexo fetal em éguas.

Conclusão

A ultrassonografia colorida Doppler tem demonstrado ser uma eficiente alternativa para a avaliação do trato reprodutivo de éguas. Por meio dessa nova tecnologia, conceitos antes considerados definitivos quanto à fisiologia da reprodução equina estão sendo reavaliados e empregados a campo. Desta forma, a ultrassonografia Doppler tem apresentado um amplo potencial de uso na reprodução assistida de equinos no intuito de otimizar o emprego de matrizes, éguas doadoras e receptoras de embrião.

Referências

- Acosta TJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA, Ginther OJ.** Differential blood flow changes between the future dominant and subordinate follicles precede diameter changes during follicle selection in mares. *Biol Reprod*, v.71, p.502-507, 2004.
- Bucca S.** Equine fetal gender determination from mid- to advanced-gestation by ultrasound. *Theriogenology*, v.64, p.568-571, 2005.
- Cuervo-Arango J, Newcombe JR.** Risk factors for the development of haemorrhagic anovulatory follicles in the mare. *Reprod Domest Anim*. v.45, p.473-80, 2010.
- Curran S, Ginther OJ.** Ultrasonic determination of fetal gender in horses and cattle under farm conditions. *Theriogenology*, v.36, p.809-814, 1991.
- Ferreira JC.** Influência das alterações degenerativas endometriais e da idade na hemodinâmica do trato reprodutivo de éguas após a inseminação artificial e durante as fases iniciais do desenvolvimento embrionário. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista Julho de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2012.
- Ferreira JC, Ignácio FS, Meira C.** Uterine vascular perfusion and spectral-Doppler measurements during early gestation in mares: new concepts of evaluation. *Anim Reprod Sci*, v.121, p.281-283, 2010.
- Ferreira JC, Meira C.** 2011. Potential use of doppler ultrasound in equine embryo transfer programs. *Ciênc Rural*, v.41, p.1063-1069, 2011.
- Gastal EL, Gastal MO, Ginther OJ.** Relationships of changes in B-mode echotexture and colour-Doppler signals in the wall of the preovulatory follicle to changes in systemic oestradiol concentrations and the effects of human chorionic gonadotrophin in mares. *Reproduction*, v.131, p.699-709, 2006.
- Gastal EL, Gastal MO, Ginther OJ.** The suitability of echotexture characteristics of the follicular wall for identifying the optimal breeding day in mares. *Theriogenology*, v.50, p.1025-1038, 1998.
- Ginther OJ.** Fixation and orientation of the early equine conceptus. *Theriogenology*, v.19, p.613-623, 1983a.
- Ginther OJ.** Mobility of the early equine conceptus. *Theriogenology*, v.19, p.603-611, 1983b.
- Ginther OJ.** Ultrasonic imaging and animal reproduction: Book 2. Horses. Cross Plains, WI: Equiservices Publishing; 1995. p.23-118.
- Ginther OJ.** Ultrasonic imaging and animal reproduction: Book 4. Color-doppler ultrasonography. Cross Plains, WI: Equiservices, 2007. 258p.
- Ginther OJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA.** Conversion of a viable preovulatory follicle into a hemorrhagic anovulatory follicle in mares. *Anim Reprod*, v.3, p.29-40, 2006.
- Ginther OJ, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA.** Effect of prostaglandin F2alpha on ovarian, adrenal, and pituitary hormones and on luteal blood flow in mares. *Domest Anim Endocrinol*, v.32, p.315-328, 2007a.
- Ginther OJ, Gastal EL, Gastal MO, Utt MD, Beg MA.** Luteal blood flow and progesterone production in mares. *Anim Reprod Sci*, v.99, p.213-220, 2007b.
- Ginther OJ, Pierson RA.** Ultrasonic anatomy of the equine ovaries. *Theriogenology*. v.21, p.471-483, 1984.
- Ginther OJ, Rodrigues BL, Ferreira JC, Araujo RR, Beg MA.** Characterisation of pulses of 13,14-dihydro-15-keto-PGF2alpha (PGFM) and relationships between PGFM pulses and luteal blood flow before, during, and after luteolysis in mares. *Reprod Fertil Dev*, v.20, p.684-693, 2008.
- Lima RAS.** O crescimento do Brasil no comércio internacional de cavalos vivos. *Rev Bras Med Equina*, n.27, p.28-29, 2010.
- Pierson RA, Ginther OJ.** Ultrasonic evaluation of the preovulatory follicle in the mare. *Theriogenology*, v.24,



p.359-368, 1985.

Resende HL, Carmo MT, Alvarenga, MA. Use of Doppler ultrasound for equine fetal sex determination. *Reprod Fertil Dev*, v.25, p.285, 2012. Abstract.

Romano RM, Ferreira JC, Canesin HS, Ignácio FS, Novaes Filho LF, Barros AMR, Meira C. Influence of hCG on the vascular perfusion of preovulatory follicle. *Anim Reprod*, v.9, p.975, 2012. Resumo.

Samper JC, Estrada AJ, Mckinnon AO. Insemination with frozen semen. In: Rudolph P, Gower J. (Ed.). *Current therapy in equine reproduction*. Maryland Heights, MO: Saunders Elsevier, 2007. p.285-288.

Silva LA, Ginther OJ. An early endometrial vascular indicator of completed orientation of the embryo and the role of dorsal endometrial encroachment in mares. *Biol Reprod*, v.74, p.337-343, 2006.

Silva LA, Gastal EL, Beg MA, Ginther OJ. Changes in vascular perfusion of the endometrium in association with changes in location of the embryonic vesicle in mares. *Biol Reprod*, v.72, p.755-761, 2005.

Silva LA, Gastal EL, Gastal MO, Beg MA, Guinther OJ. Relationship between vascularity of the preovulatory follicle and establishment of pregnancy in mares. *Anim Reprod*, v.3, p.339-346, 2006.

Troedsson MH. Uterine clearance and resistance to persistent endometritis in the mare. *Theriogenology*, v.52, p.461-471, 1999.

Troedsson MH, Liu IK, Crabom BG. Sperm transport and survival in the mare: a review. *Theriogenology*, v.50, p.807-818, 1998.

Wilsher S, Ousey J, Allen WR. Abnormal umbilical cord attachment sites in the mare: a review illustrated by three case reports. *Equine Vet J*, v.41, p.930-993, 2009.
