

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 29/10/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA – FMVZ
DEPARTAMENTO DE CIRURGIA VETERINÁRIA E REPRODUÇÃO ANIMAL

**TESTE DE AÇÚCAR ORAL EM JUMENTOS DAS RAÇAS PÊGA
E NORDESTINA**

DANIELA BORTOLI BECEGATTO

Botucatu - São Paulo
Abril, 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA – FMVZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIRURGIA VETERINÁRIA E REPRODUÇÃO ANIMAL

**TESTE DE AÇÚCAR ORAL EM JUMENTOS DAS RAÇAS PÊGA E
NORDESTINA**

DANIELA BORTOLI BECEGATTO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Animal como pré-requisito para obtenção de título de Doutor à Banca Examinadora da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus Botucatu.
Orientador: Prof. Dr. Marcos Jun Watanabe

Botucatu – SP
Abril / 2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Becegatto, Daniela Bortoli.

Teste de açúcar oral em jumentos das raças Pêga e
Nordestina / Daniela Bortoli Becegatto. - Botucatu, 2022

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia

Orientador: Marcos Jun Watanabe

Capes: 50501070

1. Asinino. 2. Síndrome metabólica. 2. Controle
glicêmico. 4. Índice glicêmico. 5. Insulina.

Palavras-chave: Asininos; Desregulação da insulina ;
Síndrome metabólica asinina; Testes dinâmicos.

Nome do Autor: Daniela Bortoli Becegatto

Título: Teste de açúcar oral em jumentos das raças Pêga e Nordestina

Comissão examinadora

Prof. Dr. Marcos Jun Watanabe

Presidente da banca e Orientador

Departamento Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal

FMVZ – UNESP – Botucatu

Prof. Dr. Carlos Alberto Hussni

Membro da Banca

Departamento Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal

FMVZ – UNESP – Botucatu

Prof^a. Dr. Ana Liz Garcia Alves

Membro da Banca

Departamento Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal

FMVZ – UNESP – Botucatu

Prof. Dr. Rodrigo Romero Corrêa

Membro da Banca

Departamento de Cirurgia Veterinária

FMVZ - USP

Prof. Dr. Augusto José Savioli de Almeida Sampaio

Membro da Banca

Departamento de Clínicas Veterinárias

UEL - LONDRINA

Data da Defesa: 29 de abril de 2022.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que torceram e me incentivaram em mais esta etapa, em especial aos meus pais Osvaldo e Rita, meu irmão Samuel e minha avó Geni.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela oportunidade de concluir mais esta etapa que sempre foi um objetivo em minha vida profissional, por toda a proteção e pelas pessoas que colocou em meu caminho.

À minha família, em especial aos meus pais Osvaldo e Rita, que são meus exemplos e sempre estiveram ao meu lado dando todo o suporte que precisei, ao meu irmão Samuel, que sempre me incentivou a fazer pós-graduação e é um exemplo de pessoa e profissional dentro da medicina veterinária, à minha avó Geni, por todo o apoio e carinho durante toda minha formação, e a todos meus familiares que de alguma forma torceram e incentivaram para que concluísse esta etapa.

Ao meu orientador Prof. Marcos Jun Watanabe, por acreditar em mim e dar a oportunidade de executarmos este trabalho juntos, contribuindo com tantos ensinamentos, compreendendo as dificuldades e sendo um exemplo profissional e pessoal pela empatia, cuidado e profissionalismo.

Aos demais professores da UNESP – Botucatu, por todos os ensinamentos e oportunidades, em especial aos professores participantes da banca pela contribuição com o trabalho. À FMVZ - UNESP – Botucatu e ao Programa de Biotecnologia Animal, seus funcionários e todos auxiliaram e deram suporte quando precisei. Ao laboratório VidaVet pela realização das análises de insulina.

Ao Centro Universitário Filadélfia – UniFil, e Centro de Melhoramento Genético (CMG - UniFil), por permitir que realizasse parte do trabalho em suas instalações, meu agradecimento a todos os funcionários e profissionais que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento do trabalho, e aos meus colegas docentes e alunos da instituição que se tornaram amigos que incentivaram, auxiliaram, torceram e estavam comigo nos momentos de dificuldade.

Ao meu namorado Nelson Henrique, por ter aparecido no meio deste processo e ser um dos meus maiores incentivadores para a conclusão, sempre compreensivo e me dando toda a força que precisava seja qual fosse a dificuldade, e à sua família, Carmen, Nelson, Dani e Neto, por me acolherem e torcerem sempre por mim.

Aos meus amigos, muitos foram os que estiveram comigo, alguns que já estão comigo há muito tempo e outros que apareceram durante a caminhada, e cada um de alguma forma me ajudou seja no desenvolvimento do trabalho ou me incentivando a seguir em frente e tornando essa caminhada mais leve, meu muito obrigada a cada um, em especial meu agradecimento à Gabriela Bregadioli, José Guilherme Marcondes, Felipe, Natália, Paula, Gustavo Rosa, Gustavo Romero, Vitória, Larissa Tonelli, Kamila e João Felipe.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”.

A todos que de alguma forma contribuíram para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível, meu muito obrigada!

BECEGATTO, DANIELA. B. **Teste de açúcar oral em jumentos das raças Pêga e Nordestina**. Botucatu, 2022. 62p Tese (Doutorado em Biotecnologia Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

RESUMO

Asininos podem ser acometidos por alterações endócrinas e metabólicas, entre elas a síndrome metabólica asinina (SMA). Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a resposta glicêmica e insulinêmica de asininos ao teste de açúcar oral (TAO) e a relação da glicemia e insulinemia basal com o escore de condição corporal (ECC) em jumentos das raças Nordestina e Pêga. Foram utilizados 20 animais, 10 fêmeas da raça Nordestina (G1) e 10 da raça Pêga (G2). Previamente à execução do teste, foram realizados exame físico, mensuração do peso, avaliação quanto ao ECC e escore de crista de pescoço (ECP). Para a realização do TAO, foi utilizado xarope de milho na dose de 0,15 ml/kg via oral e amostras de sangue venoso foram colhidas antes, e após 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 min para a determinação da glicemia e 5, 15, 45, 60, 75, 90, 120, 150 min para a insulinemia. Os resultados demonstraram diferença entre as raças na resposta glicêmica, apresentando diferença estatística com o momento basal, os momentos de pico foram variáveis, sendo que a maior frequência foi aos 45, 60, 75 min. Com relação à insulina não houve diferença estatística entre as raças após a administração do xarope, para os valores de insulina a média basal foi de $5,02 \pm 2,09$ μ UI/ml para a raça Nordestina e $5,4 \pm 2,95$ μ UI/ml para a raça Pêga. Nas avaliações morfométricas, foi encontrada diferença na média de peso, no ECC e ECP, o ECC da raça Nordestina teve média de $4,3 \pm 1,05$, para a raça Pêga a média foi de $5,6 \pm 1,64$. Os resultados demonstraram correlação positiva entre glicose e insulina, o que suporta o uso do TAO na avaliação da relação entre glicose e insulina, e correlação positiva entre ECC e insulina, demonstrando a importância do monitoramento de animais com alto ECC, foi possível observar que fatores relacionados à espécie, raça, escore corporal e fatores ambientais devem ser levados em consideração ao se avaliar a resposta a testes dinâmicos.

Palavras-chave: asininos; desregulação da insulina; síndrome metabólica asinina; testes dinâmicos.

BECEGATTO, D. B. **Oral sugar test in Pêga and Nordestina donkeys.** Botucatu, 2022. 62p. Tese (Doutorado em Biotecnologia Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.

ABSTRACT

Donkeys can be affected by endocrine and metabolic disorders, including donkey metabolic syndrome (DMS). The aim of this study was to evaluate the glycemic and insulinemic response of donkeys to the oral sugar test (OST) and the relationship between glycemia and basal insulinemia with the body condition score (BCS) in Nordestina and Pêga donkeys. Twenty animals were evaluated, 10 females of the Nordestina breed (G1) and 10 of the Pêga breed (G2). Physical exams, body weight, evaluation of body condition score (BCS) and neck score (NS) were performed before de OST. To perform the OST, corn syrup was used (0.15mL/kg) orally, venous blood samples were collected before and after 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 210 and 240 for glucose assessment and 5, 15, 45, 60, 75, 90, 120, 150 for insulin measurement. Results showed differences between breeds in the glycemic response, showing a statistical difference with the baseline moment, the peak moments were variable, the highest frequency was at 45, 60, 75 minutes. Considering insulin, there was no statistical difference between breeds after administration of the syrup, for insulin values the basal mean was 5.02 ± 2.09 μ UI/ml for the Nordestina donkey and 5.4 ± 2.95 μ UI/ml for the Pega. In the morphometric evaluations, a difference was found in the mean weight, in the BCS and NS, the Nordestina donkey BCS had a mean of 4.3 ± 1.05 , for Pêga donkey the mean was 5.6 ± 1.64 . The mean for NS was 1.7 ± 0.82 for Nordestina and 2.1 ± 0.73 for Pêga. The results showed a positive correlation between glucose and insulin, which supports the use of TAO in the assessment of the glucose and insulin dynamics, and a positive correlation between ECC and insulin, demonstrating the relevance of monitoring animals with high ECC, it was possible to observe that factors related to species, race, body score and environmental factors should be taken into account when evaluating the response to dynamic tests.

Keywords: donkeys; insulin dysregulation; donkey metabolic syndrome; dynamic tests.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Gráfico de caixas da glicose (mg/dl) mostrando comparações temporais de intragrupo (T0 versus T15, T30, T45, T60, T75, T90, T150 e T240) e as intergrupo em cada momento (Nordestina versus Pêga).	39
Figura 2 Gráfico de caixas da insulina (μ UI/ml) mostrando comparações temporais de intragrupo (T0 versus T45, T90 e T150) e as intergrupo em cada momento (Nordestina versus Pêga).....	40
Figura 3 -Gráfico de dispersão entre insulina e escore de condição corporal.	41
Figura 4 - Gráfico de dispersão entre glicose e insulina 0, 45, 90 e 150 min após a administração do xarope.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

cm	Centímetro
DI	Desregulação da insulina
dl	decilitro
ECP	Escore de crista de pescoço
ECC	Escore de condição corporal
g	Gramas
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
HDL	Lipoproteínas de alta densidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
kg	Quilogramas
LDL	Lipoproteínas de baixa densidade
M0	Momento 0
mg	Miligramas
ml	Mililitros
RI	Resistência à insulina
SM	Síndrome Metabólica
SMA	Síndrome metabólica asinina
SME	Síndrome metabólica equina
T0	Tempo 0
T15	15 minutos após a administração do xarope
T150	150 minutos após a administração do xarope
T240	240 minutos após a administração do xarope
T30	30 minutos após a administração do xarope
T45	45 minutos após a administração do xarope
T60	60 minutos após a administração do xarope
T75	75 minutos após a administração do xarope
T90	90 minutos após a administração do xarope
TAO	Teste de açúcar oral
TGO	Teste de glicose oral
VO	Via oral

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	11
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. Alterações metabólicas em asininos	13
2.1.1. Metabolismo da Glicose.....	16
2.1.2. Desregulação da Insulina (DI).....	17
2.1.1. Avaliação da obesidade	19
2.1.2. Teste de Açúcar Oral (TAO)	20
3. OBJETIVOS	22
4. REFERÊNCIAS.....	23
CAPÍTULO 2	29
ARTIGO CIENTÍFICO	29
APÊNDICE A - METODOLOGIA TESTE DE AÇÚCAR ORAL E COLHEITA DE AMOSTRAS.....	57

4. REFERÊNCIAS

BARSNICK, R. J.; TORIBIO, R. E. Endocrinology of the Equine Neonate Energy Metabolism in Health and Critical Illness. **Veterinary Clinics of North America - Equine Practice**, v. 27, n. 1, p. 49–58, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2010.12.001>.

BERTIN, F. R.; DE LAAT, M. A. The diagnosis of equine insulin dysregulation. **Equine veterinary journal**, v. 49, n. 5, p. 570-576, 2017.

BRÖJER, J. et al. Repeatability of the combined glucose-insulin tolerance test and the effect of a stressor before testing in horses of 2 breeds. **Journal of veterinary internal medicine**, v. 27, n. 6, p. 1543-1550, 2013.

CANTARELLI, C. et al. Evaluation of oral sugar test response for detection of equine metabolic syndrome in obese Crioulo horses. **Domestic animal endocrinology**, v. 63, p. 31-37, 2018.

CARTER, Rebecca A. et al. Prediction of incipient pasture-associated laminitis from hyperinsulinaemia, hyperleptinaemia and generalised and localised obesity in a cohort of ponies. **Equine veterinary journal**, v. 41, n. 2, p. 171-178, 2009.

DE LAAT, M. A.; MCGOWAN, C. M.; SILENCE, M. N.; POLLITT, Christopher C. Hyperinsulinemic laminitis. **Veterinary Clinics of North America - Equine Practice**, v. 26, n. 2, p. 257–264, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2010.04.003>.

DE LAAT, M. A.; MCGREE, J. M.; SILENCE, M. N. Equine hyperinsulinemia: Investigation of the enteroinsular axis during insulin dysregulation. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 310, n. 1, p. E61–E72, 2015. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00362.2016>.

DUNBAR, L. K.; MIELNICKI, K. A.; DEMBEK, K. A.; TORIBIO, R. E.; BURNS, T. A. Evaluation of Four Diagnostic Tests for Insulin Dysregulation in Adult Light-Breed Horses. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 30, n. 3, p. 885–891, 2016. <https://doi.org/10.1111/jvim.13934>.

DURHAM, A. E.; FRANK, N.; MCGOWAN, C. M.; MENZIES-GOW, N. J.; ROELFSEMA, E.; VERVUERT, I.; FEIGE, K.; FEY, K. ECEIM consensus statement on equine metabolic syndrome. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, vol. 33, n. 2, p. 335–349, 2019. <https://doi.org/10.1111/jvim.15423>.

DU TOIT, N.; TRAWFORD, A. F. Determination of serum insulin and insulin resistance in clinically normal donkeys and donkeys with a history of laminitis (obese and non-obese). **Journal of Veterinary Internal Medicine**. American College of Veterinary Internal Medicine Forum; p. 779, 2010.

EILER, H.; FRANK, N.; ANDREWS, F. M.; OLIVER, J. W.; FECTEAU, K. A. Physiologic assessment of blood glucose homeostasis via combined intravenous glucose and insulin testing in horses. **American journal of veterinary research**, v. 66, n. 9, p. 1598-1604, 2005.

ERTELT, A.; BARTON, A.K.; SCHMITZ, R. R.; GEHLEN, H. Metabolic syndrome: is equine disease comparable to what we know in humans? **Endocrine Connections**, v. 3, n. 3, p. R81–R93, 2014. <https://doi.org/10.1530/ec-14-0038>.

FIRSHMAN, A. M.; VALBERG, S. J. Factors affecting clinical assessment of insulin sensitivity in horses. **Equine veterinary journal**, v. 39, n. 6, p. 567-575, 2007.

FRANK, N. et al. Physical characteristics, blood hormone concentrations, and plasma lipid concentrations in obese horses with insulin resistance. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 228, n. 9, p. 1383-1390, 2006.

FRANK, N. et al. Equine metabolic syndrome. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 24, n. 3, p. 467-475, 2010.

FRANK, N. Equine Metabolic Syndrome. **Veterinary Clinics of North America - Equine Practice**, v. 27, no. 1, p. 73–92, 2011. DOI 10.1016/j.cveq.2010.12.004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cveq.2010.12.004>.

FRANK, N.; TADROS, E. M. Insulin dysregulation. **Equine Veterinary Journal**, v. 46, n. 1, p. 103–112, 2014. <https://doi.org/10.1111/evj.12169>.

FRANK, N., BAILEY, S., BERTIN, F. R., De LAAT, M. A., DURHAM, A. E., KRITCHEVSKY, J., & MENZIES-GOW, N. J. Recommendations for the diagnosis and treatment of equine metabolic syndrome (EMS). Equine Endocrinology Group, 2020.

FULOP, T.; TESSIER, D.; CARPENTIER, A. The metabolic syndrome. **Pathologie Biologie**, v. 54, n. 7, p. 375–386, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.patbio.2006.07.002>.

GOFF, J. P. Distúrbios do Metabolismo de Carboidratos e Lipídeos. In: REECE, W. O. **Fisiologia dos animais domésticos**. 13 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. p.1245-1251.

HAN, T. S.; LEAN, M. E.J. Metabolic syndrome. **Medicine (United Kingdom)**, v. 43, n. 2, p. 80–87, 2015. DOI 10.1016/j.mpmed.2014.11.006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mpmed.2014.11.006>.

HARRIS, P. A.; BAMFORD, N. J.; BAILEY, S. R. Equine metabolic syndrome: Evolution of understanding over two decades: A personal perspective. **Animal Production Science**, v. 60, n. 18, p. 2103–2110, 2020. <https://doi.org/10.1071/AN19386>.

HORN, R.; BERTIN, F. R. Evaluation of combined testing to simultaneously diagnose pituitary pars intermedia dysfunction and insulin dysregulation in horses. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 33, n. 5, p. 2249–2256, 2019. <https://doi.org/10.1111/jvim.15617>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . Censo Agropecuário de 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

JACOB, S. I.; GEOR, R. J.; WEBER, P. S.D.; HARRIS, P. A.; MCCUE, M. E. Effect of age and dietary carbohydrate profiles on glucose and insulin dynamics in horses.

Equine Veterinary Journal, v. 50, n. 2, p. 249–254, 2018. <https://doi.org/10.1111/evj.12745>.

JACOB, S. I.; MURRAY, K. J.; RENDAHL, A. K.; GEOR, R. J.; SCHULTZ, N. E.; MCCUE, M. E. Metabolic perturbations in Welsh Ponies with insulin dysregulation, obesity, and laminitis. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 32, n. 3, p. 1215–1233, 2018. <https://doi.org/10.1111/jvim.15095>.

JOCELYN, N. A.; HARRIS, P. A.; MENZIES-GOW, N. J. Effect of varying the dose of corn syrup on the insulin and glucose response to the oral sugar test. **Equine Veterinary Journal**, v. 50, n. 6, p. 836–841, 2018. <https://doi.org/10.1111/evj.12826>.

JOHNSON, P. J. The equine metabolic syndrome. Peripheral Cushing's syndrome. **Veterinary Clinics of North America - Equine Practice**, v. 18, n. 2, p. 271–293, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(02\)00006-8](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(02)00006-8).

JOHNSON, Philip J. et al. Laminitis and the equine metabolic syndrome. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v. 26, n. 2, p. 239–255, 2010.

KUGLER, W.; GRUNENFELDER, H.-P.; BROXHAM, E. Donkey breeds in Europe: Inventory, description, need for action, conservation: Report 2007/2008. **Monitoring Institute**, 2008.

KUMARI, R.; KUMAR, S.; KANT, R. An update on metabolic syndrome: Metabolic risk markers and adipokines in the development of metabolic syndrome. **Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews**, v. 13, n. 4, p. 2409–2417, 2019. DOI 10.1016/j.dsx.2019.06.005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.06.005>.

LIMA, RA de S.; CINTRA, A. G. Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, v. 56, 2016.

LINDÅSE, S.; NOSTELL, K.; BRÖJER, J. A modified oral sugar test for evaluation of insulin and glucose dynamics in horses. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 58, n. 1, p. 55–63, 2016. <https://doi.org/10.1186/s13028-016-0246-z>.

MARQUES, D. D.; NÓBREGA NETO, P. I.; CARVALHO, K. S. Emprego da cola de cianoacrilato em feridas cutâneas de asininos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 14, p. 75–80, 2013.

MCCUE, M. E.; GEOR, R. J.; SCHULTZ, Nichol. Equine metabolic syndrome: A complex disease influenced by genetics and the environment. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 35, n. 5, p. 367–375, 2015. DOI 10.1016/j.jevs.2015.03.004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2015.03.004>.

MCFARLANE, Dianne. Diagnostic testing for equine endocrine diseases: confirmation versus confusion. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v. 35, n. 2, p. 327–338, 2019.

MCLEAN, A. K.; NIELSEN, B. D.; YOKOYAMA, M.; O'CONNOR-ROBISON, C. I.; HENGEMUEHLE, S.; WANG, W.; GEOR, R.; HARRIS, P.A. Insulin Resistance in Standard Donkeys (*Equus asinus*) of Three Body Conditions-Thin, Moderate, and Obese. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 29, n. 5, p. 406–407, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2009.04.106>.

MENDOZA, F. J.; PEREZ-ECIJA, R. A.; TORIBIO, R. E.; ESTEPA, J. C. Thyroid

hormone concentrations differ between donkeys and horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 45, n. 2, p. 214–218, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00622.x>.

MENDOZA, F. J.; ESTEPA, J. C.; GONZALEZ-DE CARA, C. A.; AGUILERA-AGUILERA, R.; TORIBIO, R. E.; PEREZ-ECIJA, A. Energy-related parameters and their association with age, gender, and morphometric measurements in healthy donkeys. **Veterinary Journal**, v. 204, n. 2, p. 201–207, 2015a. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.03.004>.

MENDOZA, F. J.; AGUILERA-AGUILERA, R.; GONZALEZ-DE CARA, C. A.; TORIBIO, R. E.; ESTEPA, J. C.; PEREZ-ECIJA, A. Characterization of the intravenous glucose tolerance test and the combined glucose-insulin test in donkeys. **Veterinary Journal**, v. 206, n. 3, p. 371–376, 2015b. DOI 10.1016/j.tvjl.2015.08.015

MENDOZA, F. J.; GONZALEZ-CARA, C. A.; AGUILERA-AGUILERA, R.; TORIBIO, R. E.; PEREZ-ECIJA, A. Effect of intravenous glucose and combined glucose-insulin challenges on energy-regulating hormones concentrations in donkeys. **Veterinary Journal**, v. 240, p. 40–46, 2018. DOI 10.1016/j.tvjl.2018.09.002. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.09.002>.

MENDOZA, F. J.; TORIBIO, R. E.; PEREZ-ECIJA, A.. Donkey Internal Medicine—Part I: Metabolic, Endocrine, and Alimentary Tract Disturbances. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 65, p. 66–74, 2018. DOI 10.1016/j.jevs.2018.02.001. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.02.001>.

MENDOZA, F. J.; TORIBIO, R. E.; PEREZ-ECIJA, A. Metabolic and Endocrine Disorders in Donkeys. **Veterinary Clinics of North America - Equine Practice**, v. 35, n. 3, p. 399–417, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2019.07.001>.

MENDOZA, F. J.; MEJIA-MOREIRA, S.; BUCHANAN, B. R.; TORIBIO, R. E.; PEREZ-ECIJA, A. Evaluation of the combined glucose-insulin and intravenous glucose tolerance tests for insulin dysregulation diagnosis in donkeys. **Equine Veterinary Journal**, v. 00, p. 1-10, 2021a. <https://doi.org/10.1111/evj.13482>.

MENDOZA, F. J. et al. Characterisation of the oral glucose and sugar tolerance tests and the enteroinsular axis response in healthy adult donkeys. **Equine Veterinary Journal**, v.00, p. 1-10, 2021b. <https://doi.org/10.1111/evj.13544>

MUNIYAPPA, R.; LEE, S.; CHEN, H.; QUON, M. J. Current approaches for assessing insulin sensitivity and resistance in vivo: Advantages, limitations, and appropriate usage. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 294, n. 1, 2008. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00645.2007>.

OLLEY, R. B. et al. Comparison of fasted basal insulin with the combined glucose-insulin test in horses and ponies with suspected insulin dysregulation. **The Veterinary Journal**, v. 252, p. 1-10, 2019.

PAZ, C. F.R.; PAGANELA, J. C.; DOS SANTOS, C. A.; NOGUEIRA, C. E.W.; FALEIROS, R. R. Relação entre obesidade, insulina plasmática e posicionamento da falange distal em equinos da raça crioula. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 6, p. 1699–1705, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000600017>.

PEARSON, R. ANNE; MERRITT, JANE B. Intake, digestion and gastrointestinal transit

time in resting donkeys and ponies and exercised donkeys given ad libitum hay and straw diets. **Equine Veterinary Journal**, v. 23, n. 5, p. 339-343, 1991.

PEARSON, R. A.; OUASSAT. **A guide to live weight estimation and body condition scoring of donkeys**. Scotland: Centre for Tropical Veterinary Medicine, University of Edinburgh, 2000.

PESSOA, A. F. A. et al. Doenças de pele em equídeos no semiárido brasileiro. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n. 8, p. 743-748, 2014.

PRITCHARD, A.; NIELSEN, B.; MCLEAN, A.; ROBISON, C.; YOKOYAMA, M.; HENGEMUEHLE, S.; BAILEY, S.; HARRIS, P. Insulin Resistance as a Result of Body Condition Categorized as Thin, Moderate, and Obese in Domesticated U.S. Donkeys (*Equus asinus*). **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 77, p. 31–35, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.02.011>.

QUESADA, I.; TUDURÍ, E.; RIPOLL, C.; NADAL, Á. Physiology of the pancreatic α -cell and glucagon secretion: Role in glucose homeostasis and diabetes. **Journal of Endocrinology**, v. 199, n. 1, p. 5–19, 2008. <https://doi.org/10.1677/JOE-08-0290>.

RADIN, M. J.; SHARKEY, L. C.; HOLYCROSS, B. J. Adipokines: A review of biological and analytical principles and an update in dogs, cats, and horses. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 38, n. 2, p. 136–156, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2009.00133.x>.

RIBEIRO, R. M. **Relação entre obesidade induzida e laminite endocrinopática em equinos mangalarga marchador: aspectos clínicos, laboratoriais, morfométricos e patológicos**. 2017. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Minas Gerais. 2017.

SAMSON, S. L.; GARBER, A. J. Metabolic syndrome. **Endocrinology and Metabolism Clinics of North America**, v. 43, n. 1, p. 1–23, 2014. DOI 10.1016/j.ecl.2013.09.009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecl.2013.09.009>.

SCHUVER, A.; FRANK, N.; CHAMEROY, K. A.; ELLIOTT, S. B. Assessment of insulin and glucose dynamics by using an oral sugar test in horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 34, n. 4, p. 465–470, 2014. DOI 10.1016/j.jevs.2013.09.006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2013.09.006>.

SMITH, S.; HARRIS, P. A.; MENZIES-GOW, N. J. Comparison of the in-feed glucose test and the oral sugar test. **Equine Veterinary Journal**, v. 48, n. 2, p. 224–227, 2016. <https://doi.org/10.1111/evj.12413>.

STARKEY, P.; STARKEY, M.. Regional and world trends in donkey populations. **Starkey P and Fielding D (eds)**, p. 10-21, 2000.

VERBERNE, A. J.M.; SABETGHADAM, A.; KORIM, W. S. Neural pathways that control the glucose counterregulatory response. **Frontiers in Neuroscience**, v. 8, n. 8 fev, p. 1–12, 2014. <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00038>.

VICK, M. M. et al. Relationships among inflammatory cytokines, obesity, and insulin sensitivity in the horse. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 5, p. 1144- 1155, 2007.

WOOD, S. J. Some factors affecting the digestible energy requirements and dry matter intake of mature donkeys and a comparison with normal husbandry practices. 2010.303p. (Tese de Doutorado) Universidade de Edimburgo. 2010.

CAPÍTULO 2

ARTIGO CIENTÍFICO

Artigo formatado conforme as normas para publicação no periódico “The Veterinary Journal”

(Disponível em: <https://www.elsevier.com/journals/the-veterinary-journal/1090-0233/guide-for-authors#txt39000>)

Original Article

Avaliação da curva glicêmica e insulinêmica após o teste de açúcar oral em jumentos das raças Pêga e Nordestina

D.B. Becegatto ^{a,*}, M.J. Watanabe ^b

^a *Doutoranda do programa de Pós-graduação em Biotecnologia Animal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Botucatu- SP*

^b *Docente do programa de Pós-graduação em Biotecnologia Animal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Botucatu- SP*

Destaques

- Comparação do teste de açúcar oral (TAO) em asininos de duas raças
- Valores basais de insulina e glicose em jumentas das raças Nordestina e Pêga saudáveis
- Características de parâmetros energéticos em jumentos

Resumo

O teste de açúcar oral (TAO) utiliza o xarope de milho via oral (VO) para avaliação da resposta glicêmica e insulinêmica, sendo uma opção de triagem no diagnóstico da síndrome metabólica equina (SME), em asininos este teste não está estabelecido. O estudo objetivou avaliar a resposta glicêmica e insulinêmica após a administração do xarope de milho VO para o TAO. Foram utilizadas 20 jumentas, divididas em dois grupos de acordo com a raça, dez da raça Nordestina (135 ± 18 kg) e dez da raça Pêga (293 ± 35 kg). Previamente, os grupos foram submetidos ao exame físico geral e avaliados quanto ao peso, escore de condição corporal (ECC) e escore de crista de pescoço (ECP). Para o TAO foi administrado xarope de milho (0,15 ml/kg, VO) e amostras de sangue venoso foram colhidas para mensuração de glicose imediatamente antes (M0) e 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 minutos após a administração do xarope, e para mensuração de insulina antes e aos 5, 15, 45, 60, 75, 90, 120, 150 minutos após. Os animais diferiram em relação ao peso, ECC e ECP. Para a raça Nordestina o ECC teve média de $4,3 \pm 1,05$ e para a raça Pêga a média foi de $5,6 \pm 1,64$. Para o ECP foi de $1,7 \pm 0,82$ para a raça Nordestina e $2,1 \pm 0,73$ para a Pêga. Houve diferença entre as duas raças, com maior média basal de glicose na raça Nordestina ($85,95 \pm 7,23$ mg/dl) em comparação à Pêga ($66,6 \pm 8,97$ mg/dl). Foi possível identificar a curva na glicemia nas duas raças, demonstrando diferença estatística do momento basal na raça Nordestina aos 30, 45, 60, 75 e 90 minutos e aos 45, 60 e 75 minutos para a raça Pêga, os picos de glicemia variaram entre 80-142 mg/dl para a raça Nordestina e 62-100 mg/dl para a Pêga. Para os valores de insulina a média basal foi de $5,4 \pm 2,95$ μ UI/ml para a raça Pêga e $5,02 \pm 2,09$ μ UI/ml para a raça Nordestina, não houve diferença significativa entre as duas

raças nos valores de insulina após a administração do xarope. Foi encontrada correlação positiva entre glicose e insulina para a raça Nordestina. Estes resultados demonstram que é possível considerar o TAO como um teste de triagem na espécie asinina e em conjunto com o histórico do animal e achados clínicos e morfométricos podem fornecer subsídios para o diagnóstico de enfermidades metabólicas nesta espécie, porém é necessário estabelecer os parâmetros para a validação do teste na espécie.

Palavras-chave: Asininos; glicemia; resistência à insulina; síndrome metabólica asinina

Abstract

The oral sugar test (OST) uses corn syrup orally (VO) to assess the glycemic and insulinemic response and is a screening choice in the diagnosis of equine metabolic syndrome (EMS), in donkeys this test has not been established. The study aimed to evaluate the response of donkeys to the administration of VO corn syrup, using 20 animals divided into two groups, ten Nordestina donkeys (135 ± 18 kg) and ten Pêga donkeys (293 ± 35 kg). Prior to the OST, the groups were evaluated for body weight, body condition score (BCS) and neck score (NS), a general physical examination was performed. For the OST, corn syrup (0.15 ml/kg, VO) was administered, samples for glucose measurement were collected before (M0) and 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 210 and 240 after administration of the syrup, and for measuring insulin before and at 5, 15, 45, 60, 75, 90, 120, 150 after. The animals differed in relation to weight, BCS and NS, Nordestina donkey had a BCS mean of 4.3 ± 1.05 , for the Pêga donkey, the mean was 5.6 ± 1.64 , NS mean was $1, 7 \pm 0.82$ for Nordestina and 2.1 ± 0.73 for Pêga. There was a difference between the two breeds in OST, with a higher basal mean of glucose in the Nordestina donkey (85.95 ± 7.23 mg/dl) compared to Pêga (66.6 ± 8.97 mg/dl). The blood glucose curve was identified in both two breeds, demonstrating a statistical difference between baseline in Nordestina donkey at 30, 45, 60, 75 and 90 minutes

and at 45, 60 and 75 minutes in Pêga donkey. Blood glucose peaks ranged from 80-142 mg/dl in Nordestina and 62-100 mg/dl for Pêga. Basal mean for insulin was 5.4 ± 2.95 μ IU/ml for Pêga and 5.02 ± 2.09 μ IU/ml for Nordestina breed, there was no significant difference between the two breeds in the insulin values after administration of corn syrup. A positive correlation was found between glucose and insulin for Nordestina breed. These results shows that it is possible to consider the TAO as a screening test in the donkey species and with animal data, clinical and morphometric findings can provide subsidies for the diagnosis of metabolic diseases in this species, however it is necessary to establish the parameters for the test validation.

Keywords: Donkeys; blood glucose; insulin resistance; donkey metabolic syndrome

Referências

- Bamford, N.J., Potter, S.J., Harris, P.A., Bailey, S.R., 2014. Breed differences in insulin sensitivity and insulinemic responses to oral glucose in horses and ponies of moderate body condition score. *Domest. Anim. Endocrinol.* 47, 101–107.
<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2013.11.001>
- Bertin, F.R., Taylor, S.D., Bianco, A.W., Sojka-Kritchevsky, J.E., 2016. The Effect of Fasting Duration on Baseline Blood Glucose Concentration, Blood Insulin Concentration, Glucose/Insulin Ratio, Oral Sugar Test, and Insulin Response Test Results in Horses. *J. Vet. Intern. Med.* 30, 1726–1731. <https://doi.org/10.1111/jvim.14529>
- Bröjer, J., Lindåse, S., Hedenskog, J., Alvarsson, K., Nostell, K., 2013. Repeatability of the combined glucose-insulin tolerance test and the effect of a stressor before testing in horses of 2 breeds. *J. Vet. Intern. Med.* 27, 1543–1550. <https://doi.org/10.1111/jvim.12172>
- Burden, F., Thiemann, A., 2015. Donkeys are different. *J. Equine Vet. Sci.* 35, 376–382.
<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.03.005>
- Camillo, F., Rota, A., Biagini, L., Tesi, M., Fanelli, D., Panzani, D., 2018. The Current Situation and Trend of Donkey Industry in Europe. *J. Equine Vet. Sci.* 65, 44–49.
<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.11.008>
- Cantarelli, C., Dau, S.L., Stefanello, S., Azevedo, M.S., De Bastiani, G.R., Palma, H.E., Brass, K.E., De La Côte, F.D., 2018. Evaluation of oral sugar test response for detection of equine metabolic syndrome in obese Crioulo horses. *Domest. Anim. Endocrinol.* 63, 31–37.
<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2017.10.006>
- Carneiro, G.F., Cavalcante Lucena, J.E., de Oliveira Barros, L., 2018. The Current Situation and Trend of the Donkey Industry in South America. *J. Equine Vet. Sci.* 65, 106–110.
<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.03.007>
- De Graaf-Roelfsema, E., 2014. Glucose homeostasis and the enteroinsular axis in the horse: A

possible role in equine metabolic syndrome. *Veterinary Journal*.

<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.064>

De Laat, M.A., McGree, J.M., Sillence, M.N., 2016. Equine hyperinsulinemia: Investigation of the enteroinsular axis during insulin dysregulation. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 310, E61–E72. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00362.2015>

Dugat, S.L., Taylor, T.S., Matthews, N.S., Gold, J.R., 2010. Values for Triglycerides, Insulin, Cortisol, and ACTH in a Herd of Normal Donkeys. *Journal of Equine Veterinary Science* 30, 141–144. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2010.01.054>

Dunbar, L.K., Mielnicki, K.A., Dembek, K.A., Toribio, R.E., Burns, T.A., 2016. Evaluation of Four Diagnostic Tests for Insulin Dysregulation in Adult Light-Breed Horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 30, 885–891. <https://doi.org/10.1111/jvim.13934>

Durham, A.E., Frank, N., McGowan, C.M., Menzies-Gow, N.J., Roelfsema, E., Vervuert, I., Feige, K., Fey, K., 2019. ECEIM consensus statement on equine metabolic syndrome. *J. Vet. Intern. Med.* 33, 335–349. <https://doi.org/10.1111/jvim.15423>

Du Toit, N., & Trawford, A. F., 2010. Determination of serum insulin and insulin resistance in clinically normal donkeys and donkeys with a history of laminitis (obese and non-obese). *Journal of Veterinary Internal Medicine.* 24, 779-779.

Frank, N. 2011. Equine Metabolic Syndrome. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 27(1), 73–92. doi:10.1016/j.cveq.2010.12.004

Frank, N., Bailey, S., Bertin, F. R., De Laat, M. A., Durham, A. E., Kritchevsky, J., & Menzies-Gow, N. J. 2020. Recommendations for the diagnosis and treatment of equine metabolic syndrome (EMS). *Equine Endocrinology Group*.

Frank, N., Elliott, S.B., Brandt, L.E., & Keisler, D. H., 2006. Physical characteristics, blood hormone concentrations, and plasma lipid concentrations in obese horses with insulin resistance. *Journal of the American Veterinary Medical Association.* 228, 1383-1390.

- Geor, R.J., Mccue, M., Schultz, N., 2013. Current Understanding of Equine Metabolic Syndrome. *Am. Assoc. Equine Pract. Proceeding* 59, 297–304.
- George, L.A., Staniar, W.B., Cubitt, T.A., Treiber, K.H., Harris, P.A., Geor, R.J., 2011. sensitivity , insulin secretion , and glucose dynamics in Thoroughbred mares. *Am. J. Vet. Res.* 72, 4–12.
- Girardi, A.M., Marques, L.C., Toledo, C.Z.P., Barbosa, J.C., Maldonado, W., Jorge, R.L.N., Nogueira, C.A. da S., 2014. Biochemical profile of the Pêga donkey (*Equus asinus*) breed: Influence of age and sex. *Comp. Clin. Path.* 23, 941–947. <https://doi.org/10.1007/s00580-013-1718-4>
- Jacobs, K. A., and J. R. Bolton. 1982. Effect of diet on the oral glucose tolerance test in the horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 180, 884-886.
- Jocelyn, N.A., Harris, P.A., Menzies-Gow, N.J., 2018. Effect of varying the dose of corn syrup on the insulin and glucose response to the oral sugar test. *Equine Veterinary Journal* 50, 836–841. <https://doi.org/10.1111/evj.12826>
- Knowles, E. J., Harris, P. A., Elliott, J., & Menzies-Gow, N. J., 2017. Use of the oral sugar test in ponies when performed with or without prior fasting. *Equine Veterinary Journal*, 49(4), 519–524. doi:10.1111/evj.12607
- Lindåse, S., Nostell, K., Askerfelt, I., Bröjer, J., 2016. A modified oral sugar test for evaluation of insulin and glucose dynamics in horses. *Acta Vet. Scand.* 58, 55-63. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-57-S1-O4>
- Martin-Gimenez, T., de Blas, I., Aguilera-Tejero, E., Diez de Castro, E., Aguirre-Pascasio, C.N., 2016a. Endocrine, morphometric, and ultrasonographic characterization of neck adiposity in Andalusian horses. *Domestic Animal Endocrinology* 56, 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2016.02.003>
- McFarlane, D., 2019. Diagnostic Testing for Equine Endocrine Diseases: Confirmation

Versus Confusion. *Vet. Clin. North Am. - Equine Pract.* 35, 327–338.

<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2019.03.005>

McLean, A.K., Nielsen, B.D., Yokoyama, M., O'Connor-Robison, C.I., Hengemuehle, S., Wang, W., Geor, R., Harris, P.A., 2009. Insulin Resistance in Standard Donkeys (*Equus asinus*) of Three Body Conditions-Thin, Moderate, and Obese. *Journal of Equine Veterinary Science* 29, 406–407. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2009.04.106>

Mejia-Pereira, S., Perez-Ecija, A., Buchanan, B.R., Toribio, R.E., Mendoza, F.J., 2019. Evaluation of dynamic testing for pituitary pars intermedia dysfunction diagnosis in donkeys. *Equine Vet. J.* 51, 481–488. <https://doi.org/10.1111/evj.13034>

Mendoza, F.J., Aguilera-Aguilera, R., Gonzalez-De Cara, C.A., Toribio, R.E., Estepa, J.C., Perez-Ecija, A., 2015a. Characterization of the intravenous glucose tolerance test and the combined glucose-insulin test in donkeys. *Vet. J.* 206, 371–376.

<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.08.015>

Mendoza, F.J., Estepa, J.C., Gonzalez-De Cara, C.A., Aguilera-Aguilera, R., Toribio, R.E., Perez-Ecija, A., 2015b. Energy-related parameters and their association with age, gender, and morphometric measurements in healthy donkeys. *Vet. J.* 204, 201–207.

<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.03.004>

Mendoza, F. J., Gonzalez-Cara, C.A., Aguilera-Aguilera, R., Toribio, R.E., Perez-Ecija, A., 2018. Effect of intravenous glucose and combined glucose-insulin challenges on energy-regulating hormones concentrations in donkeys. *Vet. J.* 240, 40–46.

<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.09.002>

Mendoza, F.J., Mejia-Moreira, S., Buchanan, B.R., Toribio, R.E., Perez-Ecija, A., 2021a. Evaluation of the combined glucose-insulin and intravenous glucose tolerance tests for insulin dysregulation diagnosis in donkeys. *Equine Vet. J.* 1–10. <https://doi.org/10.1111/evj.13482>

Mendoza, F.J., Toribio, R.E., Perez-Ecija, A., 2018. Donkey Internal Medicine—Part I:

Metabolic, Endocrine, and Alimentary Tract Disturbances. *J. Equine Vet. Sci.* 65, 66–74.

<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.02.001>

Mendoza, F.J., Toribio, R.E., Perez-Ecija, A., 2019. Metabolic and Endocrine Disorders in Donkeys. *Vet. Clin. North Am. - Equine Pract.* 35, 399–417.

<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2019.07.001>

Mendoza, F. J., Buzon-Cuevas, A., Toribio, R. E., & Perez-Ecija, A. 2021b. Characterization of the oral glucose and sugar tolerance tests and the enteroinsular axis response in healthy adult donkeys. *Equine Vet J.* 1-10. <https://doi.org/10.1111/evj.13544>

Menzies-Gow, N.J., Wakeel, F., Little, H., Buil, J., Rickards, K., 2021. Cross-sectional study to identify the prevalence of and factors associated with laminitis in UK donkeys. *Equine Veterinary Journal.* <https://doi.org/10.1111/evj.13505>

Morgan, R.A., Keen, J.A., McGowan, C.M., 2016. Treatment of equine metabolic syndrome: A clinical case series. *Equine Vet. J.* 48, 422–426. <https://doi.org/10.1111/evj.12445>

Moser, K., Banse, H., 2019. Comparison of the glucose and insulin responses of horses to 2 formulations of corn syrup. *Can. Vet. J.* 60, 637–643.

Murphy, D., S. W. J. Reid, and S. Love. 1997. The effect of age and diet on the oral glucose tolerance test in ponies. *Equine veterinary journal* 29, 467-470.

Novello, G., Segabinazzi, L.G.T.M., Lisboa, F.P., Canuto, L.E., Freitas-Dell'Aqua, C.P., Dell'Aqua, J.A., Canisso, I.F., 2020. High or Low Body Fat Deposition in the Presence of a Normal Oral Sugar Test is Not Associated With Postthaw Semen Parameters in Stallions. *Journal of Equine Veterinary Science* 95. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103271>

Pearson, R. A., & Ouassat, M. 2000. A guide to live weight estimation and body condition scoring of donkeys (No. 636.18 PEAg). Scotland: Centre for Tropical Veterinary Medicine, University of Edinburgh.

Perez-Ecija, A., Gonzalez-Cara, C., Aguilera-Aguilera, R., Toribio, R.E., Mendoza, F.J.,

2021. Energy hormone response to fasting-induced dyslipidemia in obese and non-obese donkeys. *Vet. J.* 271, 105652. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2021.105652>
- Pleasant, R.S., Suagee, J.K., Thatcher, C.D., Elvinger, F., Geor, R.J., 2013. Adiposity, plasma insulin, leptin, lipids, and oxidative stress in mature light breed horses. *J. Vet. Intern. Med.* 27, 576–582. <https://doi.org/10.1111/jvim.12056>
- Pritchard, A., Nielsen, B., McLean, A., Robison, C., Yokoyama, M., Hengemuehle, S., Bailey, S., Harris, P., 2019. Insulin Resistance as a Result of Body Condition Categorized as Thin, Moderate, and Obese in Domesticated U.S. Donkeys (*Equus asinus*). *J. Equine Vet. Sci.* 77, 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.02.011>
- Schultz, N., McCue, M., Martinson, N., Frank, N., & Geor, R., 2012. Characterization of the equine metabolic syndrome phenotype—part I: biochemistry, morphometrics and breed comparisons. *J Vet Intern Med*, 26, 767.
- Schuver, A., Frank, N., Chameroy, K.A., Elliott, S.B., 2014. Assessment of insulin and glucose dynamics by using an oral sugar test in horses. *J. Equine Vet. Sci.* 34, 465–470. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2013.09.006>
- Smith, S., Harris, P.A., Menzies-Gow, N.J., 2016. Comparison of the in-feed glucose test and the oral sugar test. *Equine Vet. J.* 48, 224–227. <https://doi.org/10.1111/evj.12413>
- Smyth, G. B., Young, D. W., & Hammond, L. S. 1989. Effects of diet and feeding on postprandial serum gastrin and insulin concentrations in adult horses. *Equine veterinary journal*, 21, 56-59.
- Thiemann, A. K., Buil, J., Rickards, K., & Sullivan, R. J. 2021. A review of laminitis in the donkey. *Equine Veterinary Education*.
- Van Den Wollenberg, L., Vandendriessche, V., van Maanen, K., Counotte, G.H.M., 2020. Comparison of Two Diagnostic Methods to Detect Insulin Dysregulation in Horses Under Field Conditions. *J. Equine Vet. Sci.* 88, 102954. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.102954>