RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 04/03/2025.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

ESTUDO PROSPECTIVO DAS CARACTERÍSTICAS ULTRASSONOGRÁFICAS DO MÚSCULO DIAFRAGMA DE CAVALOS ADULTOS

Beatriz Estevez de Oliveira
Médica Veterinária

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

ESTUDO PROSPECTIVO DAS CARACTERÍSTICAS ULTRASSONOGRÁFICAS DO MÚSCULO DIAFRAGMA DE CAVALOS ADULTOS

Discente: Beatriz Estevez de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Paulo Aléscio Canola

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias

2023

O48e

Oliveira, Beatriz Estevez de
Estudo prospectivo das características ultrassonográficas do músculo diafragma de cavalos adultos / Beatriz Estevez de Oliveira. -- Jaboticabal, 2023
56 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Paulo Aléscio Canola

1. Equino. 2. Aparelho respiratório. 3. Diafragma. 4. Ultrassonografia veterinária. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTUDO PROSPECTIVO DAS CARACTERÍSTICAS ULTRASSONOGRÁFICAS DO MÚSCULO DIAFRAGMA DE CAVALOS ADULTOS

AUTORA: BEATRIZ ESTEVEZ DE OLIVEIRA
ORIENTADOR: PAULO ALÉSCIO CANOLA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências Veterinárias, area: Saude Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. PAULO ALÉSCIO CANOLA (Participaçao Virtual)
Departamento de Clinica e Cirurgia Veterinaria / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. LUIS CLAUDIO LOPES CORREIA DA SILVA (Participaçao Virtual)
Departamento de Cirurgia / FMVZ USP São Paulo

Profa. Dra. DANUTA PULZ DOICHE (Participaçao Virtual)
Departamento de Clinica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 04 de março de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Beatriz Estevez de Oliveira nascida na cidade de São Paulo – SP, em 7 de abril de 1993. Formada em Medicina Veterinária (Bacharelado) pela Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP, Pirassununga, São Paulo, no ano de 2018. Durante a graduação realizou estágio na Unidade Didática Clínico Hospitalar de Medicina Veterinária da FZEA-USP na área de Clínica Médica e Cirurgia de Equinos, sob a orientação da Profa. Dra. Renata Gebrara Sampaio Dória e na área de Serviço de Buiatria e Clínica de Pequenos Ruminantes, sob a orientação do Prof. Dr. Eduardo Harry Birgel Junior. Realizou estágio curricular no Hospital Veterinário "Governador Laudo Natel" (HVGLN), no serviço de Clínica Cirúrgica de Grandes Animais, orientada pelo Prof. Dr. Paulo Aléscio Canola e no Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária da FMVZ-Unesp na área de cirurgia de grandes animais, sob a orientação do Prof. Substituto José Ricardo Barbosa Filho. Graduada no Programa de Residência em Área Profissional da Saúde – Medicina Veterinária e Saúde, na área específica de atuação Clínica Cirúrgica de Grandes Animais no HVGLN. Atuou durante os meses de março a outubro de 2020 no Centro de Atendimento ao Coronavírus Jaboticabal-SP como parte das ações coordenadas para controle da pandemia COVID-19. Participou da elaboração e realização do projeto "Soroprevalência da Infecção por SARS-CoV-2 no Município de Jaboticabal/SP: Inquéritos Sorológicos Seriados". Hoje cursando o programa de Mestrado em Ciências Veterinárias, sob supervisão do Prof. Dr. Paulo Aléscio Canola na FCAV-Unesp e aprovada no programa de Doutorado em Ciências Veterinárias, sob supervisão do Prof. Dr. Paulo Aléscio Canola na FCAV-Unesp.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Aléscio Canola, pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo e pela oportunidade de realizar este projeto de pesquisa.

Ao programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – câmpus de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista (Unesp).

Ao departamento de Zootecnia, Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel” e Laboratório de Fisiologia do Exercício Equino e Farmacologia (LAFEQ) da FCAV, pela disponibilização dos cavalos do plantel para a realização deste estudo.

Aos funcionários do setor de Equinocultura e do Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel”, pela disponibilização do seu tempo e ajuda na realização do projeto de pesquisa.

Aos meus colegas e amigos Inácio Silva Viana e Maria Luiza Favero pela contribuição fundamental para a realização do meu mestrado e pelo carinho e companheirismo nessa etapa.

À minha família, pelo suporte, incentivos e paciência. Sem vocês não seria possível realizar esse sonho.

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

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

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"ESTUDO PROSPECTIVO DAS CARACTERÍSTICAS ULTRASSONGRAFICAS DO DIAFRAGMA DE EQUINOS ADULTOS: ESTRUTURA E FUNÇÃO"**, protocolo nº 2048/21, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Paulo Aléscio Canola, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 19 de agosto de 2021.

Vigência do Projeto	01/09/2021 a 01/03/2022
Espécie / Linhagem	Equina
Nº de animais	22 a 30 animais
Peso / Idade	200 a 600kg / Acima de 2 anos
Sexo	Macho e Fêmea (inteirou ou castrados)
Origem	Unesp - Câmpus de Jaboticabal / Pacientes do Hospital Veterinário "Governador Laudo Natel"

Jaboticabal, 19 de agosto de 2021.

Fabiana Pilarski

Profa. Dra. Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

ESTUDO PROSPECTIVO DAS CARACTERÍSTICAS ULTRASSONOGRÁFICAS DO MÚSCULO DIAFRAGMA DE CAVALOS ADULTOS

RESUMO - A avaliação ultrassonográfica do diafragma de cavalos, pode ser empregada para avaliar a função respiratória de forma não invasiva na prática clínica e na avaliação de desempenho de cavalos atletas, porém é um recurso pouco explorado na Medicina Veterinária. Objetivamos propor parâmetros de normalidade para espessura, espessamento, fração de espessamento diafragmático, tempos inspiratório e expiratório em cavalos adultos, através do acesso intercostal (10º, 11º e 12º espaços intercostais) na zona de aposição do diafragma com a parede torácica, comparando as duas técnicas de avaliação ultrassonográfica do diafragma (modo-B e modo-M) durante a respiração em repouso e forçada, além de investigar possível correlação entre peso (até 400kg e mais de 400kg) e os valores aferidos por meio da ultrassonografia. Avaliamos 20 cavalos saudáveis, peso 409 ± 50 Kg, altura 47 ± 0,05 m, idade 16 ± 6 anos, sendo destes 8 machos castrados e 12 fêmeas. Dos quais 7 realizavam exercício submáximo em esteira e andador e 13 eram indivíduos ativos, mantidos a pasto. Os valores de espessura do diafragma aferidos em modo-B foram equivalentes aos aferidos no modo-M. Os cavalos com peso >400kg apresentaram espessura na inspiração (modo-B 0,94±0,2cm e 0,77±0,02cm, p=0,000; modo-M 0,93±0,2cm e 0,74±0,02cm, p=0,000) e expiração (modo-B 0,81±0,02cm e 0,65±0,02cm, p=0,000; modo-M 0,77±0,02cm e 0,63±0,02cm, p=0,000) maior do que os com peso ≤400kg. A fração de espessamento diafragmático não apresentou diferença entre cavalos com peso ≤400kg e >400kg (repouso 18±2% e 16±2%, p=0,609; hipercapnia 39±6% e 31±5%, p=0,301). O peso corpóreo tem relação com a espessura diafragmática, sendo assim, valores absolutos de espessura durante a inspiração e expiração devem ser comparados com cautela entre cavalos. O uso da fração de espessamento diafragmático apresenta-se como uma alternativa para comparar animais e estabelecer parâmetros de normalidade para a espécie.

Palavras-chave: Aparelho respiratório, diafragma, equino, ultrassonografia veterinária

ULTRASONOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE EQUINE DIAPHRAGM: A PROSPECTIVE STUDY

ABSTRACT – Diaphragm ultrasonographic evaluation of horses can be used to assess respiratory function in a non-invasive way in clinical practice and performance evaluation of athletic horses, although it is an underexplored resource in Veterinary Medicine. We aimed to propose reference values for thickness, thickening, diaphragmatic thickening fraction, inspiratory and expiratory times in adult horses, through the intercostal approach (10th, 11th and 12th intercostal spaces) in the diaphragm apposition zone with the thoracic wall, comparing two ultrasonographic evaluation techniques of the diaphragm (2D and M-mode) during tidal and maximum breathing, in addition to investigating possible correlations between weight (up to 400kg and more than 400kg) and the ultrasonographic measurements proposed. We evaluated 20 healthy horses, weight 409 ± 50 kg, height 47 ± 0.05 m, age 16 ± 6 years, 8 geldings and 12 females. Of which 7 were exposed to submaximal exercise on a treadmill and walker and 13 were active individuals kept on pasture. Horses with weight >400kg had end inspiratory (2D 0,94±0,2cm e 0,77±0,02cm, p=0,000; modo-M 0,93±0,2cm e 0,74±0,02cm, p=0,000) and end expiratory (2D 0,81±0,02cm e 0,65±0,02cm, p=0,000; modo-M 0,77±0,02cm e 0,63±0,02cm, p=0,000) thickness higher than horses with ≥400kg. There was no difference between diaphragm thickness fraction of horses with ≤400kg and >400kg (tidal 18±2% e 16±2%, p=0,609; max 39±6% e 31±5%, p=0,301). Weight is related to diaphragmatic thickness, therefore, absolute values of thickness during inspiration and expiration must be compared with caution between horses. The use of diaphragmatic thickening fraction is an alternative to compare animals and establish reference values for horses.

Keywords: Equine, respiratory organs, diaphragm, veterinary ultrasonography

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

O diafragma é uma estrutura composta por fibras musculares e tendíneas, sendo um componente fundamental do conjunto muscular responsável pela respiração, além de proporcionar a delimitação entre a cavidade torácica e abdominal (König e Liebich, 2016; Robinson e Furlow, 2007).

A contração do diafragma, nos cavalos, está diretamente relacionada à frequência respiratória e à capacidade ventilatória, contribuindo para o aumento da capacidade de trocas gasosas durante o exercício e tendo papel importante na apresentação de distúrbios do trato respiratório inferior, superior, sepse e durante a anestesia geral inalatória (Koterba et al., 1988; McGorum et al., 2007; Benson et al., 1984; Hopkins et al., 1998; Ainsworth et al., 1996; Manohar, 1988; Amory et al., 1994; Johnson, 1995; Supinski e Callahan, 2010).

Na Medicina Equina, a avaliação ultrassonográfica do tórax é um procedimento amplamente utilizado no diagnóstico e acompanhamento das enfermidades de vias aéreas inferiores. Trata-se de um procedimento não invasivo, com excelente aceitabilidade pelos pacientes e passível de ser realizado tanto em centros hospitalares como no campo. Atualmente, as técnicas de avaliação ultrassonográfica do tórax nos cavalos incluem a avaliação da pleura, espaço intrapleural e possíveis alterações nas margens superficiais do parênquima pulmonar, enquanto a avaliação do diafragma limita-se à percepção da sua integridade, sendo considerada apenas sua funcionalidade como delimitador entre a cavidade torácica e abdominal (Santos et al., 2012; Canola et al., 2019).

A avaliação ultrassonográfica do diafragma dos cavalos é potencialmente uma nova ferramenta diagnóstica de fácil aplicabilidade na rotina clínica e na medicina esportiva equina, visando a identificação de lesões do sistema respiratório, acompanhamento pacientes com dificuldade respiratória, monitoramento durante procedimentos anestésicos e avaliação de desempenho em animais atletas. A falta de

trabalhos referentes à avaliação ultrassonográfica do diafragma dos cavalos é um dos fatores que impossibilita a sua aplicabilidade, sendo necessários estudos com animais de diferentes raças e tamanhos para a sua viabilização e estabelecimento de valores de referência para espessura diafragmática e mecânica de movimentação durante o ciclo respiratório.

O presente estudo tem como objetivo a determinação de parâmetros ultrassonográficos de equinos em posição quadrupedal, por acesso intercostal, durante a respiração em repouso e respiração forçada, com ênfase na espessura diafragmática durante a inspiração e expiração, espessamento da musculatura diafragmática decorrente da sua contração, fração de espessamento diafragmático (FED), tempo inspiratório e expiratório e correlação dos fatores citados com peso dos cavalos avaliados.

5. CONCLUSÃO

Obtivemos valores de espessura, espessamento, FED, tempo inspiratório, tempo expiratório e frequência respiratória através da avaliação ultrassonográfica do diafragma de cavalos, pelo acesso intercostal através do modo-B e modo-M, para que possam ser utilizados para posterior comparação. Devido à diferença entre a espessura do diafragma de cavalos de diferentes pesos a FED deve ser utilizada para comparar a atividade muscular do diafragma entre indivíduos.

6. REFERÊNCIAS

Ainsworth DM, Eicker SW, Nalevanko ME, Ducharme NG, Hackett RP, Snedden K (1996) The effect of exercise on diaphragmatic activation in horses. **Respiration Physiology** 106:35-46.

Ali ER, Mohamad, AM (2017) Diaphragm ultrasound as a new functional and morphological index of outcome, prognosis and discontinuation from mechanical ventilation in critically ill patients and evaluating the possible protective indices against VIDD. **Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis** 66: 339-35.

Burnheim K, Hughes KJ, Evans DL, Raidal SL (2016) Reliability of breath-by-breath spirometry and relative flow-time indices for pulmonary function testing in horses. **BMC Veterinary Research** 12:268-271

Canola PA, Valadão CAA, Canola JC, Flôres FN, Lopes MCS (2019) Experimentally-induced open pneumothorax in horses. **Journal of Equine Veterinary Science** 80:90-97.

Cohn D, Benditt JO, Eveloff S, Mccool FD (1997) Diaphragm thickening during inspiration. **Journal of Applied Physiology** 83:291-296

DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD (2014) Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. **Thorax** 69:423-427

Esper RC, Calatayud AAP, Pérez CAP (2016) Evaluación ultrasonográfica de la función diafragmática mediante doble abordaje en el paciente grave. **Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva** 30:242-245

Fitzharris LE, Meehan, LJ, Hezzell MJ, Allen KJ (2020) The equine diaphragm: a novel technique for repeatable ultrasound measurement. **Veterinary Radiology and Ultrasound** 55:295-305.

Fitzharris LE, Hezzell MJ, McConnell AK, Allen KJ (2023) Training the equine respiratory muscles: ultrasonographic measurement of muscle size. **Equine Veterinary Journal** 61:705-717.

Goligher et al. (2015) Using ultrasound to prevent diaphragm dysfunction. **ICU Management & Practice** 18:258-260

Hopkins SR, Bayly WM, Slocombe RF, Wagner H, Wagner PD (1998) Effect of prolonged heavy exercise on pulmonary gas exchange in horses. **Journal of Applied Physiology** 84:1723-1730.

Koterba AM, Kosch PC, Beech J, Whitlock T (1988) Breathing strategy of the adult horse (*Equus caballus*) at rest. **Journal of Applied Physiology** 64:337-346.

Manohar M, Goetz TE, Nganwa D (1988) Costal diaphragmatic O_2 and lactate extraction in laryngeal hemiplegic ponies during exercise. **Journal of Applied Physiology** 65:1723-1728.

Marlin DJ, Deaton CM (2007) Pulmonary Function Testing. In.: McGorum BC, Dixon PM, Robinson NE, Schumacher J (Eds.) **Equine respiratory medicine and surgery**. Nova York: Saunders, p103-117.

Matamis D, Soilemezi E, Tsagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F, Richard JCM, Brochard L (2013) Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications**. Intensive Care Medicine** 39:801-810.

McGorum BC, Dixon PM, Robinson NE, Schumacher J (Eds.) (2007) **Equine respiratory medicine and surgery**. Nova York: Saunders, 705p.

Poole DC, Petrisko RN, Anderson L, Fedde MR, Erickson HH (2002) Structural and oxidative enzyme characteristics of the diaphragm. **Equine Veterinary Journal** 34:459-463.

Robinson NE, Furlow PW (2007) Anatomy of the respiratory system. In.: McGorum BC, Dixon PM, Robinson NE, Schumacher J (Eds.) **Equine respiratory medicine and surgery**. Nova York: Saunders, p3-17.

Santana PV, Prina E, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P (2016) Identifying decreased diaphragmatic mobility and diaphragm thickening in interstitial lung disease: the utility of ultrasound imaging. **Journal Brasileiro de Pneumologia** 42:88-94.

Sarwal A, Walker FO, Cartwright MS (2013) Neuromuscular ultrasound for evaluation of the diaphragm. **Muscle & Nerve** 12:319-329

Schepens T, Goligher EC (2018) Using ultrasound to prevent diaphragm dysfunction. **ICU Management and Practice** 18:258-260.

Soilemezi E, Vasileiou M, Spyridonidou C, Tsagourias M, Matamis D (2019) Understanding patient-ventilator asynchrony using diaphragmatic ultrasonography. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine** 200:27-28.

Testa A, Soldati G, Giannuzzi R, Berardi S, Portale G, Silveri NG (2011) Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. **Ultrasound in Medicine & Biology** 37:44-52.

Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, Shi ZH, Goligher EC, Goffi A, Korte C, Demoule A, Heunks L (2020) Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients – a narrative review. **Intensive Care Medicine** 46:594-605.

Varón-Vega F, Hernández Á, López M, Cáceres E, Giraldo-Cadavid LF, Uribe-Hernandez AM, Crevoisier S (2021) Usefulness of diaphragmatic ultrasound in predicting extubation success. **Medicina Intensiva** 45:226-233.