

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE LESÕES NA COLUNA
TORACOLOMBAR DE EQUINOS COM E SEM LAMINITE CRÔNICA**

Julia Renault Baeta Guedes

Belo Horizonte

2023

Julia Renault Baeta Guedes

**CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE LESÕES NA COLUNA
TORACOLOMBAR DE EQUINOS COM E SEM LAMINITE CRÔNICA**

Versão final

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Medicina e Cirurgia Veterinárias

Orientador: Professor PhD MSc Rafael Resende Faleiros

Co-orientadora: PhD MSc Cynthia Vendruscolo

Belo Horizonte

2023

G924c Guedes, Julia Renault Baeta, 1993-
Caracterização e comparação de lesões da coluna toracolombar de equinos com e sem laminite crônica /
Julia Renault Baeta Guedes. – 2023.

80 f.
Inclui bibliografia e anexo: f. 73-78.

Orientador: Rafael Resende Faleiros.
Coorientadora: Cynthia Vendruscolo.

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

1- Equino – Teses. 2- Equino – doenças – Teses. 3. Biópsia – teses. I – Faleiros, Rafael Resende. II – Vendruscolo, Cynthia. III – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III- Título.

CDD – 636.089



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

JULIA RENAULT BAETA GUEDES

TÍTULO

CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DE LESÕES NA COLUNA VETERBRAL TORACOLOMBAR EM EQUINOS COM E SEM LAMINITE CRÔNIC

Dissertação subme da à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL, como requisito para obtenção do grau de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL, área de concentração Medicina e Cirurgia Veterinárias.

Aprovado(a) em 06 de março de 2023, pela banca cons tuída pelos membros:

Dr.(a). Rafael Resende Faleiros - Orientador(a)

Dr.(a). Armando de Ma os Carvalho

Dr.(a). Phillip Johnson



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Resende Faleiros, Professor do Magistério Superior**, em 07/03/2023, às 13:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Armando de Mattos Carvalho, Professor do Magistério Superior**, em 07/03/2023, às 15:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Philip James Johnson, Usuário Externo**, em 21/06/2023, às 12:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2067102** e o código CRC **638578A2**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pelos caminhos que me guiaram até aqui e pela minha saúde não só física, mas também espiritual, que me sustentaram durante o percurso.

Aos meus pais, além de tudo, pela vida. E se eu puder ser ainda mais grata, obrigada pelo apoio incondicional, pelo exemplo de determinação que são, pelo amor e por sempre acreditar que eu era capaz.

À minha grande família e também aos meus queridos amigos e amigas, de dentro e fora da veterinária, muito obrigada pelo apoio e pela torcida durante essa etapa.

Ao Vitor, que gentilmente permitiu a realização do primeiro exame piloto feito por mim em sua égua. Obrigada pela confiança. Deixo aqui uma homenagem de carinho à Silver.

Ao Pedro do Haras Horizonte, ao Dao da Fazenda Santa Helena, aos meninos do Rancho Vale da Serra e à tantos outros funcionários de hípicas, haras e centros de treinamento que nos receberam, muito obrigada. Obrigada pela atenção e prontidão em ajudar com os animais durante o experimento. Sem vocês, nada disso teria sido possível.

À Carol e ao Pedro, ao Marcelo Damas, Felipe Zica, Marcos Paixão, João Luiz, João Vitor, Augusto, Mathias, Jefferson e Bruno, pela ajuda na busca dos animais para esse estudo. Sem essa colaboração em rede, esse projeto não seria viável. Muito obrigada!

À Paula, que em meio ao seu próprio projeto de pesquisa e tantos outros compromissos, se disponibilizou a nos ajudar nas avaliações das imagens do experimento. Muito obrigada! Sua parceria foi muito importante para mim nessa etapa.

À família EQUINOVA, em especial aos professores Geraldo Eleno, Rafael, Armando e Andressa, que se dedicam incansavelmente à pesquisa dentro da universidade pública e à nossa orientação. Aos colegas, obrigada pela amizade partilhada e por tantos conhecimentos trocados. Em especial ao Tony, o qual muito admiro e que foi um grande parceiro desde o início.

À Mayara e Jéssica, que sempre foram como mentoras para mim e se tornaram grandes amigas ao longo desse caminho. Obrigada pela força incondicional e pelo grande exemplo de mulheres pesquisadoras que vocês são.

Aos professores e funcionários da Escola de Veterinária e do Hospital Veterinário da UFMG, a minha querida casa de formação, que foram tão queridos na companhia e no auxílio durante essa caminhada.

Aos cavalos, em especial aos que participaram desse experimento, que além de tê-los como paixão, são o alicerce da minha carreira profissional e o combustível dessa pesquisa científica como evolução da ciência veterinária.

À CAPES, por financiar esse projeto experimental.

À Cynthia, minha co-orientadora nessa jornada, muito obrigada pelo companheirismo na elaboração desse experimento, pelo aprendizado imenso que adquiri, pela amizade cheia de risadas no seu desdobramento e pela parceria nos muitos quilômetros rodados.

Ao meu orientador, Rafael Faleiros, primeiramente pela oportunidade, pelos ensinamentos primordiais e pela confiança, acima de tudo. Eu tenho muita gratidão pelos seus incentivos competentes, pelo seu apoio humanitário e pela sua amizade durante essa jornada. Obrigada por ser pai, professor e um orientador memorável. Obrigada por ser um exemplo e uma inspiração excepcional de pessoa e pesquisador. Foi uma honra aprender e trabalhar com você.

Aos membros da banca, pela atenção dedicada e pela disponibilidade.

A todos, que de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento e a realização desse trabalho, muito obrigada!

RESUMO

A laminite é a segunda doença que mais promove óbito em equinos e é a mais debilitante que acomete a parte distal do aparelho locomotor. Devido à intensa dor que se manifesta principalmente nos membros torácicos, o cavalo acometido desloca o tronco caudalmente, adotando uma postura constante de dorso arqueado e coluna toracolombar flexionada. Ainda não são sabidas nem exploradas, as possíveis repercussões de tal postura para a coluna vertebral de equinos. O objetivo desse estudo é investigar a prevalência e a intensidade de lesões que afetam a coluna toracolombar em equinos com laminite, comparando-as com as de equinos saudáveis. Utilizou-se uma amostra populacional de 60 equinos, 30 clinicamente saudáveis e 30 com laminite crônica, composta de 42 fêmeas e 18 machos de raças distintas, funções diversas e com idade entre 2 e 20 anos oriundos de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Os animais foram avaliados em única ocasião, utilizando-se exame físico e um sistema de escores para lesões determinado por testes de inspeção, palpação da e avaliação da mobilidade na coluna denominado Método de Avaliação Clínica da Coluna Toracolombar Equina (MACCTORE), que foi desenvolvido a partir deste experimento. Adicionalmente, aplicou-se a Escala de Dor Equina de Grimace (HGS) e realizou-se a avaliação ultrassonográfica da coluna toracolombar, transversalmente, da região de T17-L6 com a probe convexa e, longitudinalmente, da região de T5-L6 com a probe linear. As imagens ultrassonográficas foram avaliadas cegamente por 2 avaliadores distintos. A função muscular também foi avaliada pela determinação das concentrações sanguíneas de enzimas musculares. Os valores de cada variável foram comparados entre grupos pelo teste t de Student não pareado ou pelo teste de Mann-Whitney ($P < 0,05$). Mais além, comparou-se a distribuição de frequência de animais acometidos com escores de lesão acima e abaixo do ponto de corte, que correspondeu ao percentil 75 (P_{75}) de toda a população. Equinos com laminite crônica apresentaram manifestação dolorosa superior (HGS e frequência cardíaca $P < 0,0001$) concomitante com aumentos significativos nas médias ($\pm DP$) dos índices de lesão da coluna toracolombar tanto ao exame clínico MACCTORE ($11,7 \pm 4,8$ vs. $4,2 \pm 3,3$, $P < 0,0001$) como índice geral ultrassonográfico ($39,6 \pm 12,0$ vs. $20,7 \pm 7,1$, $P < 0,0001$) e nos exames específicos para processos articulares e espinhosos ($P < 0,0001$), ligamento espinhoso ($P = 0,0003$) e musculatura epaxial ($P = 0,017$). Com base nos parâmetros pré-estabelecidos (grau de US total > 30), equinos com laminite apresentaram prevalência 14 vezes superior (IC: 4,4 a 50,6, $P < 0,0001$) de lesões ultrassonográficas de relevância na coluna toracolombar. Apesar de iniciais, os resultados são suficientes para demonstrar relevante associação entre laminite crônica e ocorrência de lesões na coluna lombar de equinos. Novos esforços se fazem urgentemente necessários para expandir a caracterização das lesões aqui demonstradas e propor medidas preventivas e terapêuticas específicas para a coluna vertebral que proporcionem maior efetividade na reabilitação e no bem-estar de equinos com laminite crônica.

Palavras-chave: equinos, laminite, coluna, ultrassonografia.

ABSTRACT

Laminitis is the second disease that most causes death in horses and is the most debilitating that affects the distal part of the locomotor system. Due to the intense pain that manifests itself mainly in the forelegs, the affected horse displaces the trunk caudally, adopting a constant posture of arched back and flexed thoracolumbar spine. The possible repercussions of such a posture for the equine spine are not yet known or explored. The aim of this study is to investigate the prevalence and intensity of injuries that affect the thoracolumbar spine in horses with laminitis, comparing them with those of healthy horses. A population sample of 60 horses was used, 30 clinically healthy and 30 with chronic laminitis, composed of 42 females and 18 males of different breeds, different functions and aged between 2 and 20 years old, coming from Minas Gerais, São Paulo and Paraná. The animals were assessed on a single occasion, using physical examination and a scoring system for injuries determined by tests of inspection, palpation of and evaluation of mobility in the spine called the Method of Clinical Evaluation of the Equine Thoracolumbar Spine (MACCTORE), which was developed from this experiment. Additionally, the Grimace Equine Pain Scale (HGS) was applied and an ultrasound evaluation of the thoracolumbar spine was carried out, transversely, from the T17-L6 region with the convex probe, and, longitudinally, from the T5-L6 region with the convex probe. The ultrasound images were blindly evaluated by 2 different evaluators. Muscle function was also assessed by determining blood concentrations of muscle enzymes. The values of each variable were compared between groups using the unpaired Student's t test or the Mann-Whitney test ($P < 0.05$). Furthermore, the frequency distribution of affected animals with lesion scores above and below the cut-off point was compared, which corresponded to the 75th percentile (P_{75}) of the entire population. Horses with chronic laminitis showed higher pain manifestations (HGS and heart rate $P < 0.0001$) concomitant with significant increases in means (\pm SD) of thoracolumbar spine injury indices both at the MACCTORE clinical examination (11.7 ± 4.8 vs. 4.2 ± 3.3 , $P < 0.0001$) as a general sonographic index (39.6 ± 12.0 vs. 20.7 ± 7.1 , $P < 0.0001$) and in specific exams for articular and spinous processes ($P < 0.0001$), spinous ligament ($P = 0.0003$) and epaxial musculature ($P = 0.017$). Based on pre-established parameters (total US degree > 30), horses with laminitis had a 14-fold higher prevalence (CI: 4.4 to 50.6, $P < 0.0001$) of ultrasound-relevant lesions in the thoracolumbar spine. Although initial, the results are sufficient to demonstrate a relevant association between chronic laminitis and the occurrence of lumbar spine injuries in horses. New efforts are urgently needed to expand the characterization of the injuries demonstrated here and to propose specific preventive and therapeutic measures for the spine that provide greater effectiveness in the rehabilitation and well-being of horses with chronic laminitis.

Keywords: equine, laminitis, spine, ultrasonography

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (A) e (B) Cavalo com laminite crônica nos membros anteriores apresentando postura clássica da doença. Os membros posteriores estão deslocados cranialmente, para debaixo do tronco. Adaptado de Pollitt (2008). **Página 28.**
- Figura 2.** Esqueleto axial equino composto pelo crânio, as costelas, o esterno e os segmentos da coluna vertebral, com destaque em quadrados vermelhos para as seguintes transições: atlanto-occipital (A-O), cérvico-torácica (C-T), toracolombar (T-L) e lombossacra (L-S). Adaptado de Williams e Mckenna (2017). **Página 29.**
- Figura 3.** Desenhos esquemáticos de um segmento vertebral, formado por duas vértebras adjacentes e os tecidos moles adjacentes (A), e de um corte transversal da coluna na região toracolombar (B). (A) Vista lateral das vértebras L4 e L5 de um equino, mostrando os principais ligamentos da coluna vertebral dos equinos. 1- Ligamento supraespinhoso (azul escuro); 2- Ligamento interespinhoso (azul claro); 3- Disco intervertebral (roxo); 4- Ligamento longitudinal ventral (verde claro). (B) Corte transversal da coluna toracolombar equina na altura de L2. 1- Músculo multífidus; 2- Músculo longuíssimo dorsal; 3- Músculo psoas maior; 4- Corpo vertebral; 5- Processo espinhoso da vértebra L2; 6- Processo transversal da vértebra L2. **Página 31.**
- Figura 4.** Mobilidade da coluna toracolombar equina durante a flexão (à esquerda) e extensão (à direita). A movimentação do pescoço e das costas estão intimamente conectados à mobilidade dorsoventral da coluna vertebral toracolombar e da região lombossacra. Adaptada de Denoix, 1999b. **Página 32.**
- Figura 5.** Mobilidade da coluna toracolombar equina durante a lateroflexão (setas tridimensionais em branco). Quantidades máximas de flexão lateral de cada região espinhal referenciadas a partir de segmentos vertebrais rotulados. Adaptada de Denoix, 1999b. **Página 33.**
- Figura 6.** Exemplos de animais com diferentes conformações da coluna vertebral. Animal adulto com conformação normal (A); potro com lordose congênita (B); uma peça dissecada de coluna equina com escoliose congênita (C); cavalo com lordose adquirida em vida adulta (D) e cifose em um animal jovem (E). Adaptado de Jeffcott (1980). **Página 44.**
- Figura 7.** Animal com laminite crônica nos membros posteriores assumindo postura antiálgica de hiperflexão da coluna toracolombar. Membros anteriores deslocados caudalmente (amarela) e cifose da coluna vertebral (setas vermelhas) podendo ser avaliada pelo exame de inspeção. **Página 45.**
- Figura 8.** Exemplo de atrofia musculares que podem ser visíveis no exame de inspeção da coluna toracolombar. Atrofia de espinalis e parte do trapézio porção torácica (seta vermelha); atrofia de longuíssimo dorsal (setas amarelas); atrofia de glúteos (setas azuis); atrofia de quadríceps (seta verde). **Página 46.**

Figura 9. Exame de palpação da coluna toracolombar equina. (A) Palpação da coluna vertebral em sua linha mediana dorsal para avaliação do ligamento supraespinhoso e alinhamento dorsal dos processos espinhosos; (B) palpação na linha paravertebral do lado esquerdo da coluna do cavalo para melhor avaliação do ligamento supraespinhoso e aferição de sensibilidade dolorosa e (C) palpação dos músculos longuíssimo dorsal e iliocostal lateralmente (lado direito do animal) à linha mediana da coluna de um equino. **Página 47.**

Figura 10. Pontos de estímulo digital para a extensão da coluna toracolombar. (A) Estímulo na altura de T10, na base da cernelha, observando a extensão torácica; (B) estímulo com as pontas dos dedos na altura de T16, observando a extensão toracolombar e (C) cócegas em L4\L5 estimulando a extensão da lombossacra. **Página 48.**

Figura 11. Pontos de estímulo digital para a flexão da coluna vertebral equina. À esquerda, na base da cauda, cócegas com as pontas dos dedos ou pressão digital leve para indução da flexão lombar e lombossacra (A). À direita, caudalmente à cartilagem xifoide, estímulo de cócegas para indução da flexão torácica (B). **Página 49.**

Figura 12. Exame de do teste de lateroflexão da coluna vertebral. À esquerda, aplicação de um estímulo digital na penúltima costela esquerda, direcionando a pressão no sentido oposto ao do examinador, posicionado do lado esquerdo do animal, e ao mesmo tempo, uma tração na base da cauda em sentido ao examinador para obter a lateroflexão da coluna para o lado esquerdo (A). À direita, aplicação de um estímulo digital na penúltima costela direita, direcionando a pressão no sentido oposto ao do examinador, posicionado do lado direito do animal, e ao mesmo tempo, uma tração na base da cauda em sentido ao examinador para obter a lateroflexão da coluna para o lado direito (B). **Página 50.**

Figura 13. Escala de Dor Equina de Grimace (HGS). A Escala de Dor Equina de Grimace com imagens e explicações para cada as 6 unidades de ações faciais (FAUs). Cada unidade de ação facial tem uma graduação considerando se a característica avaliada nesta está ausente (escore 0), moderadamente presente (escore 1) ou obviamente presente (escore 2). Adaptado de Dalla Costa et al. (2014). **Página 51.**

Figura 14. Exame ultrassonográfico da coluna toracolombar realizado durante o atual experimento. À esquerda, a avaliação transversal que foi realizada desde T17 até L6, do lado direito e do lado esquerdo, com a probe convexa gerando as imagens paramedianas (A). À direita, a avaliação longitudinal que foi feita desde T5 até L6, sobre a linha mediana dorsal da coluna, com a probe linear gerando as imagens medianas (B). **Página 52.**

Figura 15. Imagem ultrassonográfica formada por duas imagens simétricas da mesma articulação intervertebral, lado direito e lado esquerdo, para uma visualização topográfica completa da articulação. (1) Pele; (2) Processos espinhoso de L1; (3) Processos articulares caudais de T18; (4) Processos articulares em articulação; (5) Processos articulares craniais de T18; (6) processo mamilar de

L1; 7) Processos transversos de L1; (8) M. multífidus; (9) M. longuíssimos; seta preta: cápsula articular e seta branca: espaço articular. Adaptado de Denoix (1999a). **Página 54.**

Figura 16. Imagens ultrassonográficas sem anormalidades, em cortes transversais, simétricas (lado direito e esquerdo) de diferentes vértebras da coluna toracolombar equina feitas durante o atual experimento. (A) Vértebra T18; (B) vértebra L1; (C) vértebra L2; (D) vértebra L3; (E) vértebra L4 e (F) vértebra L6. **Página 55.**

Figura 17. Imagens ultrassonográficas com anormalidades, em cortes transversais, simétricas (lado direito e esquerdo) de diferentes vértebras da coluna toracolombar equina feitas durante o atual experimento. (A) Vértebra T17 com osteoartrite e presença de osteófitos próximos aos processos articulares do lado esquerdo e direito; (B) vértebra L1 com osteoartrite com perda moderada a severa da regularidade articular em ambos os lados; (C) vértebra L2 com osteoartrite, perda leve da regularidade articular e presença de osteófitos em ambos os lados; (D) vértebra L3 com osteoartrite com perda moderada da regularidade articular de ambos os lados; (E) vértebra L4 com osteoartrite com leve irregularidade articular do lado esquerdo e (F) vértebra L6 com osteoartrite com leve irregularidade articular e presença de osteófitos do lado esquerdo. **Página 55.**

Figura 18. Imagens ultrassonográficas sem anormalidades, em cortes longitudinais, de diferentes vértebras da coluna toracolombar equina feitas durante o atual experimento. (A) PE da vértebra T8; (B) PE da vértebra T10; (C) PE da vértebra T15; (D) PE da vértebra L1; (E) PE da vértebra L3 e (F) PE da vértebra L5. **Página 56.**

Figura 19. Imagens ultrassonográficas com anormalidades, em cortes longitudinais, de diferentes vértebras da coluna toracolombar equina feitas durante o atual experimento. (A) PE da vértebra T8 com presença de osteófito; (B) PE da vértebra T10 com irregularidade de moderada a severa; (C) PE da vértebra T11 com superfície irregular moderada e LSE com áreas hiperecóticas circunscritas; (D) PE da vértebra T18 com leve irregularidade e remodelamento; (E) PE da vértebra L2 com superfície moderadamente irregular e com perda de continuidade e (F) PE da vértebra L4 com irregularidade moderada a severa e LSE com presença de fibras hiperecóticas. **Página 59.**

Figura 20. Médias e desvios-padrão para as variáveis peso (kg) à esquerda e altura (metros) à direita, para ambos os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC). **Página 58.**

Figura 21. Médias e desvios-padrão para as variáveis FC (batimentos/minuto) à esquerda, FR (movimentos/minuto) ao centro e TR (graus Celsius), para ambos os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC). **Página 58.**

Figura 22. Médias e desvios-padrão para as variáveis CK (U.I/L) à esquerda e LDH (U.I/L) à direita, para ambos os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC). **Página 60.**

- Figura 23.** Médias e desvios-padrão para as variáveis MACCTORE (escore) à esquerda e escore facial de dor (escore) à direita, para ambos grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC). **Página 61.**
- Figura 24.** Médias e desvios-padrão para a variável processo articular (PA) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para PA. **Página 62.**
- Figura 25.** Médias e desvios-padrão para a variável musculatura epaxial (ME) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para ME. **Página 63.**
- Figura 26.** Médias e desvios-padrão para a variável processo espinhoso (PE) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para PE. **Página 63.**
- Figura 27.** Médias e desvios-padrão para a variável ligamento supraespinhoso (LSE) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para LSE. **Página 64.**
- Figura 28.** Médias e desvios-padrão para a variável avaliação ultrassonográfica total (AUST) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para AUST. **Página 61.**
- Figura 29.** Correlação entre a avaliação ultrassonográfica total (AUST) e o método MACCTORE. **Página 41.**
- Figura 30.** Prevalências relativas de lesões nos processos articulares (PA) da coluna toracolombar de equinos com e sem laminite crônica. Os asteriscos assinalam os processos articulares nos quais houve maior prevalência de lesões (graus 1 a 3) em equinos com laminite em relação ao grupo controle ($P < 0,05$). **Página 66.**
- Figura 31.** Prevalências relativas de lesões ultrassonográficas observadas na musculatura epaxial (ME) da coluna toracolombar de equinos com e sem laminite. **Página 67.**
- Figura 32.** Prevalências relativas de lesões nos processos espinhosos (PE) da coluna toracolombar dos equinos dos grupos CON e GLC. **Página 68.**
- Figura 33.** Prevalências relativas de lesões no ligamento supraespinhoso (LSE) da coluna toracolombar dos equinos com e sem laminite crônica. Os asteriscos assinalam os ligamentos supraespinhoso nos quais houve maior prevalência de alterações em equinos com laminite em relação ao grupo controle ($P < 0,05$). **Página 69.**

Figura 34. Frequência absoluta de equinos com e sem (controle) laminite crônica portadores de lesões intensas (as que estão no quartil superior – P75) na coluna toracolombar considerando-se variáveis clínicas (MACCTORE) e ultrassonográficas (PA, PE, ME, LSE, AUST). **Página 66.**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Relação de funções, raças e idade incluindo animais sem laminite e animais com laminite crônica. **Página 39.**
- Tabela 2.** Ficha individual de cada animal. Cada ficha contém informações como o nome, o tempo de duração da laminite daquele animal, se aplicável; a sua atividade ou função; idade; raça; sexo; peso e altura (que é mensurada pela cernelha). Junto a essa ficha, também foram registrados os parâmetros coletados através do exame clínico desses animais, tais como: frequência cardíaca (FC); frequência respiratória (FR); coloração das mucosas oral e ocular; o tempo de preenchimento capilar (TPC); o nível de hidratação do animal; o pulso; o pulso digital; a temperatura retal (TR); as características da ausculta pulmonar e o detalhamento da ausculta do trato gastrointestinal (TGI). **Páginas 40 e 41. .**
- Tabela 3.** Relação da divisão de raças dentro dos grupos controle (GC) e laminite crônica (GLC) e os tipos de laminite que os animais examinados no estudo manifestaram com a informação de apresentação ou não da postura antiáltiga clássica como um dos sinais clínicos da laminite. **Página 41.**
- Tabela 4.** MACCTORE (Método de Avaliação Clínica da Coluna Toracolombar Equina). O método MACCTORE. O MACCTORE é uma metodologia tabelada dividida três momentos: a inspeção, a palpação e os testes de mobilidade. Dentro de cada um desses momentos, existem parâmetros pré-definidos. Contido dentro da inspeção, tem-se a avaliação do grau de atrofia muscular de determinados grupos musculares; escoliose; lordose; cifose; contração abdominal e assimetria de tuber sacral. Incluído em palpação, tem-se a avaliação do grau de dor muscular, espasmo/tensão muscular, presença ou não de nódulos musculares e fasciculação muscular em determinados grupos musculares; dor na linha média dorsal e desalinhamento dos processos espinhosos. Abrangido pelos testes de mobilidade, tem-se a avaliação graduada de extensões torácica, toracolombar e lombossacra; flexões torácica e lombossacra e lateroflexões esquerda e direita. Para cada parâmetro avaliado foi atribuído um escore, de 0 a 3 (para inspeção e palpação), ou de 0 a 2 (para os testes de mobilidade). Cada graduação dentro do método MACCTORE tem uma definição descritiva de como, supostamente, o animal deve ou não se comportar ao corresponder àquele escore. Ao final da tabela, encontra-se áreas para adicionar qualquer informação extra e observação feita durante o exame e também uma lista com os grupos musculares que devem ser avaliados, principalmente, nesses exames. **Página 43.**
- Tabela 5.** Ficha ultrassonográfica individual elaborada para a avaliação de quatro variáveis: processos articulares, musculatura epaxial, processos espinhosos e ligamento supraespinhoso. A ficha contém a graduação em escores para cada variável, sendo: processo articular de 0-3; musculatura epaxial de 0-4 referente à ecogenicidade de fibras e de 0-2 referente ao volume da musculatura; processo espinhoso de 0-3 e ligamento supraespinhoso de 0-4. Nela também

existe uma legenda com a explicitação do que cada escore significa. Ao lado direito da ficha, existe uma coluna de somatória individual de escore total para cada variável e ao final um espaço para a soma total do escore ultrassonográfico geral. Essa ficha foi fornecida para os avaliadores cegos juntamente com as imagens de ultrassom para que fossem preenchidas. A identificação do animal e o grupo ao qual pertencia (CON ou GLC) foram reservados para preenchimento posterior, apenas para o processamento estatístico. **Página 53.**

LISTA DE ABREVIATURAS

ACTH	Hormônio adrenocorticotrófico
AUST	Avaliação ultrassonográfica total
CHO	Carboidrato
CK	Creatinoquinase
CON	Grupo controle
CP	Calprotectina
DAMPs	Padrões moleculares associados ao dano
DI	Desregulação insulínica
ENP	Extrato de noqueira preta
FC	Frequência cardíaca
FR	Frequência respiratória
GC	Glicocorticoide
GLC	Grupo laminite crônica
LDH	Lactato desidrogenase
LPS	Lipopolissacarídeo
LSE	Ligamento supraespinhoso
MACCTORE	Método de Avaliação Clínica da Coluna Toracolombar Equina
ME	Musculatura epaxial
ml	mililitros
mm	milímetros
PA	Processo articular
PE	Processo espinhoso
PPRs	Receptores de reconhecimento padrão
RI	Resistência insulínica
SIRS	Síndrome da resposta inflamatória sistêmica
SME	Síndrome metabólica equina
TGI	Trato gastrointestinal
TLR	Receptores do tipo Toll-like
TPC	Tempo de preenchimento capilar
TR	Temperatura retal

T1	Primeira vértebra torácica
T2	Segunda vértebra torácica
T3	Terceira vértebra torácica
T4	Quarta vértebra torácica
T5	Quinta vértebra torácica
T6	Sexta vértebra torácica
T7	Sétima vértebra torácica
T8	Oitava vértebra torácica
T9	Nona vértebra torácica
T10	Décima vértebra torácica
T11	Décima primeira vértebra torácica
T12	Décima segunda vértebra torácica
T13	Décima terceira vértebra torácica
T14	Décima quarta vértebra torácica
T15	Décima quinta vértebra torácica
T16	Décima sexta vértebra torácica
T17	Décima sétima vértebra torácica
T18	Décima oitava vértebra torácica
L1	Primeira vértebra lombar
L2	Segunda vértebra lombar
L3	Terceira vértebra lombar
L4	Quarta vértebra lombar
L5	Quinta vértebra lombar
L6	Sexta vértebra lombar
S1	Primeira vértebra sacral
S2	Segunda vértebra sacral
S3	Terceira vértebra sacral
S4	Quarta vértebra sacral
S5	Quinta vértebra sacral

SUMÁRIO

RESUMO	7
1. INTRODUÇÃO	20
2. HIPÓTESE	21
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. REVISÃO DE LITERATURA	22
4.1 LAMINITE	22
4.2 LAMINITE ENDOCRINOPÁTICA	23
4.3 LAMINITE ASSOCIADA À SEPSE/SIRS	25
4.4 LAMINITE ASSOCIADA À SOBRECARGA DE PESO	27
4.5 SINAIS CLÍNICOS DA LAMINITE	28
4.6 ANATOMIA DA COLUNA TORACOLOMBAR EQUINA	30
4.7 BIOMECÂNICA DA COLUNA TORACOLOMBAR EQUINA	32
4.7.1 FLEXÃO E EXTENSÃO DORSOVENTRAL	33
4.7.2 LATEROFLEXÃO BILATERAL	34
4.7.3 ROTAÇÃO AXIAL	35
4.8 PRINCIPAIS LESÕES DA COLUNA TORACOLOMBAR DE EQUINOS	35
4.8.1 <i>KISSING SPINES</i>	35
4.8.2 OSTEOARTRITE INTERVERTEBRAL	37
4.8.3 DESMOPATIA SUPRAESPINHOSA	39
5. MATERIAL E MÉTODOS	40
5.1 ANIMAIS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	40
5.2 EXAME CLÍNICO E COLETA DE MATERIAL PARA SOROLOGIA DE ANALITOS	43
5.3 EXAME FÍSICO DA COLUNA TORACOLOMBAR	44

5.3.1 MACCTORE	44
5.3.1.1 Inspeção	46
5.3.1.2 Palpação	48
5.3.1.3 Testes de mobilidade	49
5.4 ESCORE FACIAL DE DOR	51
5.5 EXAME ULTRASSONOGRÁFICO DA COLUNA TORACOLOMBAR	53
5.5.1 PROCESSOS ARTICULARES E MUSCULATURA EPAXIAL	54
5.5.2 PROCESSOS ESPINHOSOS E LIGAMENTO SUPRAESPINHOSO	56
5.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	58
<u>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	<u>58</u>
6.1 AVALIAÇÃO CLÍNICA	58
6.2 AVALIAÇÃO SOROLÓGICA DE ANALITOS	60
6.3 AVALIAÇÃO FÍSICA DA COLUNA TORACOLOMBAR E ESCORE FACIAL DE DOR	61
6.4 AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA DA COLUNA TORACOLOMBAR	62
6.5 PREVALÊNCIA DE ALTERAÇÕES ULTRASSONOGRÁFICAS NA COLUNA TORACOLOMBAR EQUINA	66
6.6 PREVALÊNCIA DE ANIMAIS ACOMETIDOS POR LESÕES CLÍNICAS E ULTRASSONOGRÁFICAS INTENSAS	70
6.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
<u>7. CONCLUSÕES</u>	<u>72</u>
<u>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>72</u>
<u>9. ANEXOS A – PEDIDO DE REGISTRO DE MARCA</u>	<u>78</u>

1. INTRODUÇÃO

A laminite é a doença mais grave que acomete a porção distal do membro dos equinos e é a segunda que mais ocasiona óbitos nessa espécie. Mesmo após anos desde os primeiros registros da doença, a laminite continua sendo um desafio para veterinários, ferradores e cavaleiros, devido à sua complexa fisiopatologia e a necessidade de uma terapia multimodal. Essa complexidade se dá, pois o casco é uma porção tegumentar altamente especializada para a sustentação do peso do equino e dissipação das forças de reação do solo, onde a conexão do casco com o esqueleto apendicular é feita pelo aparato suspensor da falange distal. A laminite é justamente a falha estrutural e funcional dessa conexão e, que levam os equinos a terem muita dificuldade de apoiar nos quatro membros e de se locomoverem, devido à dor que sentem. Essa doença pode comprometer não só a carreira atlética dos animais, mas principalmente, o seu bem-estar, podendo até levá-los à óbito, gerando custos financeiros e emocionais significativas a todos os envolvidos no processo dela (Belknap, 2017; Pollitt, 2008).

Em um animal saudável a falange distal, ou terceira falange, fica alojada dentro do casco por um aparato suspensor resistente e flexível conhecido como lâminas dermais primárias e secundárias e também por um tecido rico em colágeno chamado de derme profunda ou extrato sublamelar (Pollitt, 1996; Pollitt, 2017). A laminite se manifesta quando há falha neste tecido conectivo, com comprometimento da sustentação da terceira falange dentro do casco (Pollitt, 2004). Sem a falange distal devidamente fixada no interior do casco, o peso do cavalo, as forças constantes de tendões e ligamentos e a própria locomoção do animal promovem o deslocamento do osso alterando a sua posição anatômica normal, levando-o a rotacionar e afundar dentro do casco podendo resultar na ruptura da sola. Além disso, o suprimento venoso e arterial pode ficar seriamente comprometido por compressão da falange e o animal pode apresentar um quadro de claudicação severa devido ao grau de dor (Coffman, 1970; Molyneux et al., 1994).

Tradicionalmente, acredita-se que a laminite acomete mais os membros anteriores do que os posteriores. Entretanto, de acordo com um trabalho de Britta Leise et al. (2011), o processo inflamatório da laminite acontece nos membros posteriores tanto quanto nos anteriores. Contudo, o cavalo sente mais dor nos anteriores, pois seu centro de gravidade é localizado na base da cernelha. Então, quando o cavalo está com laminite, ele desloca o tronco caudalmente, mantendo os membros anteriores estendidos cranialmente na intenção de aliviar a dor nestes, uma vez que o centro de massa corpórea foi transposto para trás e então, o peso nos membros anteriores diminuiu. Com essa apresentação antiálgica, o equino mantém conjuntamente o dorso arqueado, a coluna toracolombar flexionada e os membros posteriores deslocados para debaixo do corpo, alterando assim drasticamente sua postura anatômica e a sua biomecânica (Belknap, 2017).

Nos últimos 20 anos houve uma significativa melhora no entendimento dos mecanismos fisiopatológicos que desencadeiam as diversas formas de laminite, o que vem permitindo o diagnóstico precoce e a novas metodologias para prevenção desta (Katz e Bailey, 2012).

Também foram desenvolvidos inúmeros métodos para suporte biomecânico e terapias focadas no dígito, possibilitando uma melhoria considerável na saúde e no bem-estar de equinos com sequelas de laminite devido à falência estrutural do casco (Stashak, 2002).

Entretanto, é sabido que existem repercussões para além do casco quando um animal passa pela laminite. Apesar de todos os avanços científicos e tecnológicos, os equinos que convivem com as sequelas da laminite ainda apresentam limitações importantes quanto à sua capacidade atlética e também de trabalho. Alguns aspectos ainda permanecem obscuros e demandam pesquisas para entendimento de comorbidades decorrentes de alterações biomecânicas promovidas pela laminite quando crônica. Dentre estas alterações, a que chama mais atenção é a postura anormal que o animal adota desde o início da dor fazendo uma flexão excessiva e constante da coluna toracolombar, gerando conseqüente sobrecarga de estruturas musculares, ligamentares, articulares e ósseas, que podem eventualmente serem lesionadas.

Mesmo quando o animal se recupera da laminite e começa a melhorar, muitas vezes este não assume de volta uma apresentação postural normal, ou então ainda apresenta dificuldades de locomoção e/ou inabilidade de retomar a vida atlética. Ainda não é sabido ao certo, e nem comprovado, se isso pode ser devido a problemas de coluna adquiridos decorrentes da alteração da postura que o cavalo assume durante o período de acometimento pela laminite crônica. Diante disso, a proposta levantada por essa pesquisa é poder, experimentalmente, investigar se tal relação existe e o quanto que essa alteração postural adotada pelo animal durante a laminite crônica se reflete sobre a coluna toracolombar e então, quais são as principais lesões que podem acontecer em decorrência disso.

2. HIPÓTESE

Equinos com laminite crônica são mais acometidos com lesões na coluna toracolombar e tecidos adjacentes e apresentam sintomatologia clínica relacionada à essas lesões exacerbadas quando comparados com equinos sem laminite crônica e sem qualquer histórico prévio da doença.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Investigar a prevalência e a intensidade de lesões que afetam a coluna toracolombar em equinos com laminite, comparando-as com as de equinos clinicamente normais sem histórico prévio dessa afecção.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar por exame físico e de bioquímica muscular e comparar equinos acometidos ou não por laminite crônica.

Desenvolver e aplicar um método sistemático de análise clínica da coluna toracolombar de equinos de forma a caracterizar e comparar sinais de lesão em equinos com e sem laminite crônica.

Identificar a prevalência e caracterizar lesões ultrassonográficas na coluna toracolombar dos equinos com laminite crônica comparando-as com as de equinos saudáveis.

Correlacionar achados do método sistemático de análise clínica da coluna toracolombar com os achados ultrassonográficos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Laminite

A laminite é a doença mais grave do membro distal dos equinos e é uma das que mais leva esses animais a óbito. As suas altas taxas de morbidade e mortalidade já documentadas comprovam a natureza grave e ameaçadora que essa doença tem. E o fato de apenas cerca de 25% dos animais afetados retornarem a uma carreira atlética reflete a sua natureza debilitante (Hunt, 1993).

Poucas doenças provocam uma resposta mais emocional nos donos, treinadores, veterinários e ferradores do que a laminite equina. devido à sua natureza devastadora, exemplificada pela dor excruciante sofrida por muitos dos animais afetados. Apesar das terapias intensivas, a perda de uma carreira atlética ou da vida do animal ocorre com muita frequência. No mundo profissional da medicina veterinária e dos ferradores, poucos assuntos podem gerar uma discussão tão acalorada quanto a discussão sobre quais tratamentos são mais eficazes para essa afecção (Belknap, 2017).

A laminite é uma doença caracterizada perda da integridade do tecido lamelar do casco, o qual é responsável por manter a fixação da falange distal ao estojo córneo. Essa perda de integridade juntamente com as forças que atuam sobre as falanges, as quais são resultantes do peso do animal e do tendão flexor digital profundo, principalmente, podem permitir o deslocamento da falange distal, causando uma desorganização da anatomia lamelar do casco com consequente rotação e ou afundamento da terceira falange dentro do casco (Pollitt, 1996; Pollitt, 1999; Laskoski et al., 2016).

Apesar de ser muito estudada, ainda não se sabe o mecanismo exato da patogênese da laminite (Pollitt, 2008; Laskoski et al., 2016), visto que a gravidade da doença se alinha à sua multifatoriedade. Nas duas últimas décadas, veterinários puderam aproveitar os avanços rápidos na pesquisa biomédica para ampliar consideravelmente a compreensão atual dos mecanismos fisiopatológicos da laminite que ocorrem sistemicamente e localmente no tecido lamelar do dígito. Esse progresso permitiu delinear a doença em três categorias gerais: endocrinopática, relacionada à seps/SIRS e laminite relacionada ao suporte de peso (Katz e Bailey, 2012; Belknap, 2017).

4.2 Laminite endocrinopática

O termo laminite endocrinopática foi adotado para diferenciar a laminite que se desenvolve a partir de influências hormonais daquela que ocorre em associação com condições pró-inflamatórias (Johnson et al., 2004). Ela está relacionada a alterações endócrinas como a hiperinsulinemia e, principalmente, a desregulação insulínica (DI). Essas alterações podem ser encontradas em cavalos com síndrome de Cushing, animais obesos ou até mesmo aqueles que receberam altas concentrações de glicocorticóides por período prolongado (Johnson et al., 2002a).

A laminite endocrinopática é um indicador clínico comum da Síndrome de Cushing, uma condição na qual o aumento da secreção de peptídeos de pró-opiomelanocortina derivados da pars intermédia da hipófise leva a uma secreção adrenal continuamente aumentada de cortisol (hiperadrenocorticism), o glicocorticóide fisiológico da espécie equina. Foi ainda sugerido que o “estresse” pode predispor alguns cavalos à laminite; resta determinar, no entanto, se essa associação é atribuível ao aumento da secreção endógena de cortisol. A dor decorrente da laminite pode representar um estresse muito intenso para os equinos, independentemente da causa subjacente. Portanto, a laminite prolongada geralmente resulta em secreção elevada e prolongada de cortisol, possivelmente contribuindo para sua persistência e refratariedade (Johnson, 2017a; Johnson, 2017b).

Esse tipo de laminite pode ocorrer em associação com a administração de glicocorticóides (GCs). A maioria dos veterinários reconhece que a administração de GCs farmacológicos, como dexametasona e acetato de triancinolona, pode resultar no desenvolvimento de laminite, embora a ocorrência desse efeito colateral indesejável não seja previsível. Por mais que esses fármacos sejam recomendados para o tratamento de várias condições inflamatórias em equinos, incluindo obstrução recorrente das vias aéreas, dermatite, púrpura hemorrágica, mieloencefalite, hepatite, doenças imunomediadas, câncer, choque e doenças oculares inflamatórias, seu uso deve ser medido contra o risco bem reconhecido de complicar a laminite (Johnson et al., 2002a).

O risco de laminite durante o tratamento de curto prazo com dexametasona ou acetato de triancinolona parece ser muito pequeno para cavalos saudáveis. Deve-se considerar que a laminite pode surgir em alguns cavalos após o tratamento com GCs devido à presença de uma condição pré-existente na interface lamelar do casco que pode ser exacerbada pelos GCs. Porém, paradoxalmente, os GCs são potentes agentes anti-inflamatórios e, teoricamente, não deveriam causar laminite e poderiam até ser úteis no tratamento e prevenção da doença (Johnson et al., 2004).

Entretanto, já foi relatado que a capacidade de resposta vasoconstritora das artérias digitais equinas às catecolaminas é potencializada tanto pela betametasona quanto pela hidrocortisona. Assim, os GCs podem estar contribuindo para fatores que interferem na perfusão lamelar do casco e há muitas evidências de que fluxo sanguíneo reduzido no casco é um componente importante da laminite estabelecida. Ainda que exista uma forte associação

entre o aumento da ação dos GCs e o risco de laminite em cavalos, ainda não há uma explicação satisfatória para a patogênese da laminite resultante do aumento da ação desses fármacos (Johnson et al., 2002a).

Os glicocorticóides exercem inúmeras ações que poderiam contribuir potencial e teoricamente para a patogênese da laminite, como os seus efeitos nos vasos sanguíneos, no tegumento, no trato gastrointestinal, na ação da insulina e na composição da gordura corporal. Apesar de múltiplas tentativas de induzir laminite experimentalmente, parece que o desenvolvimento de laminite após a administração de GCs farmacêuticos é imprevisível (Johnson et al., 2004) e estudos experimentais usando altas dosagens de dexametasona ou acetato de triancinolona em cavalos sugeriram que os GCs podem não ser, de fato, a causa imediata da condição (French et al., 2000).

Mais recentemente, com o avanço no conhecimento sobre a DI, há também de se considerar que corticoides endógenos e exógenos produzem aumento na resistência insulínica. Nesses casos, a baixa eficiência na ação periférica da insulina sob receptores do tipo GLUT promove inevitável hiperinsulinemia, que por sua vez está amplamente associada à fragilidade do aparato suspensor da falange distal. Li et al. (2023) examinaram uma amostragem de cavalos e pôneis idosos para explorar a relação entre ACTH, cortisol e DI. Os resultados foram consistentes com a hipótese de que animais com DI são mais propensos a ter altas concentrações de ACTH, embora essa associação dependa principalmente de pôneis com DI, pois apenas três cavalos no estudo tinham DI. Isso se soma aos achados de uma pesquisa com 301 cavalos e pôneis com síndrome metabólica equina e/ou PPID, que mostrou que as concentrações de insulina em repouso são maiores em animais com ambas as condições do que em animais com uma única endocrinopatia.

O termo Síndrome Metabólica Equina (SME) vem sendo utilizado para definir o distúrbio tipificado por aumento de adiposidade associado à RI, resultando em alto risco de desenvolver laminite em equinos. Portanto, a SME é caracterizada pelo desenvolvimento de obesidade, resistência à insulina (RI), hipertensão e perfil lipídico plasmático anormal (Johnson et al., 2012). À medida que se desenvolve em indivíduos geneticamente susceptíveis, essa síndrome é amplamente atribuída aos efeitos combinados de ingestão alimentar inadequada, tanto em quantidade quanto em qualidade, e sedentarismo por longos períodos (meses a anos). Da mesma forma que a SME é um dos fatores de risco mais importantes para inúmeras doenças cardiovasculares graves em humanos, foi sugerido que nos cavalos ela pode ser um agravante para problemas como: intolerância ao exercício, ineficiência termo-regulatória, performance reprodutiva disfuncional, desenvolvimento de lipomas, resistência à insulina (RI) e pode ser um fator de risco para o desenvolvimento de laminite. (Johnson, 2002b; Johnson et al., 2009).

O tecido adiposo está sendo reconhecido como um importante componente da SME capaz de produzir substâncias bioativas que influenciam a sensibilidade à insulina e causar lesão vascular e por isso a obesidade tem se mostrado um fator de risco significativo para o desenvolvimento de laminite (Johnson et al., 2006). A principal característica física de equinos acometidos pela SME é a distribuição anormal de gordura corporal e assim, a

presença localizada em regiões específicas como: crista do pescoço, base da cauda, perto dos ombros; prepúcio e cobertura das costelas. É importante ressaltar que nem todos os cavalos acometidos pela SME são obesos. Entretanto, isso sugere que a circunferência do pescoço pode ser um indicador prático para suspeita de animais com RI e sujeitos ao desenvolvimento de laminite (Johnson et al., 2009).

Estudos já demonstraram haver correlação positiva entre sobrepeso e medidas radiográficas indicadoras de laminite em equinos de raças nacionais. Paz et al. (2013) realizaram o primeiro estudo controlado demonstrando que éguas obesas da raça Crioulo estão mais predispostas a apresentar alterações no posicionamento da falange distal sem apresentar histórico ou sinal clínico de laminite. Magalhães et al. (2014) também encontraram associações positivas entre índices de obesidade e distância de afundamento da falange distal, indicando que éguas Mangalarga Marchador também estão sujeitas a desenvolver laminite associada a obesidade.

4.3 Laminite associada à sepse/SIRS

A laminite relacionada aos quadros de sepse e síndrome da resposta inflamatória sistêmica (SIRS) é a mais desafiadora, devido à sua complexa fisiopatogenia, rápida evolução e graves consequências para os cavalos (Cota et al., 2021). A laminite aguda pode ser consequência grave de inúmeras causas de sepse e quadros de SIRS em equinos. A sepse é um estado de inflamação sistêmica associada a uma infecção e nos cavalos, quadros de sepse/SIRS podem decorrer de diversas circunstâncias como: metrite, bronco e pleuropneumonia gram-negativa e de disbiose ou condições desvitalizantes no trato gastrointestinal (TGI), que incluem duodenite/jejunité proximal, enterocolite, sobrecarga de grão e obstruções estrangulantes (Annane et al., 2005; Belknap, 2010).

A resposta inflamatória observada nos modelos de indução de laminite por sobrecarga de carboidratos (CHO) e extrato de noqueira preta (ENP) se assemelha à sepse/SIRS humana. Normalmente, um trauma local ou infecção não controlados resultam na absorção sanguínea de moléculas, organismos infecciosos e/ou detritos celulares. O reconhecimento de microrganismos invasores e de danos teciduais ocorre pela identificação de moléculas específicas/padrões que se ligam e ativam receptores de reconhecimento padrão (PPRs), como os receptores do tipo Toll-like (TLR) e Nod, presentes em quase todas as células do organismo, e que desencadeiam a sinalização inflamatória. A cascata inflamatória é variável de acordo com a virulência do patógeno, com o tipo de receptor acionado, com o grau de dano tecidual e com a presença do estímulo. A resposta imune precoce e agressiva, antes local, acaba ocorrendo em todo o organismo, acarretando danos teciduais generalizados e, consequentemente, disfunção e até mesmo falência de órgãos, como a falha do aparato suspensor da falange distal no cavalo levando à laminite (Belknap et al., 2009; Cota et al., 2021).

A maioria dos estudos realizados para reproduzir sepse/SIRS usam o modelo de ENP, utilizado para induzir uma resposta inflamatória sistêmica semelhante a sepse ou os modelos

de CHO, incluindo o modelo tradicional usando amido de milho e o modelo mais recente usando oligofrutose (o principal carboidrato solúvel em água em gramíneas). O modelo ENP é semelhante ao modelo de bolus de endotoxina, usado para avaliar lesão de órgão em modelos de sepse humana. Neste modelo, há um início rápido de uma resposta inflamatória sistêmica grave (SIRS), mas a resposta é transitória, geralmente causando uma claudicação leve de curta duração, e raramente resulta em lesão ou falha laminar substancial observada em casos clínicos de laminite relacionada à sepse. Já os modelos de sobrecarga de CHO refletem com mais precisão o caso clínico em que: há um estágio de desenvolvimento/prodrômico mais longo antes do início da claudicação; e a gravidade da lesão laminar e a incidência de falência laminar é semelhante aos casos clínicos de sepse (Belknap, 2010).

O papel que a endotoxina desempenha na laminite associada à sepse/SIRS permaneceu controverso, principalmente porque pesquisadores não foram capazes de induzir a laminite com a administração de endotoxina. Uma teoria elaborada é que há mais toxinas do que apenas endotoxinas envolvidas na resposta fisiopatológica desse tipo de laminite. Em um estudo usando células epiteliais da epiderme equina, descobriu-se que, em contraste com estudos feitos com células humanas, mas em congruência com o quadro clínico do cavalo, que as células epiteliais equinas responderam acentuadamente ao lipopolissacarídeo (LPS), mas não às toxinas que são mais características da sepse gram-positiva, incluindo ácido lipoteicóico e peptidoglicano. No entanto, as células responderam à flagelina, molécula mais comumente associada à sepse gram-negativa e considerada tão potente no LPS em alguns modelos de sepse. Outro ponto considerado é que, semelhante aos resultados relatados na literatura humana, células hospedeiras em processo de lesão ou morte celular liberam proteínas celulares, especialmente proteínas mitocondriais, que podem induzir uma resposta inflamatória semelhante à estimulada por moléculas como o LPS (Belknap, 2010; Faleiros e Belknap, 2017).

Diversos estudos com relação a infiltrados inflamatórios e respostas celulares associadas a esse tipo de laminite vem sendo desempenhados ao longo dos últimos anos. Em 2009, Faleiros et al. mostraram que a expressão de calprotectina (CP) na epiderme laminar ocorre após o extravasamento de leucócitos, indicando que a migração dessas células pode ser um fator precursor do estresse epitelial laminar e inflamação na laminite induzida no modelo de ENP. Esses resultados indicaram um possível papel da CP na fisiopatologia da laminite e na falha laminar.

Pouco tempo depois, em 2011, Faleiros et al. desenvolveram outra pesquisa apontando que a infiltração laminar máxima de leucócitos e o estresse epitelial ocorreram no início da claudicação no modelo CHO, salientando um padrão temporal diferente do modelo ENP, onde a infiltração máxima de leucócitos precede claramente o estresse epitelial. A infiltração de leucócitos antes das principais alterações histológicas no modelo CHO indicou que a infiltração de leucócitos pode ser uma causa e não uma reação à degradação da membrana basal e falha estrutural na laminite. E de acordo com Catunda et al. (2021), uma correlação negativa entre apoptose e infiltração de leucócitos foi detectada cientificamente no modelo de

ENP, mostrando então que a apoptose não desempenha um papel importante nos estágios iniciais da laminite relacionada à sepse.

Além disso, a laminite pode estar associada a miopatias agudas, principalmente quando acompanhada de lesão renal. Nesses casos, a ruptura da membrana celular promove a liberação de componentes intracelulares, denominados padrões moleculares associados ao dano (DAMPs). Essas moléculas são reconhecidas por receptores de membrana que desencadeiam uma sinalização inflamatória para fagocitose de células mortas e reparação tecidual. A circulação de produtos de tecidos lesionados e células mortas pode causar um processo inflamatório em outros órgãos, incluindo as lâminas dérmicas, o que provavelmente desencadeia a laminite nestes casos (Manson et al., 2012).

4.4 Laminite associada à sobrecarga de peso

A laminite associada à sobrecarga de peso, afetando apenas um membro, pode ocorrer sempre que este é forçado a sustentar o peso do animal unilateralmente por períodos prolongados. Isso pode ocorrer quando uma lesão grave e dolorosa, como por exemplo uma fratura óssea ou um processo de artrite séptica, acomete um membro contralateral fazendo com que toda a carga seja constantemente suportada apenas pelo membro contralateral. Então, em um período que pode variar de dias a meses, o membro sobrecarregado o, inicialmente livre de lesão, desenvolve patologia lamelar, muitas vezes, já em um grau avançado (Pollitt, 2008; Redden, 2004).

Desenvolver modelos experimentais de laminite por apoio do membro tem sido difícil em virtude da necessidade de estabelecer um método humanitário de sustentação de peso excessivo em um só membro. Devido à falta histórica de um modelo, há escassez de dados e muito pouco avanço científico nesse tipo de laminite segundo Belknap (2017). Ainda conforme o autor, o uso de um sapato que não permite o apoio normal do peso em um membro e o uso de um cateter de microdiálise colocado no tecido lamelar para a medição de metabólitos como representantes do metabolismo energético e do fluxo sanguíneo forneceram evidências da hipóxia lamelar desempenhando um papel central neste tipo de laminite.

De acordo com Pollitt (2008), a isquemia como causa da laminite associada ao membro de apoio parece ser uma possibilidade convincente. A evidência vem de estudos *in vitro* usando angiografia por subtração digitalizada em membros isolados de cavalos perfundidos (obtidos após abate humanitário). Quando uma prensa mecânica foi usada para colocar o membro na posição de carga, totalmente estendido, houve perfusão zero do pé abaixo do nível da banda coronária. Quando o membro não estava com peso, a perfusão em todos os vasos principais era normal. Presumivelmente, uma situação semelhante prevalece *in vivo* e a falta crônica de perfusão, eventualmente, desencadeia uma patologia lamelar indistinguível daquela iniciada por outras causas. Estudo recentes realizados na Universidade de Pensilvânia têm trazidos novas e convincentes evidências que corroboram essa linha de pensamento (van Eps et al., 2021).

Conforme Redden (2004), com base em extensa observação clínica, nos casos em que a laminite é induzida por carga mecânica, ela está relacionada a dois fatores principais: (1) o tempo que o membro de sustentação permanece totalmente com peso e (2) a integridade estrutural deste. Quanto mais tempo o cavalo continua a sobrecarregar o membro de apoio, maior o risco de ocorrência de laminite no mesmo. Os cavalos que são incapazes ou não querem suportar qualquer peso no membro doente ou que apresenta uma lesão, mesmo que seja por alguns segundos de cada vez, são mais propensos a desenvolver laminite no membro contralateral do que os cavalos que mancam ou se arrastam, aliviando periodicamente o membro de sustentação do peso carregando brevemente ou parcialmente aquele doente. Além disso, a integridade estrutural do pé de apoio pode ser tão importante quanto a duração da sobrecarga. A laminite do membro contralateral tem maior probabilidade de se desenvolver em um pé com sola fina, talões escorridos, ângulo palmar negativo, deformidades na parede do casco ou outras anormalidades estruturais do que em um pé saudável.

4.5 Sinais clínicos da laminite

Os sinais clínicos da laminite se diferenciam nas três fases principais da doença que são: prodrômica, aguda e crônica. O primeiro momento que abrange o desenvolvimento da laminite, onde se iniciam as alterações no tecido lamelar do dígito, é a fase prodrômica. Durante essa fase, o animal apresenta alteração do pulso digital, que fica aumentado e presente à palpação, e sinais de sepse, como mucosas congestas, taquicardia, aumento do tempo de preenchimento capilar, hipertermia, anorexia e redução da motilidade intestinal ou diarreia. Esses sinais podem durar aproximadamente 24 a 72 horas (Lima, et al., 2013; Pollitt, 1999). O início do processo de destruição das lâminas do casco ocorre nessa fase, antes do início da manifestação de dor nos cascos. Uma vez manifestada a dor, as lesões lamelares já estão acontecendo (Pollitt, 2008).

No momento em que se é observado um desconforto nos dígitos, alternância de apoio dos membros, deslocamento do centro de massa caudalmente com adoção de postura antiálgica (Fig. 1), relutância em deambular, claudicação ao passo e permanência de longos períodos em decúbito, o animal está na fase aguda. Nesse estágio, é possível fazer a avaliação da claudicação a partir da classificação de Obel (1948), na intenção de mensurar a intensidade da dor que o animal está sentindo nos dígitos. Durante a fase aguda, em consequência do estímulo doloroso constante, o animal, comumente, começa apresentar alterações clínicas como aumento da frequência cardíaca, aumento da frequência respiratória, alteração da temperatura corporal incluindo aumento da temperatura do casco e aumento do pulso digital (Pollitt, 2008; van Eps, 2010).

A laminite aguda pode surgir como um problema secundário durante o tratamento de uma doença separada ou pode ser a enfermidade principal. A progressão e eventual resultado de um episódio agudo depende em grande parte da gravidade do insulto inicial, embora o sucesso do tratamento possa ser maximizado pelo reconhecimento precoce e tratamento adequado, bem como pelo manejo preventivo do cavalo em risco. Os casos que avançam podem se tornar subagudos ou crônicos, e essas duas categorias têm diferentes apresentações clínicas. A

laminite subaguda não envolve colapso digital, já a laminite crônica envolve alterações morfológicas laminares, um grande espectro de manifestações clínicas e colapso digital (van Eps, 2010).

Das alterações histopatológicas causadas pela laminite, as mais comuns são as que envolvem as interdigitações formadas entre as lâminas dérmicas e epidérmicas do tecido laminar do casco, as quais são unidas pela membrana basal. Essas compõem o aparato suspensor da falange distal responsável pela união entre a falange distal e a muralha do casco (Faleiros et al., 2011; Pollitt, 1996; Pollitt, 2017).

Alguns casos crônicos apresentam claudicação mínima, exigindo apenas uma pequena manutenção de rotina do casco, enquanto outros casos exibem dor contínua implacável, necessitando, em última instância, a eutanásia. (Hunt, 2010). Além disso, animais com laminite crônica clínica e subclínica também podem apresentar episódios de reagudização. Nesses casos, o grau de claudicação também pode ser avaliado pela classificação de Obel (1948) (van Eps, 2010).

O colapso do aparato suspensor da terceira falange que acontece na fase crônica da laminite, pode ocorrer com diferentes graus de deslocamento dessa dentro do casco, seja por rotação (dorso-palmar/plantar ou lateromedial ou ambos) ou por afundamento (Herthel, 1999; O'Grady, 2010). Esse colapso digital pode ser avaliado e acompanhado radiograficamente durante o período de tratamento do animal com laminite crônica. A intensidade da dor manifestada pelo animal com laminite geralmente está relacionada com a gravidade das alterações radiográficas, com exceção dos casos de laminite endocrinopática, no qual os sinais clínicos tendem a ser mais brandos. Além das alterações radiográficas, o animal com laminite crônica pode apresentar deformações no casco, como formação de anéis na muralha (linhas de estresse), alongamento de pinça, escorrimento de talão, perfuração de sola, sulco na coroa do casco, podendo culminar no resultado mais grave que é a perda do estojo córneo (Johnson et al., 2002a; Morrison, 2010).



Figura 1. (A) e (B) Cavalos com laminite crônica nos membros anteriores apresentando postura clássica da doença. Os membros posteriores estão deslocados cranialmente, para debaixo do tronco. Adaptado de Pollitt (2008).

Em 2012, Leise et al. fornecem a primeira evidência de que a laminite ocorre com igual magnitude nos membros pélvicos quanto nos torácicos. Entretanto, na manifestação clínica da doença, é comumente observada a postura de deslocamento do centro de massa caudalmente, uma vez que os membros torácicos carregam mais peso (58% vs. 42%), resultando em um maior estresse físico nas lâminas e, conseqüentemente, maior dor (Hood et al., 2001).

Contudo, quando um cavalo está com laminite, ele sente mais dor nos torácicos devido ao seu centro de gravidade está localizado de forma mais cranial. Desse modo, quando o animal está com muita dor nos dígitos, ele desloca o tronco caudalmente, mantendo os membros anteriores estendidos cranialmente, na intenção de diminuir o peso nestes e, conseqüentemente, amenizar a dor. Nesta apresentação antiálgica, o cavalo mantém, concomitantemente, os membros torácicos aliviados e estendidos, os membros pélvicos sobrecarregados e deslocados para debaixo do tronco, o dorso arqueado, a coluna toracolombar hiperflexionada, alterando assim drasticamente sua postura anatômica e a sua biomecânica (Fig. 1).

4.6 Anatomia da coluna toracolombar equina

A coluna toracolombar é composta por dezoito vértebras torácicas, seis vértebras lombares e cinco vértebras sacrais fundidas (Fig. 2). Alguns equinos possuem uma fusão congênita da última vértebra lombar com a primeira sacral, conhecida como sacralização da sexta vértebra lombar. Essa anquilose intervertebral altera a biomecânica da região lombar, especificamente na junção lombossacra, pois esta é a articulação com maior mobilidade de toda a coluna toracolombar. A anquilose lombossacra aumenta o estresse sobre as articulações lombares caudais, e pode predispor o desenvolvimento de osteoartrite dos processos articulares e lesões dos discos intervertebrais (Denoix e Dyson, 2003).

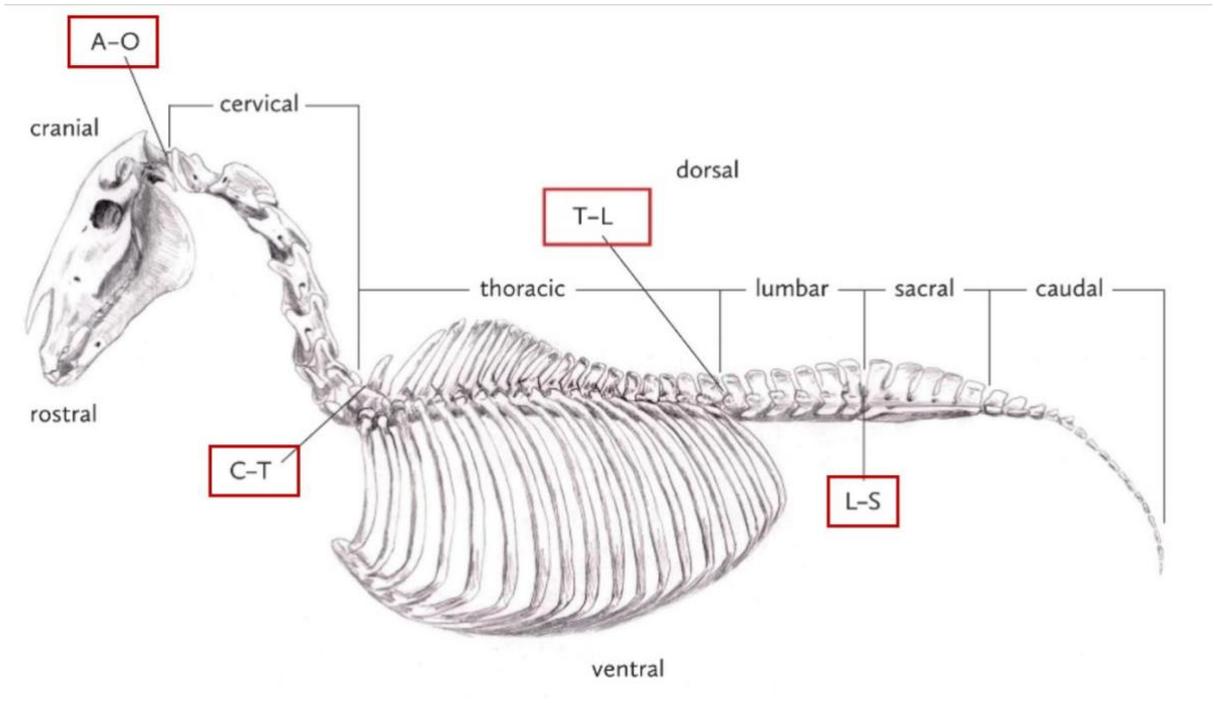


Figura 2. Esqueleto axial equino composto pelo crânio, as costelas, o esterno e os segmentos da coluna vertebral, com destaque em quadrados vermelhos para as seguintes transições: atlanto-occipital (A-O), cervico-torácica (C-T), toracolombar (T-L) e lombossacra (L-S). Adaptado de Williams e McKenna (2017).

As primeiras 10 vértebras torácicas possuem processos espinhosos longos que servem de ponto de inserção para o ligamento supraespinhoso e possuem uma orientação dorsocaudal, de T1 até T15. A vértebra T16 se apresenta perpendicular ao eixo vertebral, sendo denominada vértebra anticlinal e então, caudal a esta vértebra, os processos espinhosos passam a possuir orientação dorsocranial. Os processos espinhosos das vértebras lombares são menores e na maioria dos cavalos, os de L6 e S1 são divergentes, permitindo um amplo movimento ventrodorsal da articulação lombossacra. Os processos transversos entre L5 e L6 e entre L6 e S1 (algumas vezes entre L4 e L5) se articulam por meio de articulações intertransversas, o que limita a movimentação lateral desta área. Os corpos vertebrais lombares são maiores que das torácicas e possuem uma crista central que serve para inserção do diafragma (Denoix, 1999b; Denoix e Dyson, 2003) (Fig. 2).

A estabilidade das vértebras da coluna toracolombar é promovida pelos ligamentos supra e interespinhoso, articulações dos processos articulares, articulações entre os corpos vertebrais e pelos ligamentos longitudinais ventral e dorsal (Sisson, 1986). Esses ligamentos são mais espessos e elásticos na região torácica cranial e média, permitindo maior movimento desta região, quando comparada à região torácica caudal e lombar, onde são mais fibrosos e menos elásticos (Denoix, 1999a; Denoix; 1999b).

A coluna vertebral é movimentada por músculos epaxiais, aqueles localizados dorsalmente ao eixo vertebral e que são responsáveis pela sua dorsoflexão quando contraídos bilateralmente. A contração unilateral gera uma flexão lateral e contribui para a rotação da

coluna. Estudos eletromiográficos mostram que os músculos epaxiais limitam a ventroflexão e estabilizam a coluna vertebral durante a fase de suspensão do trote (Denoix e Audigié, 2001; Robert e Audigié, 2001). Os músculos epaxiais incluem o músculo espinhoso, músculo longuíssimo dorsal, músculo iliocostal e músculo multifídus (Fig. 3). O músculo longuíssimo dorsal é o músculo de maior força da coluna toracolombar. O músculo iliocostal é menor, mas desempenha um papel importante na flexão lateral devido à sua localização excêntrica. O músculo multifídus se localiza sob o músculo espinhoso e está em contato direto com as vértebras. Este músculo desempenha grande papel na estabilidade e propriocepção vertebral (Denoix e Dyson, 2003).

Já os músculos hipaxiais, localizados ventralmente ao eixo vertebral, agem sobre a ventroflexão da coluna toracolombar quando contraídos bilateralmente. A contração unilateral induz à sua flexão lateral e contribui também para a rotação. Os músculos hipaxiais incluem os músculos psoas menor e maior e reto oblíquo (Stashak, 2002). Os músculos psoas menor e maior se inserem na face ventral das vértebras lombares, sob os processos transversos e três últimas torácicas. Eles agem principalmente na articulação lombossacra (Denoix e Audigié, 2001).

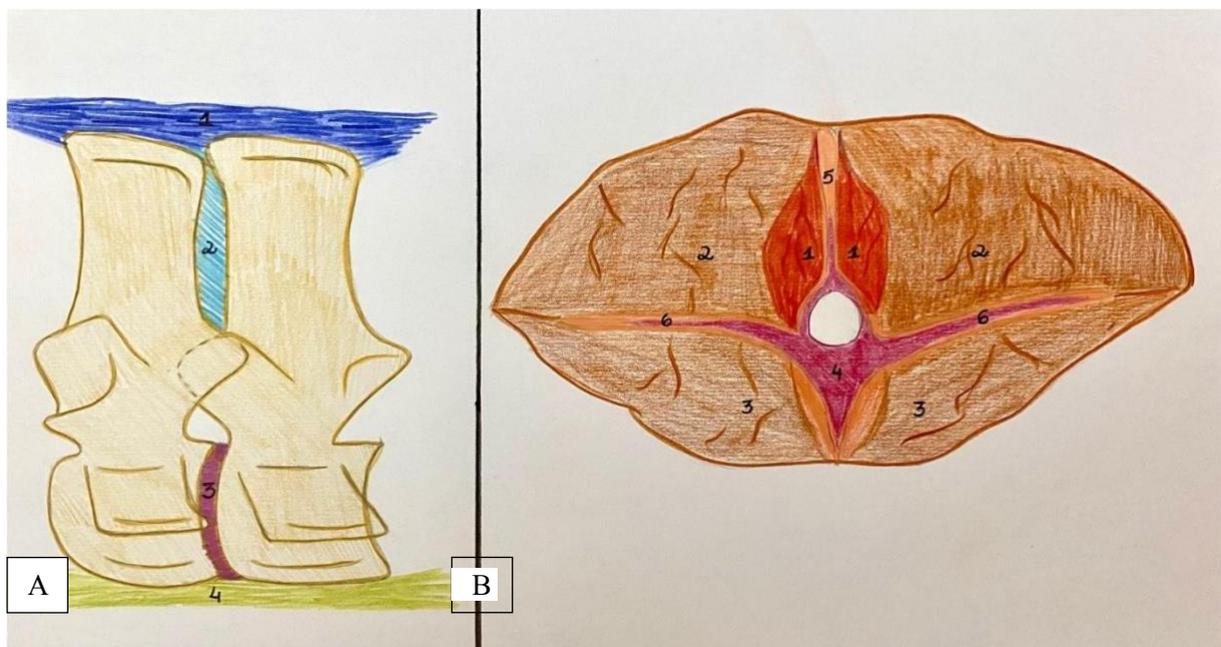


Figura 3. Desenhos esquemáticos de um segmento vertebral, formado por duas vértebras adjacentes e os tecidos moles adjacentes (A), e de um corte transversal da coluna na região toracolombar (B). (A) Vista lateral das vértebras L4 e L5 de um equino, mostrando os principais ligamentos da coluna vertebral dos equinos. 1- Ligamento supraespinhoso (azul escuro); 2- Ligamento interespinhoso (azul claro); 3- Disco intervertebral (roxo); 4- Ligamento longitudinal ventral (verde claro). (B) Corte transversal da coluna toracolombar equina na altura de L2. 1- Músculo multifídus; 2- Músculo longuíssimo dorsal; 3- Músculo psoas maior; 4- Corpo vertebral; 5- Processo espinhoso da vértebra L2; 6- Processo transversal da vértebra L2.

4.7 Biomecânica da coluna toracolombar equina

Para melhor entender como acontecem as lesões na coluna toracolombar, como essas a afetam, qual pode ser a melhor abordagem, tanto para diagnóstico quanto para tratamento destas afecções, quais as circunstâncias que induzem a dor e o seu manejo físico, é necessário o domínio preciso de sua anatomia funcional e biomecânica. Ainda, o entendimento e a avaliação da mobilidade da região toracolombar é parte fundamental da avaliação clínica da dor lombar (Fonseca, 2021a).

O comportamento mecânico da coluna é estudado seguindo o modelo de arco e corda elaborado por Slijper (1946), onde forças de tensão, realizadas pelos tecidos moles, e compressão, realizadas pelos ossos, se comportam como um arco, como o de atirar flechas. Baseando nesse modelo, é possível compreender como alguns fatores agem sobre o equilíbrio desse arco e como ele pode passar a se comportar, modificando a sua conformação, estendendo ou flexionando, uma vez que essas condições passam a interferir com o seu funcionamento fisiológico.

A movimentação da cabeça e do pescoço para cima e fatores gravitacionais, como o peso das vísceras e o peso do cavaleiro, produzem a extensão da coluna toracolombar. Já quando o animal abaixa a cabeça e o pescoço, a coluna se flexiona. A ação de contração e relaxamento da musculatura epaxial e hipaxial também causam mobilidade e alteração postural desta. Quando contraídos unilateralmente, levam à deformação da coluna para um determinado lado, mas quando os músculos epaxiais se contraem bilateralmente eles causam a extensão e quando os hipaxiais se contraem dos dois lados igualmente eles levam à flexão da coluna toracolombar (Denoix, 1999b; Fonseca, 2021a).

A coluna toracolombar do cavalo, comumente, possui pouca mobilidade, o que propicia a locomoção em velocidade com sua grande massa corporal e peso. E essa movimentação limitada se dá pela somatória dos movimentos de cada seguimento vertebral, que é formado por duas vértebras adjacentes e seus tecidos associados (Fig. 3). Esses segmentos são capazes de realizar, principalmente, três movimentos que são os que acontecem em maior escala na coluna toracolombar: flexão e extensão dorsoventral, flexão bilateral e rotação axial (Fonseca, 2021a).

4.7.1 Flexão e extensão dorsoventral

De modo geral, a coluna toracolombar possui pouco movimento de flexão e extensão, sendo que a região torácica ainda possui mais mobilidade que a lombar, que é muito rígida, a não ser pela articulação entre a última lombar (L6) e a primeira sacral (S1). A articulação lombossacra (L6-S1) é a mais móvel da região toracolombar, pois é especializada nesse movimento, podendo ter uma movimentação de até 20 graus (a variação normal do equino é de 5 a 20 graus) (Fig. 4). Além disso, ao se avaliar a anatomia da coluna, é possível começar a entender alguns fatores estruturais que contribuem inibindo e auxiliando os seus movimentos de flexão e extensão, ampliando ou reduzindo a mobilidade da coluna axial em alguns de seus determinados segmentos (Denoix, 1999b; Fonseca, 2021a).

Por exemplo, a região torácica da coluna toracolombar possui processos espinhosos mais longos e uma orientação radial dos processos articulares vertebrais que limitam o movimento de extensão desta, assim como os processos espinhosos mais largos e com pequenos espaços interespinhosos entre eles e também um ligamento supraespinhoso menos elástico na região lombar dificulta a esse tipo de movimentação nesse segmento (Fig. 2). Em contrapartida, na região da articulação lombossacra, os processos espinhosos orientados divergentemente, os processos articulares voltados verticalmente e o disco intervertebral maior possibilitam maior mobilidade na região (Fig. 2) (Pourcelot et al., 1998; Denoix, 1999b; Fonseca, 2021a).

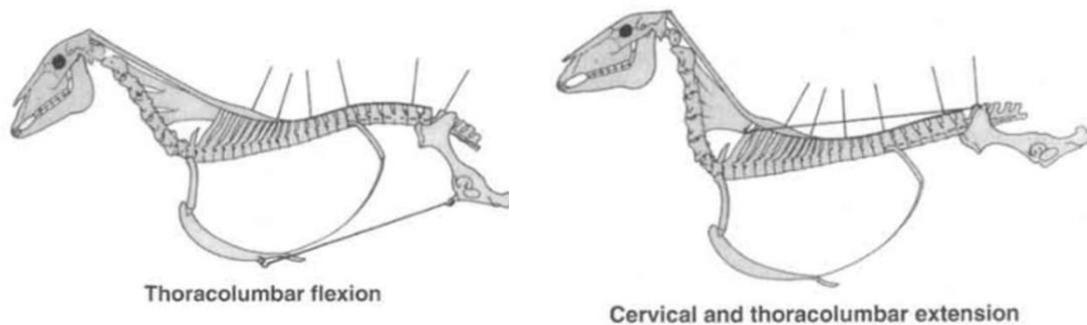


Figura 4. Mobilidade da coluna toracolombar equina durante a flexão (à esquerda) e extensão (à direita). A movimentação do pescoço e das costas estão intimamente conectados à mobilidade dorsoventral da coluna vertebral toracolombar e da região lombossacra. Adaptada de Denoix (1999b).

4.7.2 Lateroflexão bilateral

A região torácica da coluna toracolombar, de forma geral, é mais móvel nesse movimento do que nos movimentos de extensão/flexão, especialmente a partir de T10, e então o segmento lombar é novamente o menos móvel e especializado para esse tipo de mobilidade, inclusive na região lombossacra, que praticamente não possui movimento de lateralização. O movimento lateral é realizado a partir da contração unilateral da musculatura epaxial e hipaxial, principalmente pelo músculo oblíquo abdominal externo (Denoix, 1999b; Fonseca, 2021a).

Assim como para a flexão/extensão, existem fatores associados à estrutura anatômica da coluna que limitam ou facilitam esse movimento de lateroflexão dela. Na região lombar, a orientação e a forma dos processos articulares, os processos transversos mais longos e a presença de articulações intertransversas são fatores que inibem a lateroflexão desse segmento. Já na região torácica, o que favorece a sua lateroflexão são a orientação em 45 graus dos processos articulares, as costelas não ligadas diretamente ao esterno a partir de T10 e os processos espinhosos serem menores também a partir de T10 (Fig. 2 e Fig. 5) (Pourcelot et al., 1998; Denoix, 1999b).

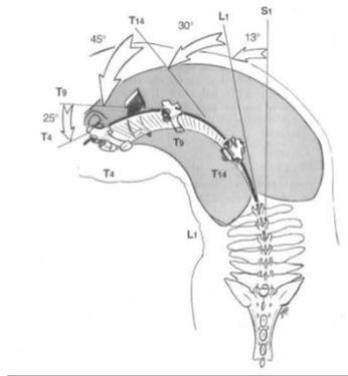


Figura 5. Mobilidade da coluna toracolombar equina durante a lateroflexão (setas tridimensionais em branco). Quantidades máximas de flexão lateral de cada região espinhal referenciadas a partir de segmentos vertebrais rotulados. Adaptada de Denoix (1999b).

4.7.3 Rotação axial

A rotação é o menor movimento realizados pela coluna toracolombar, sendo a região lombar o segmento menos móvel. Nos equinos, o movimento de rotação axial das vértebras é sempre associado à lateroflexão, sendo impossível dissociar esses dois movimentos e isolá-los. Então, sempre que o cavalo realizar lateroflexão, compulsoriamente haverá rotação axial da coluna toracolombar (Denoix, 1999b; Fonseca, 2021a).

Os músculos envolvidos na rotação da coluna são o músculo multifídus que é capaz de promover esse movimento nos segmentos vertebrais, e os músculos oblíquos abdominais. Além disso, o músculo longuíssimo dorsal também contribui em parte para esse movimento, uma vez que a rotação está imprescindivelmente associada à lateroflexão (Fonseca, 2021a).

Como para os outros movimentos da coluna existem os fatores relacionados estruturais relacionados à anatomia que os limitam ou facilitam, para a rotação não é diferente. Na região torácica, as costelas ligadas diretamente ao esterno até T10 e o ligamento supraespinhoso em consistência mais fibrosa estabilizam o movimento de rotação da coluna nesse setor (Fig. 2). Na região lombar, os espaços interespinhosos pequenos, o ligamento interespinhoso de qualidade fibrosa, a presença de articulações intertransversas e a orientação e forma dos processos articulares são fatores inibitórios para a rotação nesse segmento (Fig. 2). No entanto, processos espinhosos divergentes e processos articulares orientados verticalmente propiciam um grau maior de rotação da articulação lombossacra (Fonseca, 2021a).

4.8 Principais lesões da coluna toracolombar de equinos

4.8.1 *Kissing spines*

O termo *kissing spines* foi dado às lesões que acometem os processos espinhosos das vértebras da região toracolombar da coluna de equinos e é caracterizado pela diminuição do espaço interespinhoso entre duas ou mais vértebras, associado ao remodelamento da

superfície óssea desses processos podendo envolver também o ligamento interespinhoso (Fonseca, 2021b).

Entre as muitas causas de lombalgia nessa espécie, o *kissing spines* pode ser considerado o diagnóstico de lesão axial mais antigo e já estudado na literatura. A razão para isso é o fato de a primeira técnica diagnóstica empregada nas investigações de dor na coluna toracolombar equina ter sido a radiografia, e também pelo fato de os processos espinhosos serem as estruturas mais fáceis de se obter uma boa visualização radiográfica. Esse tipo de lesão também pode ocorrer de maneira subclínica dentro da população equina, muitas vezes sendo um achado radiográfico sem muita relevância clínica (Clayton, 2012).

A área mais frequentemente afetada se situa entre as vértebras T13 e T18, embora também possa ocorrer nos processos espinhosos mais craniais e caudais, ainda que menos comum. A razão pela qual o *kissing spines* ocorre nessa região está relacionada à proximidade dos processos espinhosos ao redor da vértebra T15 que é conhecida como a vértebra anticlinal. Ela é caracterizada por ter o processo espinhoso alinhado verticalmente, sem inclinação como os processos espinhosos das outras vértebras. Nas vértebras craniais e caudais a essa, os processos espinhosos inclinam-se respectivamente caudal e cranialmente, o que diminui o espaço entre os processos espinhosos nessa área específica, aumentando a predisposição à ocorrência de *kissing spines*. Além disso, a região torácica média tem, relativamente, menos suporte mecânico devido à sua distância dos membros torácicos e pélvicos, o que faz com que o cavalo assuma uma postura de lordose durante a locomoção, especialmente quando montado, forçando uma aproximação ainda maior entre os processos espinhosos dessa região (Clayton et al., 2016).

A modalidade atlética mais propensas a levar ao desenvolvimento de *kissing spines* é o salto, uma vez que os animais atletas treinados nessa função tem uma estrutura corporal mais alongada, processos espinhosos mais angulados e ao saltar eles realizam uma extensão forçada da coluna, aumentando o risco de aproximação dos processos espinhosos e o desenvolvimento dessa condição. Além disso, o *kissing spines* também pode ser mais observado em cavalos da raça Quarto de Milha que praticam a função de três tambores. Durante essas provas, as manobras colocam o ligamento interespinhoso sob tensão, o que pode resultar em um movimento rotacional da coluna torácica. Essa hipertensão do ligamento interespinhoso que está inserido nas bordas cranial e caudal dos processos espinhosos vertebrais, acaba levando à remodelação óssea dos mesmos (Fonseca, 2021b).

Os sinais clínicos manifestados pelos animais afetados, assim como aqueles demonstrados em decorrência da maioria das lesões medulares, são variados e inespecíficos, abrangendo desde a ausência de dor ou redução da capacidade atlética até dificuldade na reunião durante o galope, dor durante o salto, limitações na lateroflexão torácica, desconforto ao utilizar a sela, entre outros sintomas. A ultrassonografia é uma ferramenta comum para o diagnóstico, permitindo observar a continuidade da linha óssea entre processos espinhosos, embora não forneça um diagnóstico definitivo, uma vez que a sobreposição das linhas ósseas

não indica necessariamente o toque ou deslocamento contínuo dos processos espinhosos, características patognomônicas do *kissing spines* (Jeffcott, 1980).

Para chegar a um diagnóstico conclusivo, é essencial realizar uma radiografia da coluna toracolombar, o que possibilita a identificação da aproximação e da remodelação óssea dos processos espinhosos vertebrais. Essas anormalidades podem ser classificadas de acordo com a escala proposta por Denoix e Dyson em 2011, a qual abrange desde o grau 1, caracterizado por uma redução do espaço entre os processos espinhosos e um discreto aumento da densidade radiográfica nas margens corticais dos processos espinhosos, até o grau 4, que engloba um marcado aumento na densidade radiográfica nas margens corticais dos processos espinhosos, osteólise e deformações nesses processos, podendo até resultar na sobreposição deles.

Independente da escolha do tratamento, é imperativo que o animal siga um programa de reabilitação. Esse programa deve se concentrar no fortalecimento da musculatura epaxial e hipaxial da coluna, por meio de exercícios que promovam a flexão da região toracolombar, com o intuito de garantir uma boa sustentação dos processos espinhosos e manter um afastamento entre eles (Denoix, 2005). Considerando o prognóstico, este pode variar de acordo com a modalidade atlética, uma vez que animais saltadores possuem uma probabilidade maior de ocorrência. Além disso, o número de vértebras afetadas desempenha um papel significativo no prognóstico do paciente, sendo que este pode ser menos favorável quando mais de 5 vértebras estão afetadas, juntamente com a gravidade das lesões (Fonseca, 2021b).

4.8.2 Osteoartrite intervertebral

Por muitos anos, a osteoartrite na região toracolombar foi pouco considerada como fonte de dor na coluna em cavalos. Contudo, é fundamental destacar que, de forma análoga aos seres humanos, as articulações sinoviais toracolombares de equinos estão continuamente submetidas a estresse e, possivelmente, a patologias. Portanto, a realização de exames diagnósticos dessas lesões é de suma importância para a preservação e restauração da função e biomecânica normais da coluna e, conseqüentemente, para a excelência na performance atlética do animal (Barreto et al., 2021; Fonseca, 2021b).

A osteoartrite afeta toda a coluna toracolombar, mas tem maior relevância clínica a partir de T17/T18 até a junção L6/S1. Frequentemente, os animais apresentam múltiplas lesões com variações de gravidade e com distribuição inespecífica com base na modalidade esportiva. Em algumas modalidades, como Salto, Adestramento e Marcha, há uma prevalência de lesões articulares entre L5/L6 e L6/S1, devido ao maior estresse biomecânico ao qual a articulação lombossacra é submetida nessas atividades. Na modalidade de Três Tambores, as lesões por rotação ocorrem de forma mais uniforme por toda a coluna. Nos cavalos e Marcha, além da região caudal da coluna, os animais também apresentam uma alta incidência de lesões entre T17/T18 e T18/L1, exatamente onde termina a sela. Os tipos de osteoartrite intervertebral que podem acometer a região toracolombar são formação de

osteófitos, erosão periarticular, erosão intra-articular, anquilose ou uma combinação de mais de um tipo de lesão (Haussler et al., 1999).

Os sinais clínicos dos cavalos acometidos, assim como no *kissing spines* e em outras lesões de coluna, são inespecíficos e muito variados. Os animais podem apresentar dor na extensão, flexão e lateroflexão, considerando a anatomia funcional e biomecânica da coluna. A dor pode se manifestar de diversas formas, condizendo com a atividade atlética que o cavalo desempenha e qual tipo de lesão ocorreu na coluna toracolombar. Em animais que participam da modalidade de Três Tambores, podem encontrar dificuldades ao executar o giro em um ou mais tambores, levando frequentemente proprietários e treinadores a relatar que o cavalo "abre" no tambor. Em contraste, os cavalos de Salto são aqueles que sofrem maior extensão da coluna toracolombar no momento da recepção após o salto. Alguns desses animais com osteoartrite toracolombar podem demonstrar o desconforto coiceando o ar no momento da recepção (Kirkald-Willis, 1986).

O diagnóstico da osteoartrite pode ser feito por meio de exames radiográfico e ultrassonográfico. Entretanto, as imagens dos processos articulares da região toracolombar, especialmente os lombares, podem ser desafiadoras de serem obtidas devido à dificuldade de visualização pelo fato dessa região, em equinos, ter muito tecido muscular e ser uma região mais profunda para a penetração do raio-x, principalmente de aparelhos portáteis. Além disso, a partir da vértebra L3, não é possível obter imagens radiográficas das articulações sinoviais, devido à sobreposição da asa do ílio (Jeffcott, 1975; Fonseca, 2021b).

Através da radiografia das articulações sinoviais da coluna toracolombar, é possível observar a presença ou ausência de proliferação e/ou esclerose óssea, permitindo assim a caracterização e graduação da lesão. De acordo com a classificação proposta por Retureau (2009), os critérios de avaliação considerando a esclerose foram divididos em: grau 1 - esclerose parcial dos processos articulares (menos de 50%) com visualização parcial do espaço articular; grau 2 - esclerose total dos processos articulares (mais de 50%) sem visualização do espaço articular. No que diz respeito à proliferação articular, os critérios foram divididos em: grau 1 - proliferação periarticular moderada (menos de um quarto da altura dos processos articulares); grau 2 - proliferação periarticular grave (maior que um quarto da altura dos processos articulares) (Jeffcott, 1979).

A ultrassonografia, em contraste com a radiografia, supera as dificuldades na obtenção de imagens das articulações da coluna toracolombar. Esta técnica, além de permitir a visualização de todas as articulações nessa região, é um exame de execução relativamente simples. As imagens ultrassonográficas podem ser obtidas simultaneamente, de ambos os lados da mesma vértebra, o que possibilita uma análise detalhada das duas articulações do mesmo segmento vertebral. Essa imagem produz uma riqueza de informações, uma vez que muitos animais apresentam lesões unilaterais. Da mesma forma que ocorre no exame radiográfico, na avaliação ultrassonográfica é possível distinguir os tipos de lesão, como: proliferação periarticular, erosão articular, irregularidade da linha óssea articular e anquilose (Beaumont et al., 2022).

A osteoartrite intervertebral é de grande relevância clínica, uma vez que mesmo as lesões consideradas leves tanto em imagens radiográficas ou ultrassonográficas podem desencadear dor e redução do desempenho do animal. Isso se deve à presença de nociceptores na cápsula articular dessas articulações, diminuindo o limiar de dor em casos de inflamação. Portanto, lesões aparentemente leves podem ter um impacto significativo na performance dos equinos, especialmente em modalidades de alta exigência atlética. Além disso, é fundamental compreender que a osteoartrite frequentemente não representa a lesão primária, mas sim um reflexo da instabilidade na região toracolombar. Portanto, uma avaliação completa do animal se torna essencial para identificar a causa da lesão (Fonseca, 2021b).

O tratamento da osteoartrite deve ser focado em interromper o processo, consequentemente reduzindo a dor e eliminar a causa sempre que possível. Para a inflamação e a dor, a melhor opção terapêutica são as infiltrações periarticulares com corticosteróides. A terapia por ondas de choque (*shock wave*) também tem excelente ação no controle da dor e no bloqueio do processo patológico (Fonseca, 2021b). Além disso, é imprescindível que o animal passe por um processo de reabilitação, o qual deve focar no reequilíbrio do animal, no alongamento e fortalecimento dos tecidos adjacentes da coluna e diminuindo a instabilidade vertebral. O prognóstico do cavalo com osteoartrite intervertebral pode variar de acordo com a modalidade atlética, com o número de vértebras afetadas e com a gravidade das lesões (Jeffcott, 1980).

4.8.3 Desmopatia supraespinhosa

A desmopatia supraespinhosa é a patologia que acomete o ligamento supraespinhoso, o qual é a continuação toracolombar da porção funicular do ligamento nual. O ligamento supraespinhoso inicia sua inserção nos processos espinhosos das vértebras toracolombares a partir de T13 e se estende até S1 (Fonseca, 2021b).

As lesões nesse ligamento podem ocorrer de várias maneiras, incluindo uma tensão excessiva durante a flexão da coluna toracolombar. Essa tensão é particularmente maior quando associada à flexão cervical. Além disso, a compressão direta do ligamento devido ao uso de sela e/ou manta pode resultar em lesões traumáticas, afetando também os processos espinhosos. Normalmente, a desmopatia do supraespinhoso ocorre quando a garganta ou vão da sela está em contato direto com a linha mediana dorsal da coluna ou quando a sela se movimenta lateralmente sobre o dorso do cavalo, como ocorre nos animais de Vaquejada (Fonseca, 2021b).

Essa condição que afeta a coluna toracolombar dos cavalos ocorre com alta frequência e é mais comum entre as vértebras T10 e L2, em suas inserções sobre os processos espinhosos vertebrais, coincidindo tanto com a área de maior mobilidade toracolombar, quanto onde a sela se localiza. No entanto, a desmopatia do supraespinhoso nem sempre é a única causa de dor lombar, podendo ser secundária à instabilidade biomecânica, causada por uma outra lesão concomitante, como a osteoartrite intervertebral e o *kissing spines*. Em casos de trauma por

sela, a desmopatia supraespinhosa é a causa primária, mas não quer dizer que seja a única lesão presente na coluna, uma vez que o uso da sela mal ajustada pode causar vários tipos de alterações biomecânicas e, conseqüentemente, lesões musculares e osteoarticulares (Fonseca, 2021b).

Os sinais clínicos associados à desmopatia so supraespinhoso incluem dor à palpação da linha média dorsal, aumento de volume na mesma região, dor durante a flexão da coluna toracolombar e rigidez muscular, especialmente do longuíssimo dorsal, devido à proximidade íntima entre o ligamento supraespinhoso e a fáscia toracolombar. A intensidade dos sinais clínicos pode variar dependendo da causa da lesão, se é uma lesão aguda ou crônica e se há o envolvimento patológico de processos espinhosos (Fonseca, 2021b).

O diagnóstico da desmopatia supraespinhosa é feito por meio do exame ultrassonográfico, através do qual pode-se avaliar critérios como ecogenicidade, padrão de fibras, espessura do ligamento e regularidade da linha óssea dos processos espinhosos. Em casos agudos, áreas de redução na ecogenicidade do ligamento são frequentemente observadas exatamente dorsal ou no limite caudal do processo espinhoso, às vezes associadas a áreas de aumento de volume na linha média dorsal. Em lesões crônicas, observam-se áreas de ecogenicidade aumentada devido à formação de uma cicatriz fibrosa no processo de reparação após uma lesão, muitas vezes associada à irregularidade nos processos espinhosos (Jeffcott, 1975; Burns et al., 2018).

A desmopatia do supraespinhoso apresenta um significado clínico variado, dependendo da causa primária da lesão. Cavalos que apresentam lesão traumática por uso indevido de sela tendem a apresentar mais dor do que animais que apresentam a desmopatia causada apenas pelo estresse biomecânico. Devido à íntima relação entre o ligamento supraespinhoso e a fáscia toracolombar, a dor e a inflamação no mesmo tem o potencial de causar restrição de movimento dessa região, principalmente durante a flexão da coluna (Fonseca, 2021b).

O tratamento desse tipo de lesão concentra-se na eliminação da causa primária e na redução da inflamação e da dor. Diversas opções terapêuticas estão disponíveis, incluindo a aplicação de anti-inflamatórios tópicos, técnicas fisioterapêuticas e terapia por ondas de choque (*shock wave*). O prognóstico para cavalos com essa condição geralmente é positivo, mas pode variar de acordo com a modalidade atlética do animal e com a possibilidade de remoção da causa do trauma, como por exemplo selas mal ajustadas (Fonseca, 2021b).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Animais e delineamento experimental

Para esse estudo foi feita uma avaliação da coluna toracolombar de 60 equinos, dos quais 30 estavam com laminite crônica e 30 eram animais sem laminite. O grupo total abrangia machos e fêmeas (F = 42; M = 18), raças distintas e funções diversas. Os cavalos selecionados

tinham idade entre 2 e 20 anos e estavam distribuídos em haras, hípicas e centros de treinamento localizados nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná (Tabela 1 e Tabela 2). A avaliação dos animais foi realizada pontualmente, sem acompanhamento posterior dos casos. Essa metodologia foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais, sob protocolo 230\2022.

Tabela 1. Relação de funções, raças e idade incluindo animais sem laminite e animais com laminite crônica.

Os equinos do grupo de laminite crônica (GLC), deveriam ter a doença diagnosticada radiograficamente com perda da relação espacial entre falange distal e estojo córneo (Redden, 2003; Sherlock e Parks, 2013) entre 3 e 12 meses antecedentes, mas deveriam ainda se encontrar em processo de tratamento dos cascos. Os exames radiográficos de todos os animais desse grupo foram fornecidos previamente.

O grupo controle (CON) foi constituído de equinos clinicamente saudáveis, sem qualquer sintoma ou histórico de laminite, sem qualquer outra afecção dolorosa do casco e sem histórico de dor ou sensibilidade na coluna, também no ato de ser montado. Quando necessário, foi feito um exame de claudicação em movimento e a utilização de uma pinça de casco, segundo Stashak (2002), para confirmar a ausência de qualquer afecção ou dor na parte distal dos membros.

Os animais do GLC foram selecionados aleatoriamente por meio de contato com médicos veterinários que atuam nos centros, nas regiões metropolitanas de Belo Horizonte, São Paulo e no interior dos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Já os animais do CON foram selecionados aleatoriamente de forma cega entre os equinos do Haras Horizonte, Itapeçerica, Minas Gerais.

O nome, a idade, a raça, a função e o tempo de laminite de cada animal foram fornecidos pelos responsáveis que os acompanhavam no momento da avaliação e todos os dados coletados foram registrados em fichas individuais (Tabela 2). Além disso, os tipos de laminite que os animais do GLC (endrocrinopática, relacionada à seps/SIRS ou à sobrecarga de peso) foram registrados juntamente com a informação de manifestação ou ausência de postura antiáltiga clássica como um dos sinais clínicos da laminite dentro desse grupo de equinos (Tabela 3).

Tabela 2. Ficha individual de cada animal. Cada ficha contém informações como o nome, o tempo de duração da laminite daquele animal, se aplicável; a sua atividade ou função; idade; raça; sexo; peso e altura (que é mensurada pela cernelha). Junto a essa ficha, também foram registrados os parâmetros coletados através do exame clínico desses animais, tais como: frequência cardíaca (FC); frequência respiratória (FR); coloração das mucosas oral e ocular; o tempo de preenchimento capilar (TPC); o nível de hidratação do animal; o pulso; o pulso digital; a temperatura retal (TR); as características da ausculta pulmonar e o detalhamento da ausculta do trato gastrointestinal (TGI).

FICHA INDIVIDUAL DO ANIMAL	
Nome:	x
Tempo de laminite:	(anos)
Função:	x
Idade:	(anos)
Raça:	x
Sexo:	M/F
Peso:	(kg)
Altura de cernelha:	(cm)

EXAME CLÍNICO	
FC:	(bpm)
FR:	(mpm)
Mucosas:	hipocorada/normocorada/hipercorada
TPC:	< 2"/ 2"/ > 2"
Hidratação:	hidratado/desidratado
Pulso:	(características)
Pulso digital:	presente/ausente
TR:	graus Celsius
Ausculta pulmonar:	(detalhada)
Ausculta TGI:	(avaliação 4 quadrantes)

Tabela 3. Relação da divisão de raças dentro dos grupos controle (GC) e laminite crônica (GLC) e os tipos de laminite que os animais examinados no estudo manifestaram com a informação de apresentação ou não da postura antiáltiga clássica como um dos sinais clínicos da laminite.

GRUPO CONTROLE (GC)		GRUPO COM LAMINITE CRÔNICA (GLC)	
RAÇA	Nº DE ANIMAIS	RAÇA	Nº DE ANIMAIS
Quarto-de-Milha (QM)	29	Appaloosa	1
Meio-Sangue	1	Árabe	4
		Brasileiro de Hipismo (BH)	2
		Crioulo	1
		Gypsy Vanner	1
		Mangalarga Marchador (MM)	1
		Mangalarga Paulista (MP)	4
		Puro Sangue Argentino (PSA)	1
		Quarto-de-Milha (QM)	10
		Sem Raça definida (SRD)	5
GRUPO COM LAMINITE CRÔNICA (GLC)			
ANIMAIS COM POSTURA		ANIMAIS SEM POSTURA	
20		10	
TIPOS DE LAMINITE		GRUPO LAMINITE CRÔNICA (GLC)	
Endócrinopática	8		
Sepse/SIRS	7		
Suporte de peso	3		
Não informado	12		

5.2 Exame clínico e coleta de material para sorologia de analitos

O exame clínico de cada animal foi realizado antes de qualquer outra avaliação. Conforme descrito na Tabela 2, avaliaram-se peso e altura de cernelha por meio de fita, frequências cardíaca (FC) e respiratória (FR) por meio de estetoscópio, coloração das mucosas oral e ocular, tempo de preenchimento capilar (TPC), nível de hidratação, intensidade de pulso das artérias facial e digital lateral, temperatura retal (TR), e ausculta pulmonar e do trato gastrointestinal por meio do estetoscópio. Todos os parâmetros foram anotados na ficha de cada animal e foram usados intervalos fisiológicos referenciados pela literatura como base de avaliação do que era clinicamente normal (Tabela 2) (Feitosa e Benesi, 2014; Mendes e Feitosa, 2014).

Posteriormente, foram coletados 10mL de sangue de cada animal para a mensuração laboratorial das concentrações de CK e LDH. A região de punção na jugular, direita ou esquerda, foi previamente preparada com algodão e álcool 70% e foi utilizada uma seringa de 10mL com agulha 30x0,8mm. O sangue coletado foi armazenado em dois tubos a vácuo com gel separador e ativador de coágulo de 5mL cada. Os tubos foram mantidos sob refrigeração até a chegada ao laboratório.

5.3 Exame físico da coluna toracolombar

Para a avaliação física da coluna equina foi desenvolvido um protocolo denominado Método de Avaliação Clínica da Coluna Toracolombar Equina (MACCTORE), constituído de três etapas: inspeção, palpação e mobilização.

5.3.1 MACCTORE

O método MACCTORE consiste em três momentos de aferição: a inspeção, a palpação e os testes de mobilidade. Dentro de cada um desses momentos do exame, existem parâmetros pré-definidos que devem ser avaliados. Para cada parâmetro avaliado foi atribuído um escore, de 0 a 3 (para inspeção e palpação), ou de 0 a 2 (para os testes de mobilidade) conforme detalhado na Tabela 4.

Tabela 4. MACCTORE (Método de Avaliação Clínica da Coluna Toracolombar Equina). O MACCTORE é uma metodologia tabelada dividida três momentos: a inspeção, a palpação e os testes de mobilidade. Dentro de cada um desses momentos, existem parâmetros pré-definidos. Contido dentro da inspeção, tem-se a avaliação do grau de atrofia muscular de determinados grupos musculares; escoliose; lordose; cifose; contração abdominal e assimetria de tuber sacral. Incluído em palpação, tem-se a avaliação do grau de dor muscular, espasmo/tensão muscular, presença ou não de nódulos musculares e fasciculação muscular em determinados grupos musculares; dor na linha média dorsal e desalinhamento dos processos espinhosos. Abrangido pelos testes de mobilidade, tem-se a avaliação graduada de extensões torácica, toracolombar e lombossacra; flexões torácica e lombossacra e lateroflexões esquerda e direita. Para cada parâmetro avaliado foi atribuído um escore, de 0 a 3 (para inspeção e palpação), ou de 0 a 2 (para os testes de mobilidade). Cada graduação dentro do método MACCTORE tem uma definição descritiva de como, supostamente, o animal deve ou não se comportar ao corresponder àquele escore. Ao final da tabela, encontra-se áreas para adicionar qualquer informação extra e observação feita durante o exame e também uma lista com os grupos musculares que devem ser avaliados, principalmente, nesses exames.

M ÉTOD O DE AVALIAÇÃO CLÍNICA DA COLUNA TORACOLOM BAR DE EQUINOS (M ACCTORE)				
EXAM E FÍSICO DA COLUNA TORACOLOM BAR				
INSPEÇÃO GRAU	0	1	2	3
Atrofia muscular	Sem evidência clínica	Atrofia leve de grupos musculares*	Atrofia moderada de grupos musculares*	Atrofia severa de grupos musculares*
Escoliose	Sem evidência clínica	Escoliose leve	Escoliose moderada	Escoliose severa
Lordose	Sem evidência clínica	Lordose leve	Lordose moderada	Lordose severa
Cifose	Sem evidência clínica	Cifose moderada	Cifose leve	Cifose severa
Contração abdominal	Sem evidência clínica	Contração leve da musculatura abdominal	Contração moderada da musculatura abdominal	Contração severa da musculatura abdominal
Assimetria de tuber sacral	Sem evidência clínica	Leve assimetria entre tuberes sacrais	Assimetria moderada entre tuberes sacrais	Severa assimetria entre tuberes sacrais
PALPAÇÃO GRAU	0	1	2	3
Dor muscular	Sem evidência clínica	Reação leve à palpação da musculatura* e à pressão firme dos dedos	Reação moderada à palpação da musculatura* e à pressão firme dos dedos	Reação severa à palpação da musculatura* e à pressão firme dos dedos.
Espasmo/Tensão muscular	Sem evidência clínica	Presença de tensão muscular leve nos grupos musculares* durante a palpação	Presença de tensão muscular moderada nos grupos musculares* durante a palpação	Presença de tensão muscular severa nos grupos musculares* durante a palpação
Nódulo	Sem evidência clínica	Presença de nódulo nos grupos musculares*	-	-
Dor na linha média dorsal	Sem evidência clínica	Reação leve à palpação com pressão firme dos dedos	Reação moderada à palpação com pressão firme dos dedos	Reação severa à palpação com pressão firme dos dedos
Desalinhamento de processos espinhosos	Sem evidência clínica	Desalinhamento leve dos processos	Desalinhamento moderado dos processos	Desalinhamento severo dos processos
Fasciculação muscular	Sem evidência clínica	Reação leve à palpação da musculatura* com fasciculações leves	Reação moderada à palpação da musculatura* com fasciculações leves	Reação severa à palpação da musculatura* com fasciculações leves
TESTES DE MOBILIDADE GRAU	0	1	2	3
Extensão torácica (em T10)	Realiza o movimento completo e sem diminuição de amplitude. Não expressa nenhuma resistência ao exame ou comportamento de dor	Realiza o movimento de forma parcial ou incompleta, com redução de amplitude e/ou demonstra dor, por exemplo movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização	Não realiza o exame. Reage demonstrando dor (movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização) ou fuge do exame	
Extensão toracolombar (em T16)	Realiza o movimento completo e sem diminuição de amplitude. Não expressa nenhuma resistência ao exame ou comportamento de dor	Realiza o movimento de forma parcial ou incompleta, com redução de amplitude e/ou demonstra dor, por exemplo movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização	Não realiza o exame. Reage demonstrando dor (movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização) ou fuge do exame	
Extensão lombossacra	Realiza o movimento completo e sem diminuição de amplitude. Não expressa nenhuma resistência ao exame ou comportamento de dor	Realiza o movimento de forma parcial ou incompleta, com redução de amplitude e/ou demonstra dor, por exemplo movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização	Não realiza o exame. Reage demonstrando dor (movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização) ou fuge do exame	
Flexão torácica (cartilagem xifóide)	Realiza o movimento completo e sem diminuição de amplitude. Não expressa nenhuma resistência ao exame ou comportamento de dor	Realiza o movimento de forma parcial ou incompleta, com redução de amplitude e/ou demonstra dor, por exemplo movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização	Não realiza o exame. Reage demonstrando dor (movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização) ou fuge do exame	
Flexão lombossacra	Realiza o movimento completo e sem diminuição de amplitude. Não expressa nenhuma resistência ao exame ou comportamento de dor	Realiza o movimento de forma parcial ou incompleta, com redução de amplitude e/ou demonstra dor, por exemplo movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização	Não realiza o exame. Reage demonstrando dor (movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização) ou fuge do exame	
Lateroflexão esquerda	Realiza o movimento completo e sem diminuição de amplitude. Não expressa nenhuma resistência ao exame ou comportamento de dor	Realiza o movimento de forma parcial ou incompleta, com redução de amplitude e/ou demonstra dor, por exemplo movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização	Não realiza o exame. Reage demonstrando dor (movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização) ou fuge do exame	
Lateroflexão direita	Realiza o movimento completo e sem diminuição de amplitude. Não expressa nenhuma resistência ao exame ou comportamento de dor	Realiza o movimento de forma parcial ou incompleta, com redução de amplitude e/ou demonstra dor, por exemplo movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização	Não realiza o exame. Reage demonstrando dor (movimentação a cabeça ou cauda, reage com membros ou vocalização) ou fuge do exame	
* grupos musculares que podem apresentar atrofia, dor à palpação, espasmo/tensão, presença de nódulo ou fasciculação: espinalis; longuíssimo dorsal; glúteos superficial, médio e acessório; quadríceps; semitendinoso e semimembranoso (identificar sempre a porção muscular: origem/inserção/terço cranial/terço médio/terço caudal/toda extensão).				
Informação adicional:				
Observação:				

A realização da avaliação por meio do método MACCTORE e interpretação do mesmo foi realizada após treinamento prévio do pesquisador com um profissional experiente, pois enquanto alguns animais respondem à estimulação digital leve outros precisam de um

estímulo mais intenso para apresentar alguma reação. Após o treinamento, todos os exames foram executados por esse mesmo pesquisador que passou pelo processo.

5.3.1.1 Inspeção

Inicialmente, os animais foram retirados da baia e direcionados para o tronco do local em que estavam acomodados. O dorso e o lombo dos animais foram limpos com o auxílio de uma escova, e caso fosse necessário (se houvesse muita poeira ou sujeira), essa região foi lavada com água e sabão para melhor visualização da região toracolombar.

A inspeção é o primeiro passo do exame físico e foi feita com os animais apoiados sobre os quatro membros e com o peso igualmente distribuído entre eles. Nesse momento, de acordo com Fonseca (2008) foi considerado a conformação do animal, a simetria de grupos musculares e/ou a atrofia destes, o alinhamento longitudinal da coluna vertebral, a sua postura, a existência de curvaturas anormais na coluna tais quais como cifose lombar, lordose torácica ou escoliose (Fig. 6 e Fig. 7), assimetria de tuber sacral ou presença de contração abdominal.

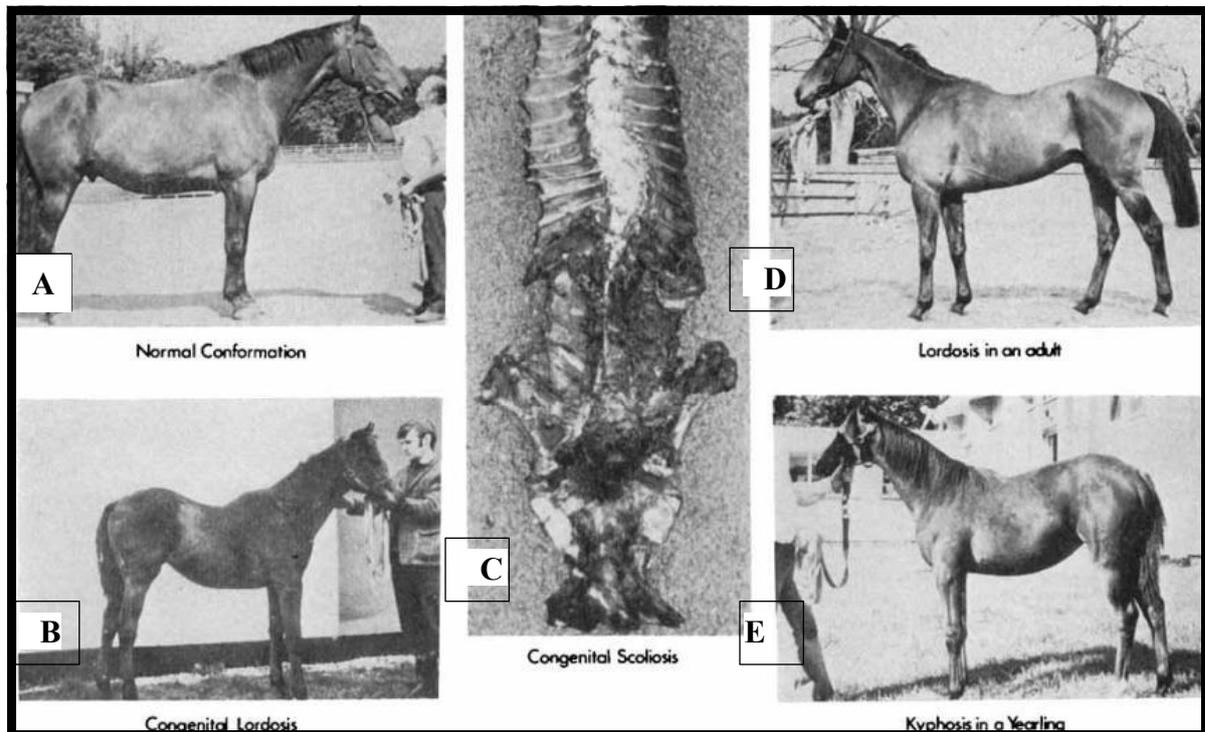


Figura 6. Exemplos de animais com diferentes conformações da coluna vertebral. Animal adulto com conformação normal (A); potro com lordose congênita (B); uma peça dissecada de coluna equina com escoliose congênita (C); cavalo com lordose adquirida em vida adulta (D) e cifose em um animal jovem (E). Adaptado de Jeffcott (1980).



Figura 7. Anis hiperflexão da da coluna verte

Os músculos epaxiais que se estendem ao longo da região toracolombar também foram avaliados através da inspeção, e dependendo da existência de atrofia com possível proeminência dos processos espinhosos vertebrais, de acordo com Fonseca (2005) podem indicar dor e/ou lesão nessa região. A atrofia desses músculos também podem causar a redução de movimento em áreas de dor, e por isso deve ser considerada um dos sinais de lesão toracolombar (Denoix e Dyson, 2003) (Fig. 8).

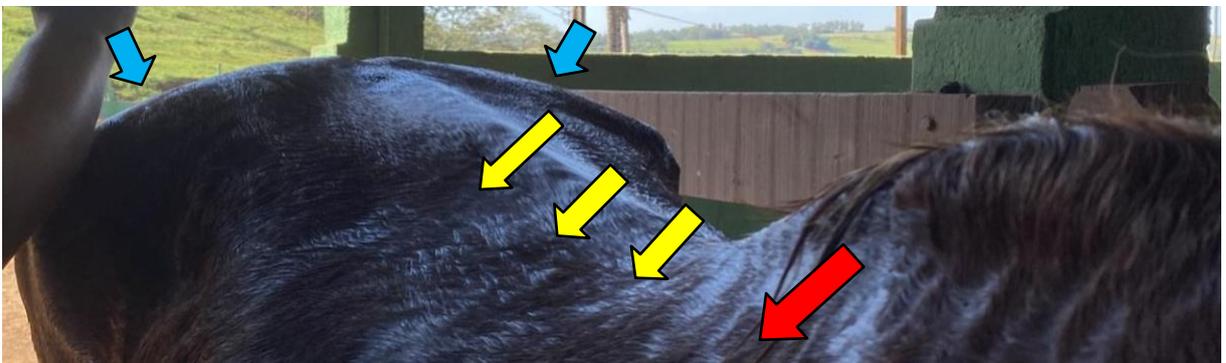


Figura 8. Exemplo de atrofia musculares que podem ser visíveis no exame de inspeção da coluna toracolombar. Atrofia de spinalis e parte do trapézio porção torácica (seta vermelha); atrofia de longuíssimo dorsal (setas amarelas); atrofia de glúteos (setas azuis); atrofia de quadriceps (seta verde).

5.3.1.2 Palpação

A palpação da coluna toracolombar foi realizada enquanto os animais ainda estavam em quatro apoios e com o peso do corpo igualmente distribuídos entre estes. Ela teve início na primeira vértebra torácica palpável (T4 e T5) e seguiu até a articulação lombossacra, seguindo a linha mediana dorsal para avaliação do ligamento supraespinhoso e alinhamento dorsal dos processos espinhosos (Fonseca, 2008; Dyson, 2007). Os músculos epaxiais também foram palpados de ambos os lados dos processos espinhosos das vértebras, buscando alterações de consistência, temperatura, dor ou fasciculação (Fig. 9). Todo o trajeto foi feito com uma leve pressão nas estruturas anatômicas para que o animal se mantivesse relaxado durante todo o exame, porém alerta e capaz de responder ao estímulo, mas sem a ocorrência de falsos positivos e reagisse à pressão excessiva do toque do examinador ao invés de uma reação dolorosa devida à uma lesão.

A palpação foi feita com intuito de identificar a textura e a consistência nos tecidos moles e ósseos, com atenção para o ligamento supraespinhoso, os processos transversos e a região paravertebral para avaliação dos músculos epaxiais, avaliando suas simetrias, alinhamentos e presença de dor, conforme previamente descrito (Alves et al., 2007; Fonseca, 2008; Fonseca et al., 2011).



Figura 9. Exame de palpção da coluna toracolombar equina. (A) Palpção da coluna vertebral em sua linha mediana dorsal para avaliaço do ligamento supraespino e alinhamento dorsal dos processos espinhosos; (B) palpção na linha paravertebral do lado esquerdo da coluna do cavalo para melhor avaliaço do ligamento supraespino e aferiço de sensibilidade dolorosa e (C) palpção dos msculos longuissimo dorsal e iliocostal lateralmente (lado direito do animal) à linha mediana da coluna de um equino.

5.3.1.3 Testes de mobilidade

Os testes de mobilidade foram realizados por movimentação passiva da coluna toracolombar por meio de estimulaço musculocutânea, avaliando a amplitude de flexão e extensão dorsal, ventral e lateral para os dois lados tolerada pelo animal; observando também a contraço muscular, a tolerância aos movimentos e a amplitude destes é possível localizar a região de possíveis lesões em tecidos moles paravertebrais (Fonseca, 2008).

Essa parte do exame físico é composta por três testes de mobilidade: dorsoflexão; ventroflexão e lateroflexão com rotaço (Fonseca et al., 2011). Cada movimento foi graduado dentro do MACCTORE com escores que variam desde um nível de normalidade, um diminuído, um aumentado e associado ou não à fasciculações dos msculos epaxiais, com ou não movimentação de cauda ou reaço dos membros, com vocalizaço ou até fuga do exame. O princípio dos testes de mobilidade é a aplicaço de pressão digital prolongada em determinados pontos ao longo da coluna toracolombar e qualificar o grau de contraço muscular, a atitude do animal e sua tolerância ao movimento induzido, a amplitude do movimento, a reaço de incômodo ou possível rejeiço do exame.

5.3.1.3.1 Dorso e ventroflexão

Os testes de dorso e ventroflexão foram feitos por meio da aplicaço de pressão digital bilateral em forma de cócegas, simetricamente e simultaneamente nos dois lados da coluna em pontos específicos, enquanto o animal ainda se mantinha em quatro apoios. Os pontos definidos e usados no método MACCTORE para flexão e extensão da coluna foram: (1) estímulo na altura de T10, na base da cernelha, observando a extensão torácica; (2) pressão com as pontas dos dedos na altura de T16, observando a extensão toracolombar; (3)

cócegas em L4\L5 estimula-se a extensão da lombossacra (Fig. 10); (4) pressão na cartilagem xifoide, observa-se a contração do músculo reto abdominal e ventroflexão toracolombar; (5) estímulo de cócegas na base\inserção da cauda induzindo da flexão lombar e lombossacra, em muitos casos (Fig. 11) (Fonseca et al., 2011; Fonseca 2021a).



Figura 10. Pontos de estímulo digital para a extensão da coluna toracolombar. (A) Estímulo na altura de T10, na base da cernelha, observando a extensão torácica; (B) estímulo com as pontas dos dedos na altura de T16, observando a extensão toracolombar e (C) cócegas em L4\L5 estimulando a extensão da lombossacra.



Figura 11. Pontos de estímulo digital para a flexão da coluna vertebral equina. À esquerda, na base da cauda, cócegas com as pontas dos dedos ou pressão digital leve para indução da flexão lombar e lombossacra (A). À direita, caudalmente à cartilagem xifoide, estímulo de cócegas para indução da flexão torácica (B).

5.3.1.3.2 Lateroflexão e rotação

Esse teste foi realizado nos dois lados do animal e consiste em puxar, sem agressividade, a base da cauda para o lado onde está o examinador e aplicar uma pressão com os dedos contra o corpo do animal, na altura das últimas costelas; fazendo assim com que o animal tenha a propensão de flexionar lateralmente o corpo e consequentemente a coluna toracolombar (Denoix, 1999b; Fonseca et al., 2011) (Fig.12).



Figura 12. Exame de do teste de lateroflexão da coluna vertebral. À esquerda, aplicação de um estímulo digital na penúltima costela esquerda, direcionando a pressão no sentido oposto ao do examinador, posicionado do lado esquerdo do animal, e ao mesmo tempo, uma tração na base da cauda em sentido ao examinador para obter a lateroflexão da coluna para o lado esquerdo (A). À direita, aplicação de um estímulo digital na penúltima costela direita, direcionando a pressão no sentido oposto ao do examinador, posicionado do lado direito do animal, e ao mesmo tempo, uma tração na base da cauda em sentido ao examinador para obter a lateroflexão da coluna para o lado direito (B).

5.4 Escore facial de dor

A obtenção do escore facial de dor de todos os animais foi intencionado com o objetivo de ter um outro método avaliativo que qualificasse dor e o fizesse de uma maneira bem distintiva entre os grupos controle e com laminite crônica. Esse pensamento foi elaborado justamente pela avaliação clínica da coluna ser um exame que assume um grau de subjetividade. Portanto, a Escala de Dor Equina de Grimace (HGS) foi utilizada como protocolo para a avaliação facial de dor em todos os animais do experimento (Fig. 13) (Dalla Costa et al., 2014).

Os animais foram observados por cinco minutos logo após que chegavam do estabulamento\pasto e antes do exame clínico ser iniciado. Todos os animais foram avaliados pelo mesmo examinador e os escores de cada um foram registrados em suas fichas individuais (Tabela 2).

Posicionamento das orelhas		
		
Ausente (0)	Moderadamente presente (1)	Obviamente presente (2)
As orelhas são mantidas em pé e viradas para trás. Como resultado, o espaço entre as orelhas pode parecer relativamente maior comparado ao basal.		

Fechamento dos olhos		
		
Ausente (0)	Moderadamente presente (1)	Obviamente presente (2)
A pálpebra pode estar parcial ou completamente fechada. Qualquer fechamento palpebral que reduza o tamanho dos olhos por mais da metade deve ser considerado "obviamente presente" ou "2".		

Tensão acima da área dos olhos		
		
Ausente (0)	Moderadamente presente (1)	Obviamente presente (2)
A contração dos músculos na área acima dos olhos aumenta a visualização das estruturas ósseas subjacentes. Se a crista do osso temporal estiver claramente visível deve ser considerado "obviamente presente" ou "2".		

Tensão da musculatura mastigatória		
		
Ausente (0)	Moderadamente presente (1)	Obviamente presente (2)
A tensão dos músculos mastigatórios é claramente visível como aumento da tensão acima da boca. Se os músculos mastigatórios estiverem claramente proeminentes e perceptíveis o escore deve ser considerado "obviamente presente" ou "2".		

Tensão na boca e queixo pronunciado		
		
Ausente (0)	Moderadamente presente (1)	Obviamente presente (2)
A tensão na boca é claramente visível quando o lábio superior é deslocado para trás e o lábio inferior deixa o queixo pronunciado.		

Narinas tensas e achatamento do perfil		
		
Ausente (0)	Moderadamente presente (1)	Obviamente presente (2)
As narinas parecem tensas e levemente dilatadas, o perfil da narina fica mais plano e os lábios alongam.		

Figura 13. Escala de Dor Equina de Grimace (HGS). A Escala de Dor Equina de Grimace com imagens e explicações para cada as 6 unidades de ações faciais (FAUs). Cada unidade de ação facial tem uma graduação considerando se a característica avaliada nesta está ausente (escore 0), moderadamente presente (escore 1) ou obviamente presente (escore 2). Adaptado de Dalla Costa et al. (2014).

5.5 Exame ultrassonográfico da coluna toracolombar

O equipamento utilizado foi um ultrassom SonoScape X3V veterinário portátil e foram usados dois transdutores: uma sonda convexa de 1-7 MHz e uma sonda linear de 4-16 MHz. A região foi previamente limpa e preparada apenas com álcool 70% e sem necessidade de tricotomia em nenhum animal. Para uma aferição adequada da coluna toracolombar, foram produzidas imagens medianas e paramedianas, estas últimas incluindo as do lado esquerdo e direito, ao longo de toda a coluna toracolombar (Fonseca, 2005; Fonseca et al., 2006; Fonseca, 2008). O exame ultrassonográfico aconteceu em dois momentos: primeiramente a avaliação transversal da região de T17-L6 com a probe convexa (imagens paramedianas) e em seguida, a avaliação longitudinal da região de T5-L6 com a probe linear (imagens medianas) (Fig. 14).



Figura 14. Exame ultrassonográfico da coluna toracolombar realizado durante o atual experimento. À esquerda, a avaliação transversal que foi realizada desde T17 até L6, do lado direito e do lado esquerdo, com a probe convexa gerando as imagens paramedianas (A). À direita, a avaliação longitudinal que foi feita desde T5 até L6, sobre a linha mediana dorsal da coluna, com a probe linear gerando as imagens medianas (B).

Para esse momento de coleta de dados do experimento, foi desenvolvida uma tabela específica de avaliação ultrassonográfica com variáveis específicas e desejáveis a serem estudadas em animais com laminite crônica, ou seja, animais que estivessem simulando uma postura excessiva e prolongada de flexão da coluna toracolombar. E assim, supostamente, tais variáveis estariam sujeitas à maior tensão ou propensão a lesões. Essa tabela foi elaborada com os escores com e suas explicações correspondentes de cada variável determinada e foi disponibilizada junto com as imagens ultrassonográficas, estas fornecidas aleatoriamente sem

a identidade do animal ou do seu grupo experimental, de todos os animais para ambos os avaliadores cegos (Tabela 5).

Tabela 5. Ficha ultrassonográfica individual elaborada para a avaliação de quatro variáveis: processos articulares, musculatura epaxial, processos espinhosos e ligamento supraespinhoso. A ficha contém a graduação em escores para cada variável, sendo: processo articular de 0-3; musculatura epaxial de 0-4 referente à ecogenicidade de fibras e de 0-2 referente ao volume da musculatura; processo espinhoso de 0-3 e ligamento supraespinhoso de 0-4. Nela também existe uma legenda com a explicitação do que cada escore significa. Ao lado direito da ficha, existe uma coluna de somatória individual de escore total para cada variável e ao final um espaço para a soma total do escore ultrassonográfico geral. Essa ficha foi fornecida para os avaliadores cegos juntamente com as imagens de ultrassom para que fossem preenchidas. A identificação do animal e o grupo ao qual pertencia (CON ou GLC) foram reservados para preenchimento posterior, apenas para o processamento estatístico.

Avaliador																																	
Animal																																	
Grupo																																	
Processo articular																								LEGENDA		TOTAL							
	ESQ	T17	T18	L1	L2	L3	L4	L5	L6		DIR	T17	T18	L1	L2	L3	L4	L5	L6														
Normal																																Normal - 0	
Leve																																Leve - 1	
Moderada																																Moderada - 2	
Severa																																Severa - 3	
																										Total PA							
Musculatura epaxial																																	
	ESQ	T17	T18	L1	L2	L3	L4	L5	L6		DIR	T17	T18	L1	L2	L3	L4	L5	L6														
Normal																																Normal - 0	
Hipoecóico																																Hipoecóico - 1	
Anecóico																																Anecóico - 2	
Hiperecóico																																Hiperecóico - 3	
Heterogêneo																																Heterogêneo - 4	
Normal																																Normal - 0	
Hipotrofia																																Hipotrofia - 1	
Hipertrofia																																Hipertrofia - 2	
																										Total ME							
Processo espinhoso																																	
	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	L1	L2	L3	L4	L5	L6													
Normal																																Normal - 0	
Leve																																Leve - 1	
Moderada																																Moderada - 2	
Severa																																Severa - 3	
																										Total PE							
Ligamento supraespinhoso																																	
	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	L1	L2	L3	L4	L5	L6													
Normal																																Normal - 0	
Hipoecóico																																Hipoecóico - 1	
Anecóico																																Anecóico - 2	
Hiperecóico																																Hiperecóico - 3	
Heterogêneo																																Heterogêneo - 4	
																										Total LSE							
																										TOTAL GERAL							

5.5.1 Processos articulares e musculatura epaxial

Os processos articulares das articulações intervertebrais dorsais foram avaliados em cortes transversais, com o transdutor localizado a uma distância de aproximadamente 2 centímetros lateral à linha mediana dorsal da coluna vertebral. Foram obtidas duas imagens simétricas da mesma articulação intervertebral, lado direito e lado esquerdo, para uma visualização topográfica completa da vértebra torácica ou lombar e das articulações, direita e esquerda (Fig. 15 e Fig. 16). As alterações dos processos articulares foram classificadas

como: (0) normal ou sem irregularidade; (1) leve irregularidade da superfície articular; (2) irregularidade moderada com descontinuidade da superfície articular e (3) irregularidade severa da superfície articular com visualização de osteófitos na linha articular (Tabela 5) (Fig. 17).

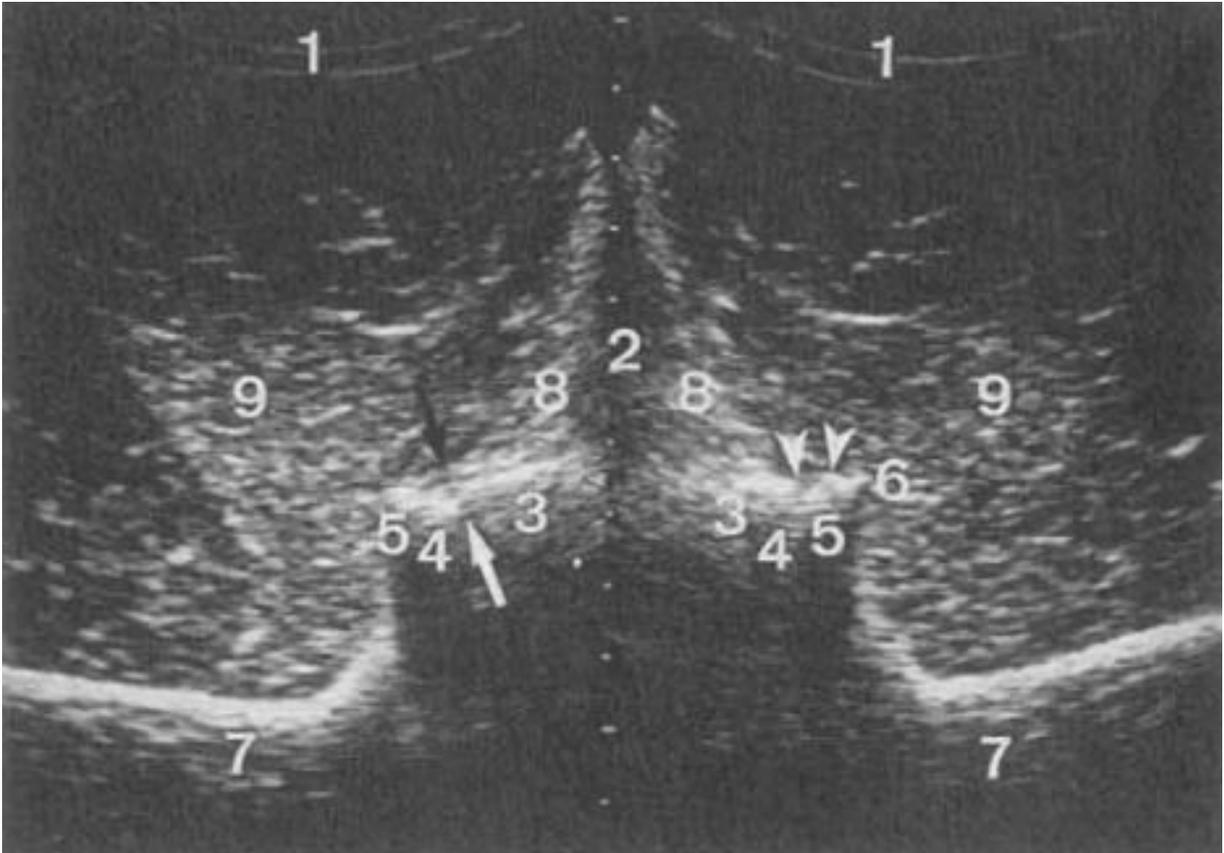


Figura 15. Imagem ultrassonográfica formada por duas imagens simétricas da mesma articulação intervertebral, lado direito e lado esquerdo, para uma visualização topográfica completa da articulação. (1) Pele; (2) Processos espinhoso de L1; (3) Processos articulares caudais de T18; (4) Processos articulares em articulação; (5) Processos articulares craniais de T18; (6) processo mamilar de L1; (7) Processos transversos de L1; (8) M. multifídus; (9) M. longuíssimos; seta preta: cápsula articular e seta branca: espaço articular. Adaptado de Denoix (1999a).

A musculatura epaxial foi uma das variáveis sob análise devido à relação que animais com laminite crônica podem ter com a injúria muscular e com a atrofia muscular ou até dependendo do tipo de laminite ou função e raça, com musculaturas mais inchadas. A musculatura epaxial avaliada nesse experimento englobou dois principais grupos musculares: o músculo multifídus e o músculo longuíssimo dorsal (Fig. 15 e Fig. 16). Eles foram avaliados através das mesmas imagens paramedianas e dos mesmos cortes transversais, produzidas pela probe convexa, daquelas feitas para a avaliação dos processos articulares.

A musculatura foi classificada quanto à ecogenicidade de fibras e ao volume/tônus muscular. Para ecogenicidade foi estabelecido uma graduação de escores de 0-4, onde: (0) equivale à normalidade de ecogenicidade; (1) hipoeogenicidade das fibras; (2) anecoogenicidade das fibras; (3) hiperecogenicidade de fibras e (4) fibras heterogêneas. Em

referência ao tamanho da musculatura, a classificação se estendeu a escores: (0) normal; (1) hipotrofia muscular e (2) hipertrofia muscular (Tabela 5).

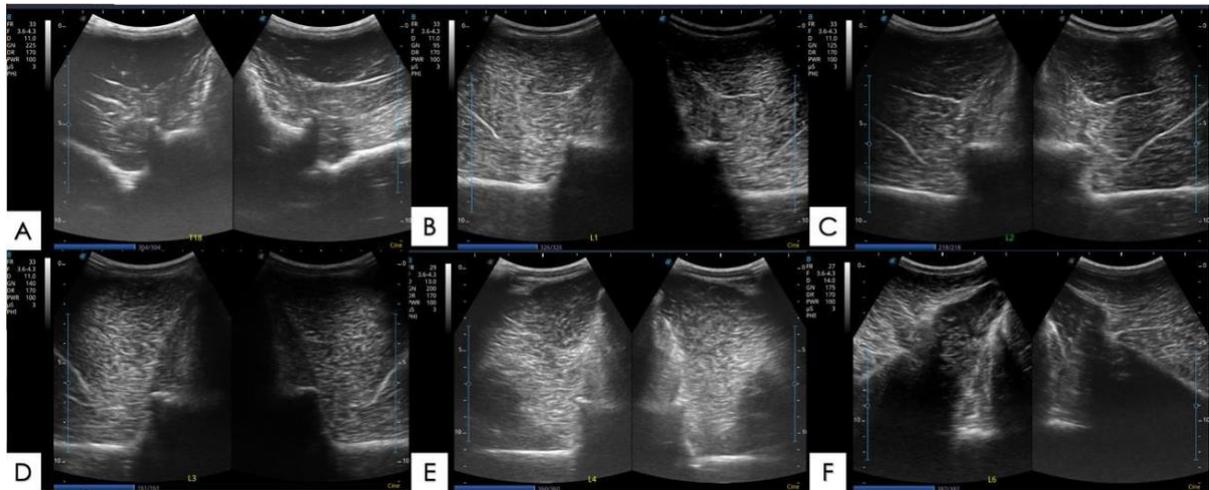


Figura 16. Imagens ultrassonográficas sem anormalidades, em cortes transversais, simétricas (lado direito e esquerdo) de diferentes vértebras da coluna toracolombar equina feitas durante o atual experimento. (A) Vértebra T18; (B) vértebra L1; (C) vértebra L2; (D) vértebra L3; (E) vértebra L4 e (F) vértebra L6.

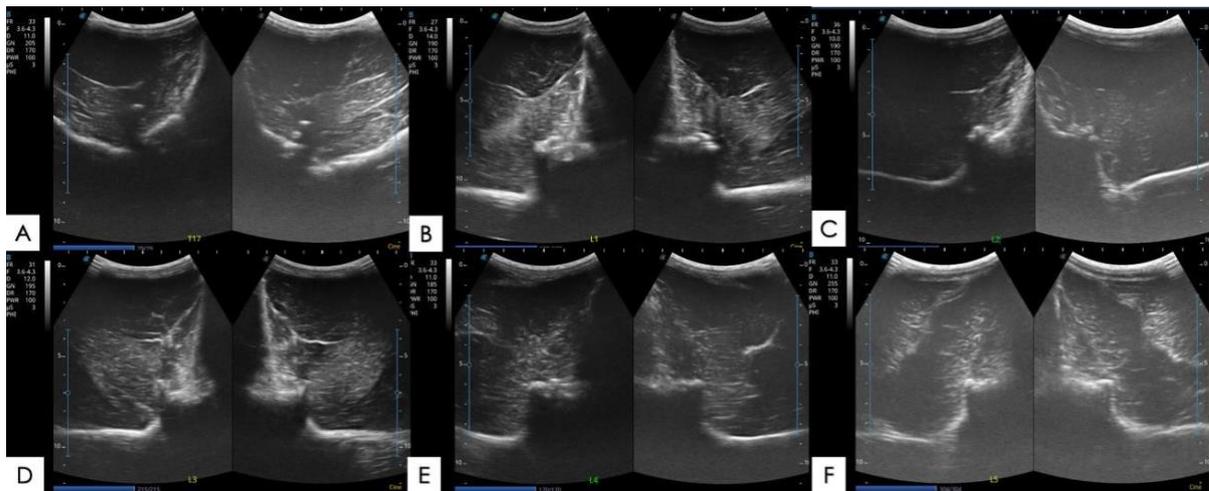


Figura 17. Imagens ultrassonográficas com anormalidades, em cortes transversais, simétricas (lado direito e esquerdo) de diferentes vértebras da coluna toracolombar equina feitas durante o atual experimento. (A) Vértebra T17 com osteoartrite e presença de osteófitos próximos aos processos articulares do lado esquerdo e direito; (B) vértebra L1 com osteoartrite com perda moderada a severa da regularidade articular em ambos os lados; (C) vértebra L2 com osteoartrite, perda leve da regularidade articular e presença de osteófitos em ambos os lados; (D) vértebra L3 com osteoartrite com perda moderada da regularidade articular de ambos os lados; (E) vértebra L4 com osteoartrite com leve irregularidade articular do lado esquerdo e (F) vértebra L6 com osteoartrite com leve irregularidade articular e presença de osteófitos do lado esquerdo.

5.5.2 Processos espinhosos e ligamento supraespinhoso

Os processos espinhosos e o ligamento supraespinhoso foram avaliados em cortes longitudinais feitos pela probe linear sobre a linha mediana dorsal da coluna. Os processos espinhosos foram avaliados quanto à regularidade da sua linha óssea dorsal, em relação à

superfície óssea e à presença de fragmentos ósseos na linha dorsal (Fonseca, 2008). Os escores estipulados para a avaliação dos processos espinhosos foram: (0) normalidade; (1) leve irregularidade óssea; (2) moderada irregularidade óssea com possível perda da continuidade da linha óssea e (4) severa deformidade óssea com presença de osteófitos (Tabela 5) (Fig. 18 e Fig. 19).

As variações observadas no ligamento supraespinhoso foram caracterizadas em relação à ecogenicidade, onde os escores correspondiam a: (0) normalidade de fibras; (1) visualização de fibras hipocóicas; (2) visualização de espaços anecóicos entre as fibras; (3) visualização de hiperecogenicidade entre as fibras e (4) visualização de ambiente heterogêneo (Tabela 5) (Fig. 18 e Fig. 19).

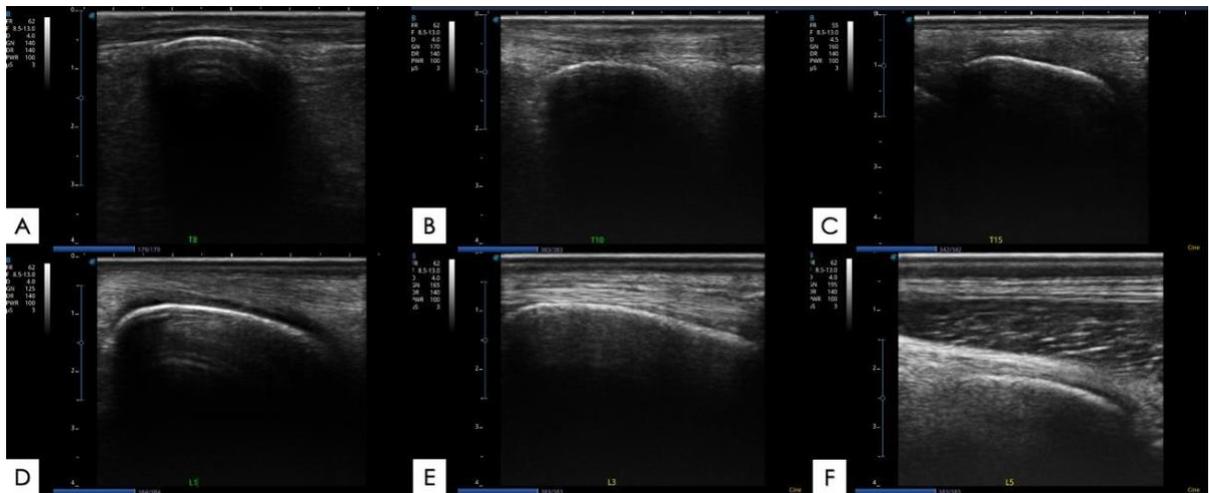


Figura 18. Imagens ultrassonográficas sem anormalidades, em cortes longitudinais, de diferentes vértebras da coluna toracolombar equina feitas durante o atual experimento. (A) PE da vértebra T8; (B) PE da vértebra T10; (C) PE da vértebra T15; (D) PE da vértebra L1; (E) PE da vértebra L3 e (F) PE da vértebra L5.

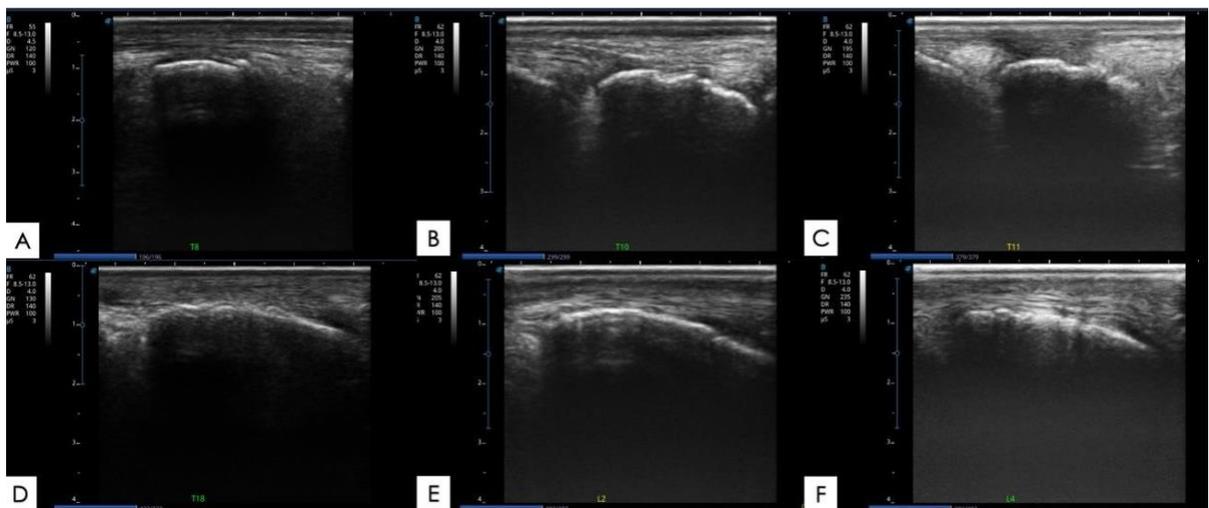


Figura 19. Imagens ultrassonográficas com anormalidades, em cortes longitudinais, de diferentes vértebras da coluna toracolombar equina feitas durante o atual experimento. (A) PE da vértebra T8 com presença de osteófito; (B) PE da vértebra T10 com irregularidade de moderada a severa; (C) PE da vértebra T11 com superfície irregular moderada e LSE com áreas hiperecóicas circunscritas; (D) PE da vértebra T18 com leve irregularidade e remodelamento; (E) PE da vértebra L2 com superfície

moderadamente irregular e com perda de continuidade e (F) PE da vértebra L4 com irregularidade moderada a severa e LSE com presença de fibras hiperecóticas.

5.6 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos inicialmente à análise descritiva para obtenção de média, desvio padrão, erro padrão, mediana e quartis de cada uma das variáveis. Posteriormente, os valores dos grupos foram comparados em cada uma das variáveis usando-se o teste t de Student não pareado para dados paramétricos de distribuição normal (testes Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov) e de variância comum (teste F). O teste de Mann-Whitney foi utilizado para os dados não paramétricos. A prevalência relativa (%) de lesões ultrassonográficas foram detectadas em cada uma das vértebras estudadas, sendo comparadas entre os grupos por meio de teste de Fisher. Mais além, comparou-se a distribuição de frequência de animais acometidos com escores de lesões clínicas e ultrassonográficas intensas, cujo o ponto de corte correspondeu ao percentil 75 (P75) de toda a população em cada uma das variáveis. Para todos os testes, considerou-se um nível de significância de $P < 0,05$.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Avaliação clínica

Não houve diferença dos valores de peso corporal, contudo os animais de GLC apresentaram altura média cerca de 5% superior ao CON ($P < 0.0001$, Fig. 20). A diferença de altura pode ser explicada pela predominância de equinos da raça Quarto-de-Milha no CON, que tendem a ser animais robustos, porém de menor estatura. Entretanto, a baixa magnitude de diferença de altura (5%) e a ausência de diferença de peso corporal entre os grupos demonstra uma uniformidade entre grupos. Nesse aspecto é interessante observar a realidade do grupo GLC, pois este contemplou animais com todos os tipos de laminite revisados aqui, incluindo animais com quadros de laminite associada à sobrecarga de peso, à seps/SIRS e endocrinopática (Tabela 3), e por isso animais que variavam no espectro de quanto pesavam, desde aqueles que estavam muito magros e debilitados sem conseguir levantar até os obesos com acúmulo de gordura na crista do pescoço e base da cauda, por exemplo, com sinais de SME (Johnson, 2002b).

Desse modo, é seguro dizer que o peso não é uma variável tão relevante na tentativa de associar possíveis consequências na coluna toracolombar com a laminite crônica, pois além do peso poder ser muito cambiante dependendo do grau/estágio/tipo da doença em que o animal esteja, ainda não foi comprovado que ao aumento de peso em equinos pode sugerir maior ocorrência de lesões de coluna.

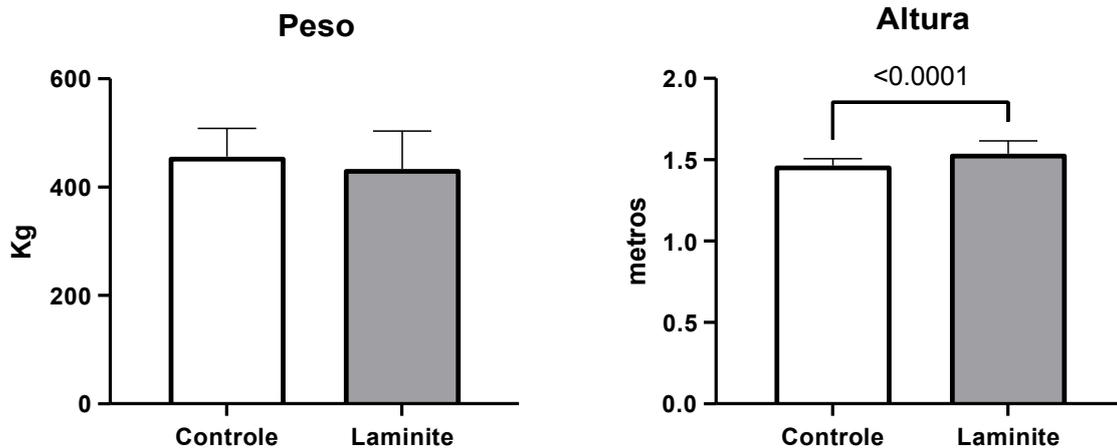


Figura 20. Médias e desvios-padrão para as variáveis peso (kg) à esquerda e altura (metros) à direita, para ambos os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC).

Dando seguimento nos parâmetros avaliados no exame clínico, outro resultado encontrado foi que animais com laminite crônica tem uma frequência cardíaca (FC) significativamente maior do que os animais sem laminite crônica, $P < 0.0001$ (Fig. 21). Pela análise descritiva, foi possível constatar que os animais do grupo GLC tem uma FC 28% maior do que os animais do grupo CON. Esse dado clínico relevante encontrado no experimento reforça o que a literatura já deixou bem documentado sobre a relação dos parâmetros físicos e os sinais clínicos da laminite. Devido ao grau de dor que os cavalos sentem, desde a fase aguda da laminite e que se mantém durante o processo crônico da doença, a FC desses animais tende a assumir valores maiores do que a de animais clinicamente saudáveis (Mendes e Feitosa, 2014; Pollitt, 2008; van Eps, 2010).

Diferentemente da FC que se inclina a valores maiores, tanto durante a fase aguda quanto a fase crônica da laminite, a frequência respiratória (FR) normalmente aumenta somente na fase inicial da doença e depois propende-se a estabilização nos valores fisiológicos normais (Pollitt, 2008; van Eps, 2010). O resultado em relação à FR nesse experimento condiz com o que é reportado na literatura: não houve significância estatística encontrada na FR entre os grupos CON e GLC (Fig. 19). Além disso, como reforço a esse resultado encontrado, a ausculta pulmonar de todos os animais examinados para esse experimento foi uma ausculta normal, sem ruídos anormais ou estertores pulmonares, mostrando a ausência de qualquer alteração pulmonar que pudesse interferir na FR.

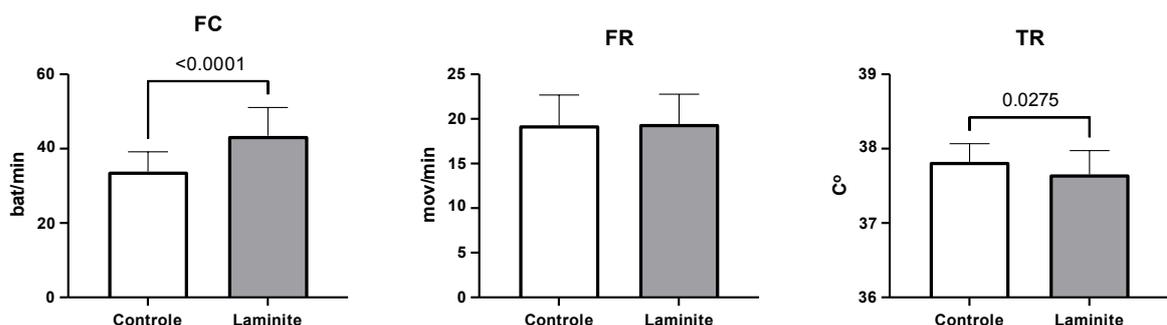


Figura 21. Médias e desvios-padrão para as variáveis FC (batimentos/minuto) à esquerda, FR (movimentos/minuto) ao centro e TR (graus Celsius), para ambos os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC).

Em relação à temperatura retal (TR), o resultado encontrado foi o de que houve diferença estatística entre os grupos CON e GLC. Porém, a TR do grupo CON foi maior do que a do grupo GLC (Fig. 21), demonstrando que o processo da doença era realmente crônico e igualmente importante, que os animais deste grupo não apresentavam nenhum outro processo inflamatório agudo ou nenhuma outra doença que causasse estado febril no momento em que foram avaliados para o experimento. Ainda, vale ressaltar que mesmo a TR do grupo CON ter sido ligeiramente maior do que a do outro grupo, ela ainda assim se manteve normal dentro do intervalo fisiológico para a espécie equina, sendo assim considerado um achado irrelevante sob o ponto de vista clínico (Feitosa e Benesi, 2014).

6.2 Avaliação sorológica de analitos

A creatina quinase (CK) é a enzima mais amplamente utilizada para a determinação de miopatias nos animais domésticos e é considerada um indicador altamente sensível e específico de lesão muscular, já que os principais tecidos fontes dessa enzima são as fibras musculares. A sua elevação sérica pode indicar se a necrose muscular é ativa/recente, caso seja persistente, ou se é uma necrose não mais ativa, caso os níveis séricos de CK estejam decrescentes ou normais e acompanhados de uma concentração sérica de AST elevada (Cardinet, 1997). Para além, um experimento desenvolvido por Thomassian et al. (2007) comprovou que o pico de atividade enzimática da CK é de 3 horas a 6 horas.

No estudo desenvolvido, o resultado encontrado foi de que houve diferença estatística significativa entre os grupos CON e GLC em relação aos valores de CK, $P = 0.0277$ (Fig. 20). Vale ressaltar que nenhum dos grupos ultrapassou o valor limite de referência usado pelo laboratório no qual as amostras foram processadas, que é de 576 U.I/L.

Logo, foi possível alinhar esse resultado com o previsto pela literatura citada: os animais com laminite crônica normalmente não apresentam uma lesão muscular aguda e ativa, pois estão com dificuldade de locomoção e sem praticarem atividades físicas, o que corresponde com valores de CK menores do que os de animais saudáveis que estejam com uma vida atlética funcional ativa, por exemplo, como muitos animais contemplados estavam no grupo CON nesse experimento. Estes achados são condizentes com a menor temperatura retal no GLC, sugerindo menor atividade metabólica no grupo acometido.

Já a análise de lactato desidrogenase (LDH) não apresentou nenhuma diferença estatística nos resultados (Fig. 22). A LDH também é uma das enzimas mais comumente utilizadas para indicar lesão muscular e ela está presente no citosol celular, assim como a CK, e o aumento da permeabilidade da membrana no processo de dano celular faz com que maior quantidade dessa enzima seja transportada para a circulação, similarmente como acontece no processo de elevação sérica da CK (Thomassian et al., 2007). Isso pode explicar um comportamento similar das enzimas CK e LDH encontrado entre os grupos CON e GLC (Fig. 20). Contudo,

diferentemente da CK, atividade da LDH refere-se à soma de cinco isoenzimas localizadas no fígado, nos músculos, eritrócitos, células intestinais e tecido renal, e elevações da LDH não são específicas, a menos que as concentrações das isoenzimas forem determinadas. Além disso, o pico de atividade enzimática da LDH é de 24 horas após o término de um exercício intenso (Thomassian et al., 2007).

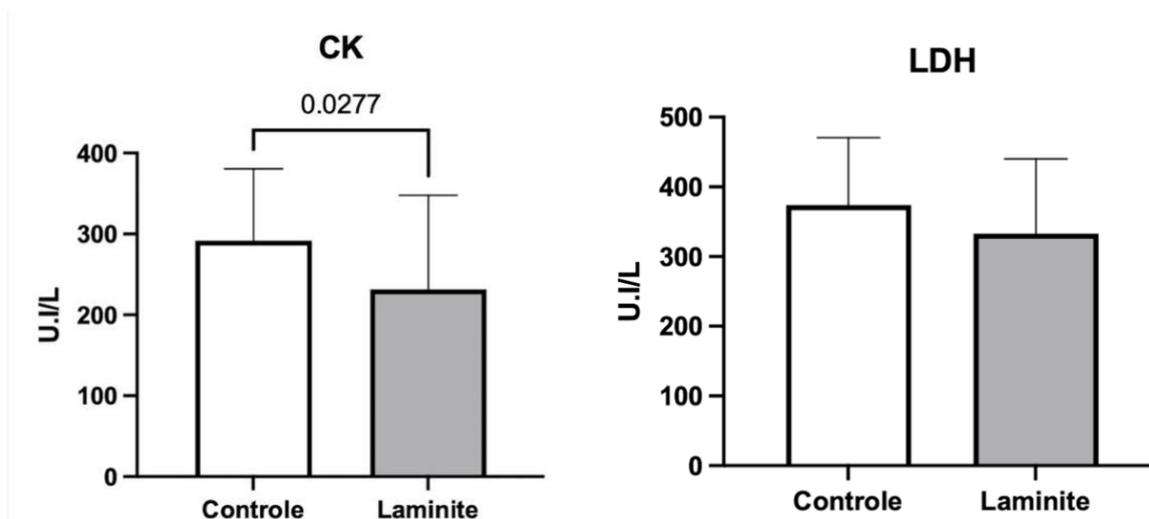


Figura 22. Médias e desvios-padrão para as variáveis CK (U.I/L) à esquerda e LDH (U.I/L) à direita, para ambos os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC).

6.3 Avaliação física da coluna toracolombar e Escore Facial de Dor

O MACCTORE (Tabela 4) foi um método desenvolvido nesse experimento, para a avaliação física da coluna toracolombar dos animais dos grupos CON e GLC, mas ele foi elaborado para ser usado em qualquer animal, sob qualquer suspeita clínica, seja ela laminite, alguma lombalgia ou queixa de claudicação, por exemplo. A particularidade do MACCTORE é conseguir ser um guia metodológico abrangente para a avaliação da seção toracolombar do esqueleto axial do cavalo e ele consiste em três passos: a inspeção, a palpação e os testes de mobilidade. A expectativa, com a elaboração do MACCTORE, era de que fosse possível encontrar resultados consistentes após avaliar fisicamente a coluna toracolombar de animais com laminite crônica e animais sem a doença, com o intuito de tentar encontrar uma associação entre o estado crônico da doença e a repercussão dela na coluna equina. O resultado encontrado foi de uma diferença estatística positiva, $P < 0.0001$ (Fig. 23), onde o escore médio MACCTORE do grupo GLC foi 277% superior maior ao escore do grupo CON.

Outros estudos já buscaram desenvolver metodologias para a avaliação física da coluna equina, com a finalidade de estudar lesões, buscar causas de claudicações e também lombalgias. Um experimento realizado por Mayaki et al. (2020) mostrou que a resposta dolorosa à palpação do dorso, a hipertonicidade muscular do dorso, a rigidez da articulação toracolombar e as disfunções físicas são úteis na determinação da lombalgia em equinos. Entretanto, Fonseca et al. (2005) e Fonseca et al. (2011) foram os pesquisadores que chegaram mais perto de estabelecer uma metodologia coerente de avaliação física da coluna

toracolombar equina e legitimar que quando é realizada de forma correta, pode ser muito efetiva no diagnóstico e monitoramento de dor e lesões na coluna toracolombar de equinos.

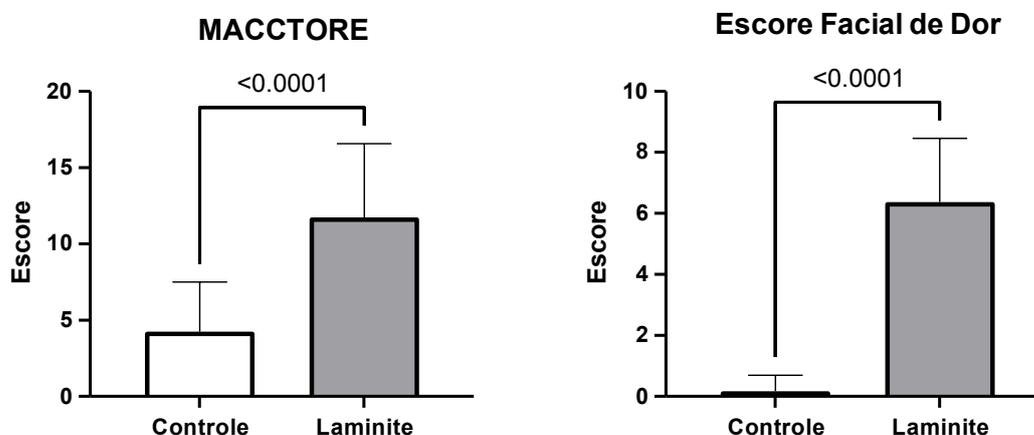


Figura 23. Médias e desvios-padrão para as variáveis MACCTORE (escore) à esquerda e escore facial de dor (escore) à direita, para ambos grupos controle (CON) laminite crônica (GLC).

A avaliação da dor é sempre uma questão crítica para o bem-estar dos cavalos. Os métodos existentes de avaliação da dor apresentam várias limitações, como a subjetividade, o que reduz a aplicabilidade na vida rotineira. A avaliação das alterações da expressão facial, como um novo meio de pontuação da dor, pode oferecer inúmeras vantagens e superar algumas dessas limitações. Um estudo desenvolvido por Dalla Costa et al. (2014) teve como objetivo desenvolver e validar uma escala padronizada de dor baseada em expressões faciais em cavalos: a Escala de Dor Equina de Grimace (HGS).

A HGS foi usada no presente estudo com o propósito de se ter outra variante em relação ao estímulo doloroso presente no estudo que pudesse ajudar a validar o método MACCTORE, reforçando a sua solidez em avaliar fisicamente a coluna de tais animais, uma vez que na laminite a principal sintomatologia clínica presente durante todo o curso da doença é a dor nos dígitos que leva à alteração postural sobrecarregando outras estruturas como a coluna (Pollitt, 2008; van Eps, 2010). Considerando a HGS, foi visto uma diferença estatística significativa entre os grupos CON e GLC, $P < 0.0001$ (Fig. 23), sendo que a média do escore facial de dor do GLC foi 38 vezes superior à média do escore de CON. Esse resultado afirmou o que a literatura já vinha informando sobre a sintomatologia dolorosa da doença em estudo e corrobora os achados do escore MACCTORE que considera dor lombar em sua composição.

6.4 Avaliação ultrassonográfica da coluna toracolombar

A ultrassonografia é um exame complementar muito expressivo quando se diz respeito à porção axial do aparato locomotor, pois possibilita determinar o local preciso da lesão, além de delimitar sua extensão e qualificar a sua gravidade (Denoix, 1999b). De acordo com Fonseca (2008), com esse exame é possível avaliar o ligamento supraespinhoso, ligamentos interespinhosos, processos espinhosos, parte da musculatura epaxial e também processos articulares.

Para corroborar com tal significância do exame ultrassonográfico da coluna toracolombar equina na investigação de lesões e fortificar a perceptibilidade de como esse exame pode fornecer dados importantes para cada tecido ou estrutura avaliada (Fonseca, 2021b), foi desenvolvida uma metodologia de avaliação ultrassonográfica nesse experimento: uma tabela com as variáveis processo articular (PA), musculatura epaxial (ME), processo espinhoso (PE), ligamento supraespinhoso (LSE) e Avaliação US Total (Tabela 5) a serem estudadas nos grupos CON e GLC. E assim, supostamente, tais variáveis estariam sujeitas à maior tensão ou propensão a lesões. As imagens ultrassonográficas foram disponibilizadas, aleatoriamente, sem a identidade do animal ou do seu grupo experimental, para dois avaliadores cegos.

Considerando a biomecânica da coluna toracolombar equina e como os cavalos assumem uma postura de hiperflexão desta, muitas vezes por longos períodos, durante o processo da laminite crônica (Denoix, 1999b) era esperado encontrar no exame ultrassonográfico da coluna desses animais processos articulares (PA) em maior atrito e por isso, com maior probabilidade de reação tecidual e ocorrência de lesões em comparação com aqueles da coluna de animais sem laminite (Denoix, 1999b). O mesmo raciocínio foi usado para o ligamento supraespinhoso (LSE), que na condição de flexão excessiva da coluna toracolombar, está sob maior tensão e pode estar mais sujeito ao acontecimento de lesões (Denoix, 1999a; Denoix, 1999b). O resultado encontrado para a variável PA foi de que houve diferença estatística significativa entre os grupos CON e GLC, $P < 0.0001$ (Fig. 24), sendo a média do GLC foi 233% maior do que a média do CON.

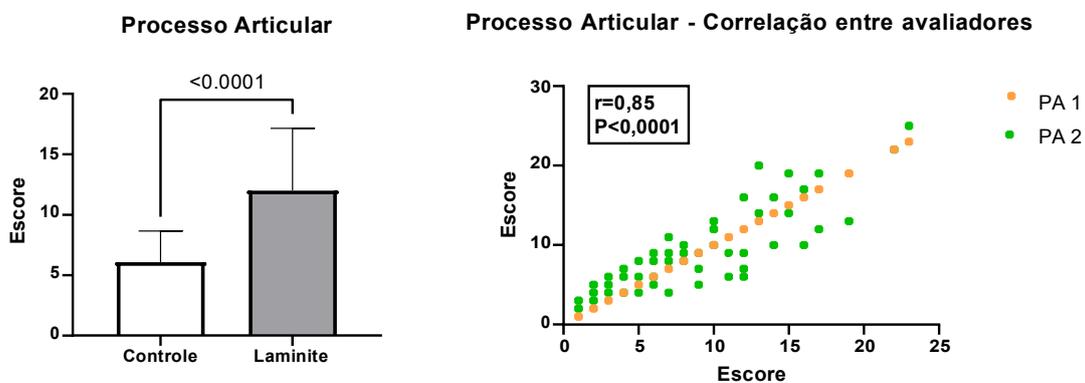


Figura 24. Médias e desvios-padrão para a variável processo articular (PA) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para PA.

Os resultados em relação à musculatura epaxial (ME) também foram estatisticamente diferentes entre os grupos CON e GLC ($P = 0.0001$) (Fig. 25). Além disso, a ME foi a que teve menor correlação entre os dois avaliadores. Isso pode se dado pelo fato da dificuldade de avaliar ultrassonograficamente as fibras musculares, em relação à sua ecogenicidade, ou também pelo fato de não ter sido feita uma medição dos grupos musculares por biometria devido à extensão do fragmento toracolombar avaliado nesse estudo.

Entretanto, mesmo que o volume muscular não tenha sido usado como uma técnica nesse experimento, Oliveira et al. (2014) mostrou que a biometria ultrassonográfica do músculo

multífidus, na altura de L5, é eficiente para mensurar a hipertrofia desse grupo muscular de equinos em treinamento com rédeas específicas que estimulam a flexão toracolombar, especialmente da região lombossacra, durante o exercício. Essa referência e algumas outras (Stubbs et al., 2010); Stubbs et al. 2011), corroboram o entendimento de que programas de treinamento ou o trabalho/esforço contínuo, por modificarem a postura do cavalo em movimento e provocarem alterações biomecânicas, podem induzir adaptações funcionais e modificações no tamanho de determinados músculos. Então, é possível inferir com esse resultado que animais com laminite crônica, que passam muito tempo em esforço estimulando a musculatura epaxial devido à flexão intensa da coluna toracolombar, podem ter alterações nessa musculatura em comparação com animais saudáveis.

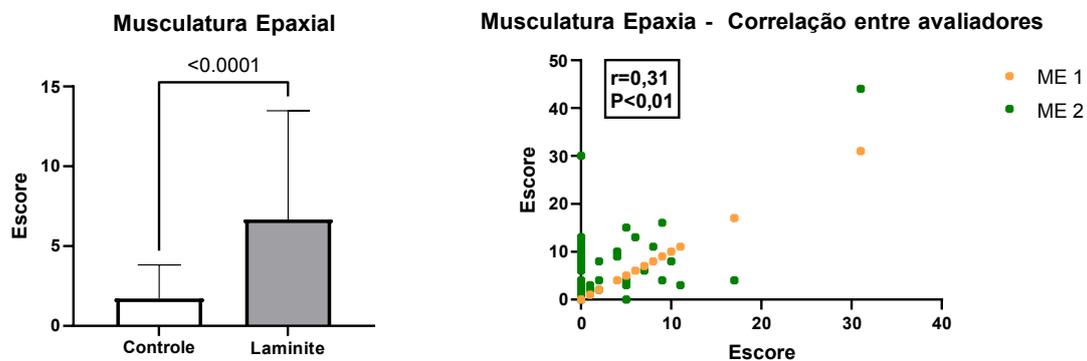


Figura 25. Médias e desvios-padrão para a variável musculatura epaxial (ME) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para ME.

Os resultados para os processos espinhosos (PE) mostraram diferença estatística entre os grupos CON e GLC ($P < 0.0001$) (Fig. 26), provavelmente pela relação anatômica íntima que estes têm com o LSE (Fig. 3) (Fonseca, 2021b), o qual sugestivamente está sob maior tensão nos animais com laminite crônica. Assim como para os PE, os resultados encontrados para o LSE também evidenciaram diferença estatística entre os grupos CON e GLC ($P < 0.0001$) (Fig. 27). Esses resultados embasam a lógica seguida pela biomecânica da coluna toracolombar equina e como os cavalos assumem uma postura de hiperflexão da coluna durante o processo da laminite crônica, podendo colocar em maior tensão, ou por períodos prolongados, o LSE, aumentando a probabilidade de traumas nessa estrutura (Denoix, 1999b; Jeffcott, 1975).

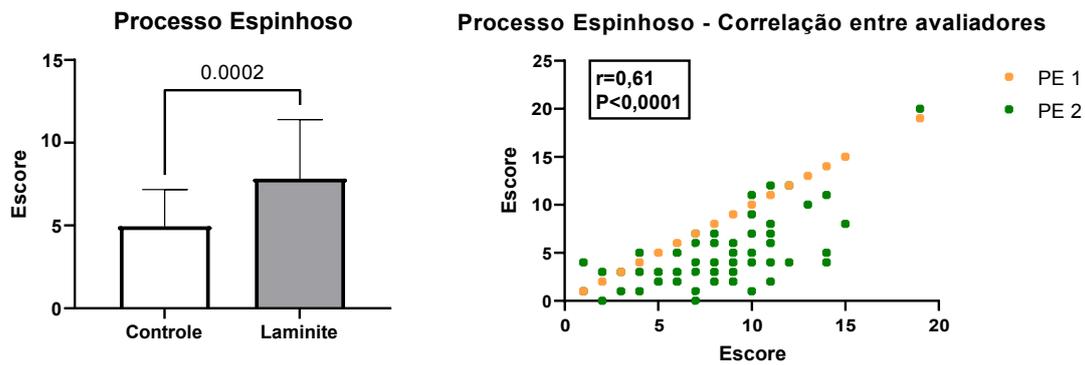


Figura 26. Médias e desvios-padrão para a variável processo espinhoso (PE) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para PE.

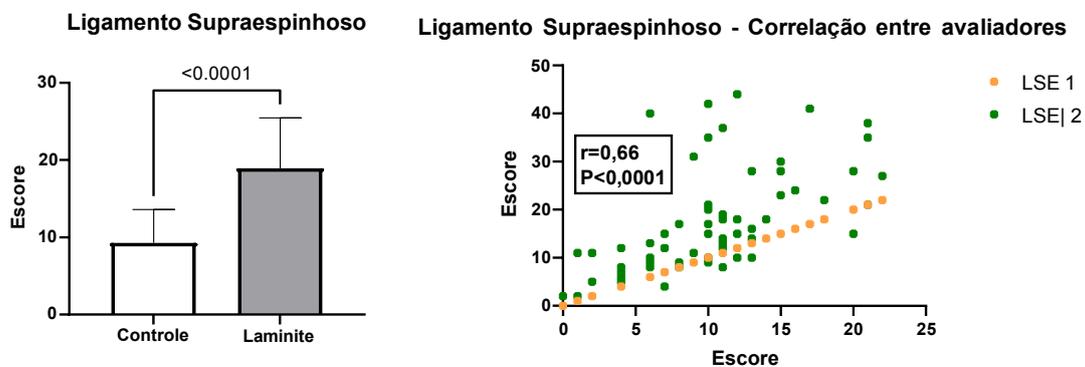


Figura 27. Médias e desvios-padrão para a variável ligamento supraespinhoso (LSE) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para LSE.

A avaliação ultrassonográfica total (AUST) foi uma somatória de todas as avaliações, e seus respectivos escores, de cada estrutura acima explicitada. Os resultados acabam por concluir o sucesso da metodologia usada nesse experimento e realçar a relevância do exame ultrassonográfico na avaliação da coluna equina. Os gráficos mostram diferença encontrada entre os grupos CON e GLC ($P < 0.0001$) (Fig. 28) e comprovam associação entre laminite crônica e a maior intensidade de lesões na coluna toracolombar equina, além de fortalecer e confirmar a eficácia da metodologia MACCTORE desenvolvida nesse estudo. Como respaldo, a correlação entre a avaliação ultrassonográfica total (AUST) e o MACCTORE foi estatisticamente significativa ($P < 0.0001$) e demonstra que o método clínico é capaz de sinalizar a intensidade das lesões ultrassonográficas na coluna toracolombar equina (Fig. 29).

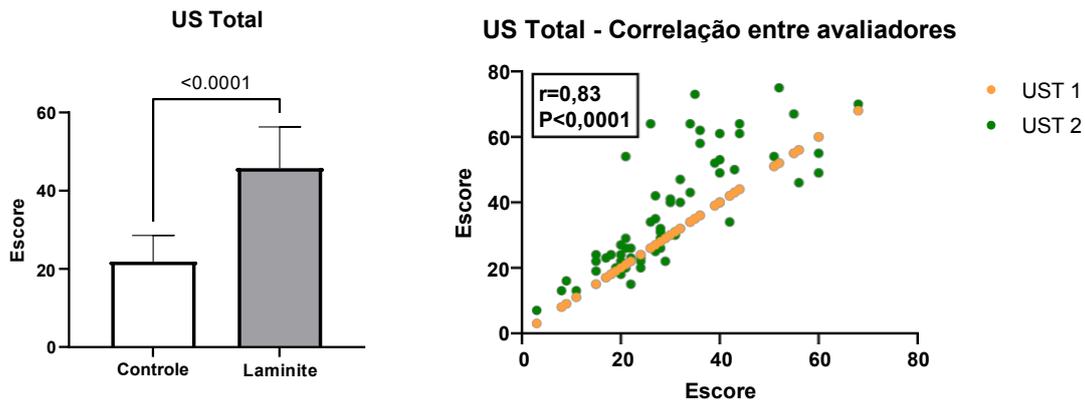


Figura 28. Médias e desvios-padrão para a variável avaliação ultrassonográfica total (AUST) para ambos avaliadores à esquerda, entre os grupos controle (CON) e laminite crônica (GLC) e a correlação entre avaliadores 1 e 2 à direita, também para AUST.

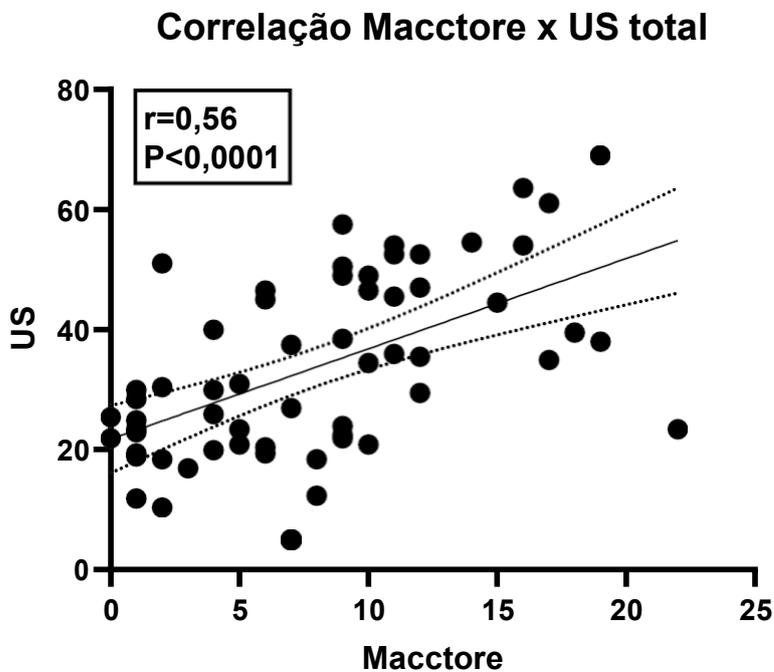


Figura 29. Correlação entre a avaliação ultrassonográfica total (AUST) e o método MACCTORE.

6.5 Prevalência de alterações ultrassonográficas na coluna toracolombar equina

A prevalência das lesões ultrassonográficas, conforme a estrutura anatômica, a vértebra examinada, o antímero e o grupo estão representados nas Figuras 30 a 33. Ao ponderar os processos articulares (PA), foi encontrada uma diferença estatística nas prevalências de lesões em PA entre os grupos CON e GLC e é possível observar também que as lesões mais graves (com escore mais alto) tem maior ocorrência em L1, L2, L4 e L5 no grupo GLC (Fig. 31). Em relação à musculatura epaxial (ME), foi constatado que as lesões com escores mais altos tiveram maior prevalência no grupo GLC do que no grupo CON (Fig. 31).

As alterações mais frequentemente observadas na musculatura epaxial nos animais com laminite crônica (GLC) foram alteração de ecogenicidade das fibras musculares na avaliação ultrassonográfica. A lesão que foi mais visualizada no ultrassom em toda a extensão da musculatura epaxial da coluna toracolombar desses animais, de T17 até L6, foi aparência heterogênea seguido de aumento de ecogenicidade das fibras musculares (Fig. 31).

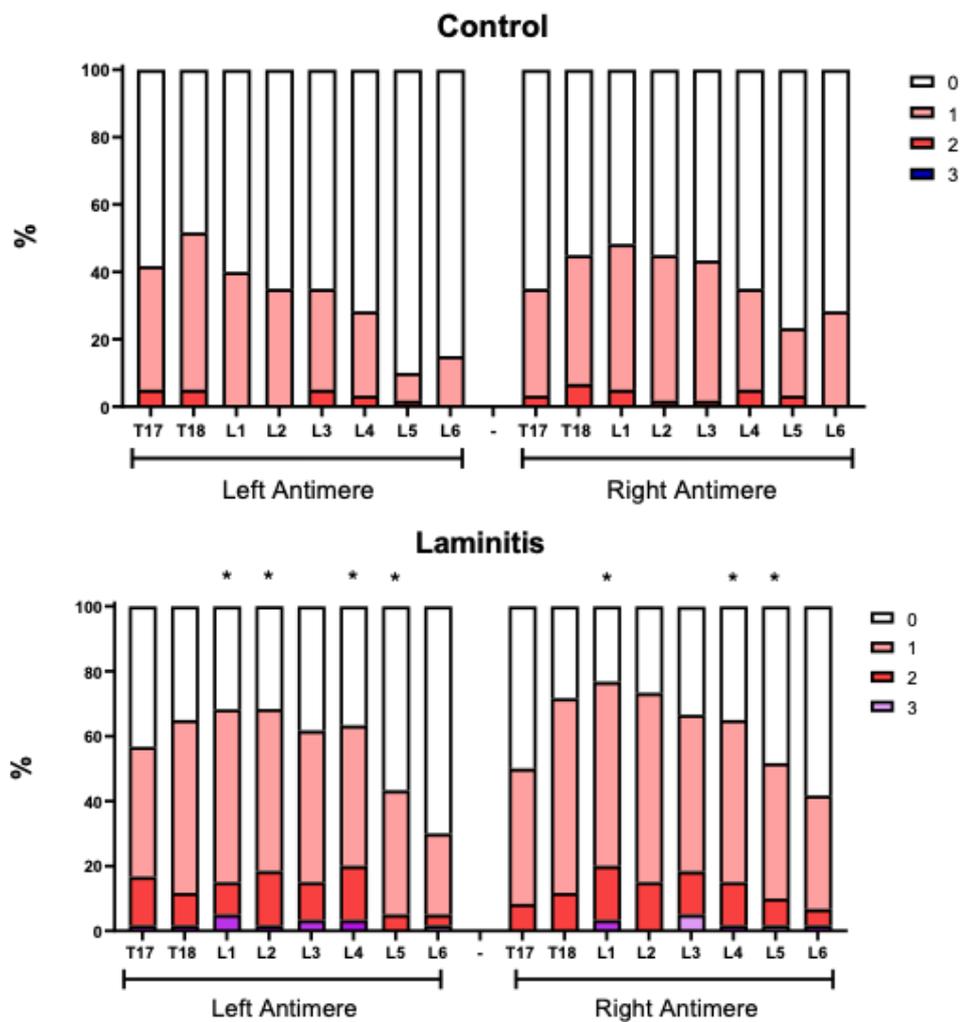


Figura 30. Prevalências relativas de lesões nos processos articulares (PA) da coluna toracolombar de equinos com e sem laminite crônica. Os asteriscos assinalam os processos articulares nos quais houve maior prevalência de lesões (graus 1 a 3) em equinos com laminite em relação ao grupo controle ($P < 0,05$).

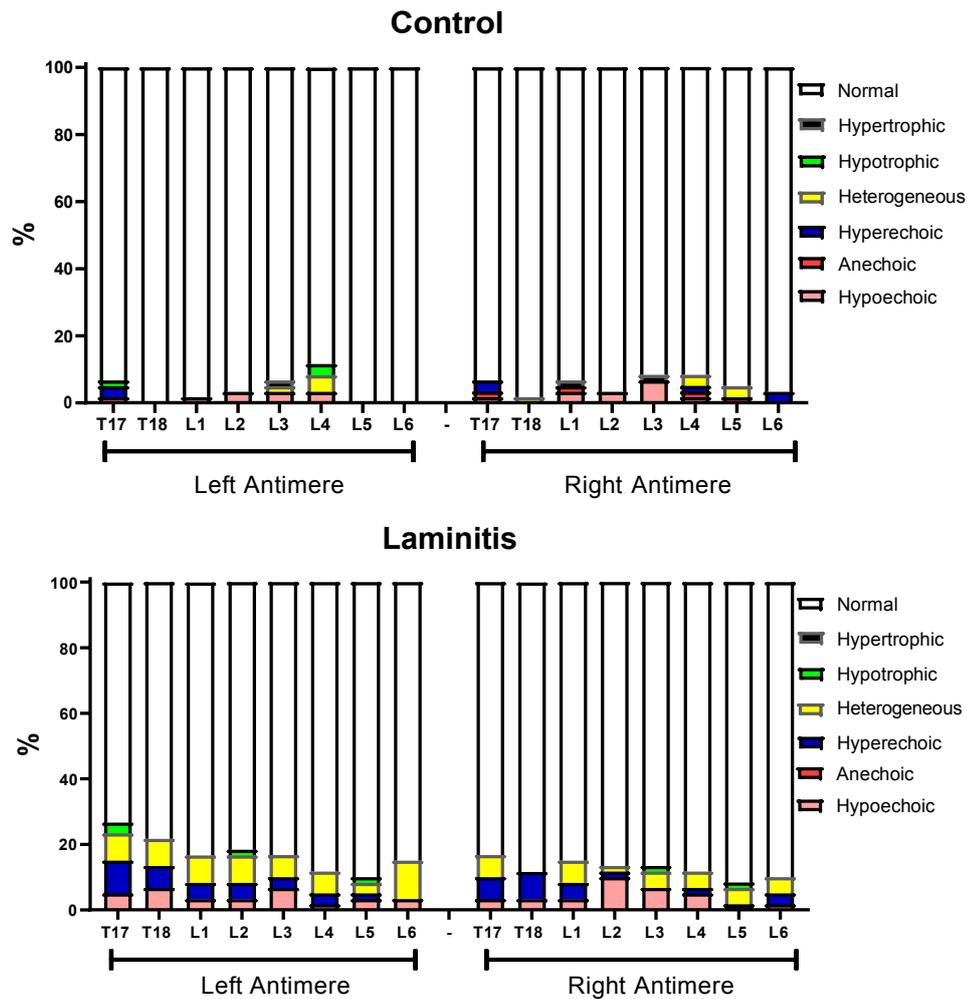


Figura 31. Prevalências relativas de lesões ultrasonográficas observadas na musculatura epaxial (ME) da coluna toracolombar de equinos com e sem laminite.

Considerando as lesões nos processos espinhosos (PE), a prevalência foi superior a 30% entre T11 e L2 em ambos os grupos, não havendo diferença entre eles. Isso pode ser justificado pelo funcionamento da biomecânica da coluna toracolombar. As maiores reações nos PE seriam esperadas em consequência a movimentos de extensão da coluna, os que estimulariam esses a se tocarem e entrarem em atrito (Fonseca, 2021a). Entretanto, o oposto acontece com cavalos com laminite crônica, que estão em postura antiálgica, portanto em movimento de flexão da coluna toracolombar, mas mesmo assim vemos alterações nos PE, possivelmente devido à ação de tensão do LSE que está em íntimo contato anatômico com os processos e também por conta da função/atividade atlética que esses animais já desempenharam previamente à doença (Fig. 33).

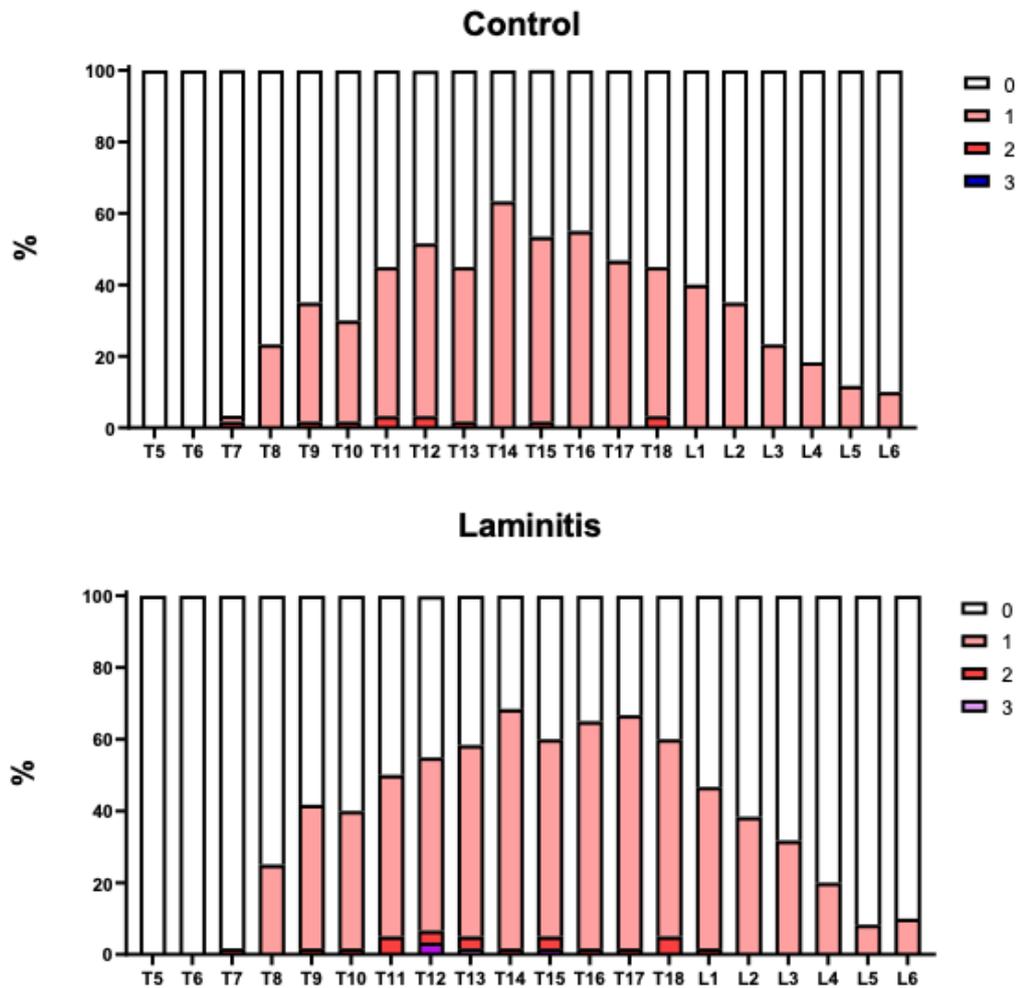


Figura 32 Prevalências relativas de lesões nos processos espinhosos (PE) da coluna toracolombar dos equinos dos grupos CON e GLC.

Em relação à prevalência das lesões no ligamento supraespinhoso (LSE) foi possível encontrar uma diferença estatística significativa entre esses grupos e que as lesões mais graves (com escore mais alto) tem maior ocorrência entre T13-T17 no grupo GLC, corroborando para a suposição prévia de que animais com laminite crônica e em posição antiálgica com hiperflexão da coluna toracolombar pode sobrecarregar o LSE, pela biomecânica axial (Fonseca, 2021a). Além disso, as características mais ocorrentes dessas lesões no LSE encontradas no GLC foram heterogeneidade e aumento de ecogenicidade do LSE no ultrassom.

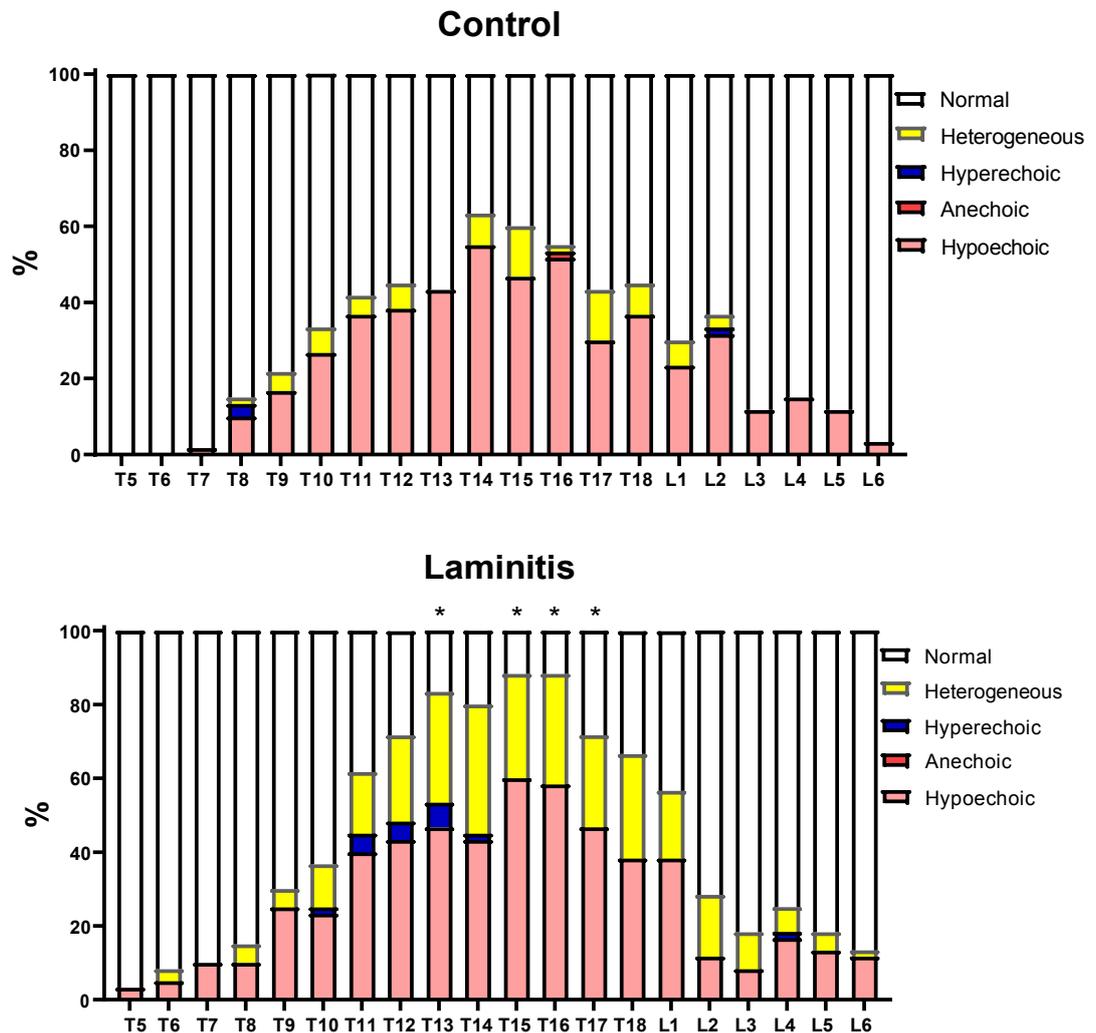


Figura 33. Prevalências relativas de lesões no ligamento supraespinal (LSE) da coluna toracolombar dos equinos com e sem laminite crônica. Os asteriscos assinalam os segmentos do ligamento supraespinal nos quais houve maior prevalência de alterações em equinos com laminite em relação ao grupo controle ($P < 0,05$).

6.6 Prevalência de animais acometidos por lesões clínicas e ultrassonográficas intensas

Na comparação da frequência de equinos acometidos por lesões intensas na coluna toracolombar entre os dois grupos, observou-se que houve maior prevalência de todas as lesões estudadas no grupo com laminite (Fig. 34). Em média, equinos com laminite apresentaram prevalências de lesões intensas marcadamente superiores ao grupo controle nos processos articulares (330%), nos processos espinhosos (700%), no ligamento supraespinal (500%), na musculatura epaxial (600%) e no somatório de escores ultrassonográficos (1400%). Sobre o escore clínico MACCTORE, apenas os animais com laminite apresentaram lesão intensa. Como visto nos resultados anteriores, além da gravidade das lesões ser maior no grupo GLC, foi que a

prevalência das lesões também é maior nele do que no grupo CON, para todas as variantes avaliadas (Fig. 30).

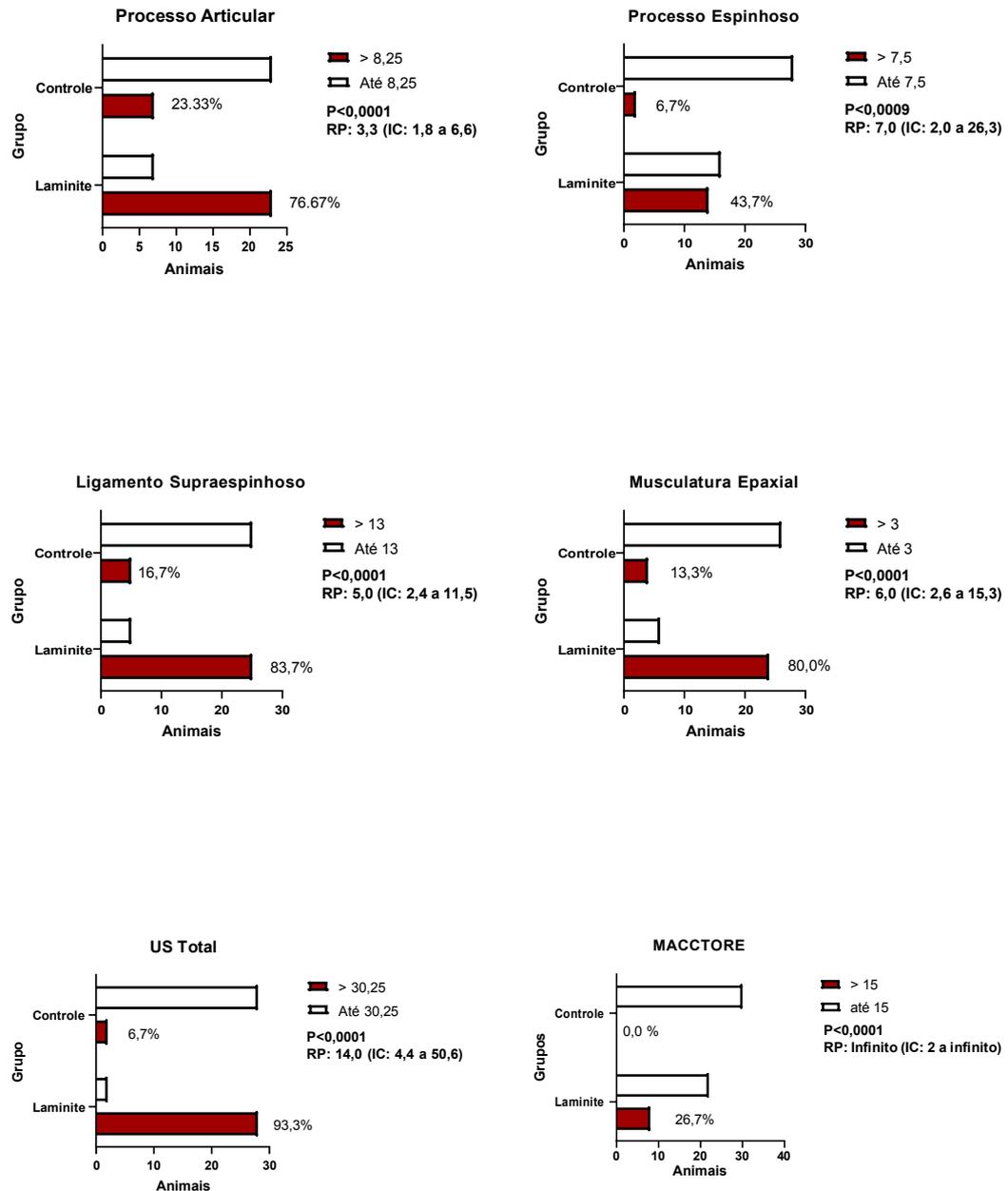


Figura 34. Frequência absoluta de equinos com e sem (controle) laminite crônica portadores de lesões intensas (as que estão no quartil superior – P75) na coluna toracolombar considerando-se variáveis clínicas (MACCTORE) e ultrassonográficas (PA, PE, ME, LSE, AUST).

6.7 Considerações finais

Esse estudo foi pioneiro na tentativa de associação da laminite com suas possíveis repercussões na coluna toracolombar equina e conseguiu comprovar a hipótese elaborada de que equinos com laminite crônica são mais acometidos com lesões na coluna toracolombar e

nos seus tecidos adjacentes e que apresentam sintomatologia clínica e lesões exacerbadas quando comparados com equinos sem laminite crônica ou sem qualquer histórico prévio da doença.

Além disso, houve inovação na proposição e implementação do método clínico de avaliação MACCTORE, e que se foi eficaz não só na avaliação dos animais com laminite, mas também dos animais saudáveis.

Para estudos futuros, é relevante considerar uma maior homogeneidade de grupos amostrais, em relação a idade e função, e também é interessante pensar em modelos experimentais de laminite induzida, na intenção de ter um maior controle do tempo de laminite e do tipo de laminite do grupo amostral e, conseqüentemente, das possíveis conseqüências desta nos animais.

7. CONCLUSÕES

Apesar de iniciais, os resultados são suficientes para demonstrar relevante associação entre laminite crônica e ocorrência e na intensidade de lesões na coluna lombar de equinos. Novos esforços se fazem urgentemente necessários para expandir a caracterização das lesões aqui demonstradas e propor medidas preventivas e terapêuticas específicas para a coluna vertebral que proporcionem maior efetividade na reabilitação e no bem-estar de equinos com laminite crônica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.L.G.; FONSECA, B.P.A.; THOMAASIAN, A. Lombalgia em equinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.44, n.3, p.191-199, 2007.

ANNANE, D.; BELLISSANT, E.; CAVAILLON, J.M. Septic shock. **Lancet**, v.365, p.63-78, 2005.

BARRETO, G.; NEGRUCCI, M.A.; PESSINATTI, B.D. A coluna toracolumbar do cavalo atleta: Revisão. **Pubvet**, v. 15, p. 181, 2021.

BELKNAP, J.K.; MOORE, J.N.; CROUSER, E.C. Sepsis - From human organ failure to laminar failure. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.129, p.155-157, 2009.

BELKNAP, J.K. The pharmacologic basis for the treatment of developmental and acute laminitis. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v.26, n.1, p.115-124, 2010.

BELKNAP, J.K. Pathophysiology of Laminitis: An Overview. **In: Equine Laminitis**, 1.ed., Iowa: Wiley, p.51-53, 2017.

BEAUMONT, A.; BERTONI, L.; DENOIX, J.M. Ultrasonographic diagnosis of equine thoracolumbar articular process joint lesions. **Equine Veterinary Education**, v. 34, n. 11, p. 592-599, 2022.

BURNS, G.; DART, A.; JEFFCOTT, L. Clinical progress in the diagnosis of thoracolumbar problems in horses. **Equine Veterinary Education**, v.30, n.9, p.1-9, 2018.

CARDINET, G.H. Skeletal muscle function. In: **Clinical Biochemistry of domestic animals**. 5th ed. London: Academic Press, p.407-440, 1997.

CATUNDA, A.P.N. et al. Apoptosis in epithelial cells and its correlation with leukocyte accumulation in lamellar tissue from horses subjected to experimental sepsis-associated laminitis. **Research in Veterinary Science**, v. 136, p. 318-323, 2021.

CLAYTON, H.M. Equine back pain reviewed from a motor control perspective. **Comparative exercise physiology**, v.8, n.3-4, p.145-152, 2012.

CLAYTON, H.M.; STUBBS, N.C. Enthesophytosis and impingement of the dorsal spinous processes in the equine thoracolumbar spine. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.47, p.9-15, 2016.

COFFMAN, James R. et al. Hoof circulation in equine laminitis. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.156, p 76-83, 1970.

COTA, L.O. et al. Resposta inflamatória sistêmica, disfunção orgânica e laminite induzidas por oligofrutose em equinos suplementados ou não com *Lithothamnium muelleri*. **Dissertação** (Mestrado). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

DALLA COSTA, E. et al. Development of the Horse Grimace Scale (HGS) as a pain assessment tool in horses undergoing routine castration. **Plos One**, v.9, n.3, p. e92281, 2014.

DENOIX, J.M. Ultrasonographic Evaluation of back lesion. **Veterinary Clinics of North America Equine Practice**, v.15, n.1, p.131-159, 1999a.

DENOIX, J.M. Spinal biomechanics and functional anatomy. **Veterinary Clinics of North America Equine Practice**, v.15, p.27-60, 1999b.

DENOIX, J.M.; AUDIGIÉ, F. The back and the neck. **In: Equine locomotion**. Philadelphia: Saunders, p.167-192, 2001.

DENOIX, J.M.; DYSON, S.J. Thoracolumbar spine. **In: Diagnosis and management of lameness in the horse**. Philadelphia: Saunders, p.509- 521, 2003.

DENOIX, J.M.; PAILLOUX, J.P. Physical therapy and massage for the horse. 2^a ed. Vermont: Trafalgar Square, p.224, 2005.

DYSON, S. An Approach to the Sport Horse with Potential Thoracolumbar, Lumbosacral or Sacroiliac Joint Region Pain. **In: AAEP Focus Meeting – Lameness and Image**, Fort Collins, Proceedings, Colorado, p.142-148, 2007.

FALEIROS, R.R.; NUOVO, G.J.; BELKNAP, J.K. Calprotectin in myeloid and epithelial cells of laminae from horses with black walnut extract-induced laminitis. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v.23, p.174-181, 2009.

FALEIROS, R.R. et al. Lamellar leukocyte accumulation in horses with carbohydrate overload-induced laminitis. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v.25, p.107-115, 2011.

FALEIROS, R.R.; BELKNAP, J.K. Leukocytes and Inflammatory Signaling in Laminitis: Leukocytes. **In: Equine Laminitis**. 1.ed., Iowa: Wiley, p. 91-99, 2017.

FEITOSA, F.L.; BENESI, F.J. Semiologia de animais recém-nascidos. **Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico**. 3ª ed. Roca, São Paulo, p.69-97, 2014.

FONSECA, B.P.A. Termografia e ultrassonografia no diagnóstico de lesões toracolombares em equinos atletas da raça Quarto de Milha. 71p. **Dissertação** (Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

FONSECA, B.P.A. et al. Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.26, n.11, p.507-526, 2006.

FONSECA, B.P.A. Protocolo de exame clínico e tratamento por ondas de choque da dor lombar em equinos da raça Quarto de Milha. 134p. **Tese** (Doutorado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

FONSECA, B.P.A.; ALVES, A.L.G; HUSSNI, C.A. Clinical exam protocol for the equine thoracolumbar spine. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.**, v.48, n.4, p.271-280, 2011.

FONSECA, B.P.A. Anatomia Funcional. **In: Diagnóstico e Tratamento das Afecções da Coluna de Equino: Volume 1: Coluna Toracolombar**. 1ª ed. São Paulo: Ed. Trofeu, v.1, n.44, p.18-38, 2021a.

FONSECA, B.P.A. Principais lesões da coluna toracolombar do equino. **In: Diagnóstico e Tratamento das Afecções da Coluna de Equino: Volume 1: Coluna Toracolombar**. 1ª ed. São Paulo: Ed. Trofeu, v.1, n.44, p.58-72, 2021b.

FRENCH, K., POLLITT C.C., PASS M.A.: Pharmacokinetics and metabolic effects of triamcinolone acetonide and their possible relationships to glucocorticoid-induced laminitis in horses. **J. Vet. Pharmacol. Ther.** 23: p.287-292, 2000.

HAUSSLER, Kevin K. Anatomy of the thoracolumbar vertebral region. **Veterinary clinics of North America: equine practice**, v.15, n.1, p.13-26, 1999.

HERTHEL, D.; HOOD, D.M. Clinical presentation, diagnosis, and prognosis of chronic laminitis. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.15, p.375-394, 1999.

HOOD, D.M. et al. Voluntary limb-load distribution in horses with acute and chronic laminitis. **Am. J. Vet. Res.** v.62, p.1393-1398, 2001.

HUNT, R.J.A retrospective evaluation of laminitis in horses. **Equine Veterinary Journal**, v.25, n.1, p.61-64, 1993.

HUNT, R.J.; WHARTON, R.E. Clinical presentation, diagnosis, and prognosis of chronic laminitis in North America. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v.26, n.1, p.141-153, 2010.

JEFFCOTT, L.B. The Diagnosis of Diseases of the Horse's Back. **Equine Veterinary Journal**, v. 7, n. 2, p. 69-78, 1975.

JEFFCOTT, L.B. Back problems in the horse—a look at past, present and future progress. **Equine Veterinary Journal**, v. 11, n. 3, p. 129-136, 1979.

JEFFCOTT, L.B. Disorders of the Thoracolumbar Spine of the Horse – a survey of 443 cases. **Equine Veterinary Journal**, v.12, n.4, p.197-210, 1980.

JOHNSON, P.J. et al. Glucocorticoids and laminitis in the horse. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v.18, n 2, p.219-236, 2002a.

JOHNSON, P.J. The equine metabolic syndrome (peripheral Cushing's syndrome). **Veterinary Clinics North America Equine Practice**, v.18, n.2, p.271-293, 2002b.

JOHNSON, P.J. et al. Endocrinopathic laminitis in the horse. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v.3, n.1, p.45-56, 2004.

JOHNSON, P.J. et al. Obesity paradigm: An introduction to the emerging discipline of adipobiology. **In: AAEP Proc.**, p.41-50. 2006.

JOHNSON, P.J.; WIEDMEYER, C.E.; GANJAM, V.K. Medical implications of obesity in horses – Lessons for human obesity. **Journal of Diabetes Science and Technology**, v.3, p.163- 174, 2009.

JOHNSON, P.J. et al. Diabetes, insulin resistance, and metabolic syndrome in horses. **Journal of Diabetes Science and Technology**, v.6, n.3, p.534-540, 2012.

JOHNSON, P.J. Endocrine and metabolic dysregulation in laminitis: Role of pituitary dysfunction. **In: Equine Laminitis**, 1.ed., Iowa: Wiley, p.134-140, 2017a.

JOHNSON, P.J. Laminitis in pituitary pars intermedia dysfunction. **In: Equine Laminitis**, 1.ed., Iowa: Wiley, p. 204-209, 2017b.

KATZ, L.M.; BAILEY, S.R. A review of recent advances and current hypotheses on the pathogenesis of acute laminitis. **Equine Veterinary Journal**, v.44, p.752–761, 2012.

KIRKALDY-WILLIS, W.H. Relationship between spinal biomechanics and pathological changes in the equine thoracolumbar spine. **Equine veterinary journal**, v.18, n.2, p.107-111, 1986.

- LASKOSKI, L.M. et al. An update on equine laminitis. **Ciência Rural**, v. 46, p. 547-553, 2016.
- LEISE, B.S. et al. Hindlimb laminar inflammatory response is similar to that present in forelimbs after carbohydrate overload in horses. **Equine Veterinary Journal**, v.44, n.6, p.633-639, 2012.
- LI F.I. et al. Association between insulin dysregulation and adrenocorticotrophic hormone in aged horses and ponies with no clinical signs of pituitary pars intermedia dysfunction. **Equine Veterinary Journal**. Jan 15. doi: 10.1111/evj.13925. Epub ahead of print. PMID: 36641787, 2023.
- LIMA, R.L. et al. Avaliação clínica e hematológica de equinos submetidos ao modelo de laminite por oligofructose, tratados ou não com um agente antagonista de receptores CXCR1/2. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, n.8, p.992-998, 2013.
- MAGALHÃES, J.F. et al. Estudo da correlação de medidas radiográficas indicadoras de laminite em éguas da raça Mangalarga Marchador com e sem sinais de sobrepeso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.4, p.1023-1032, 2014.
- MANSON, J.; THIEMERMANN, C.; BROHI, K. Trauma alarms as activators of damage-induced inflammation. **British Journal of Surgery**, v.99, p.12-20, 2012.
- MAYAKI, A.M. et al. Clinical assessment and grading of back pain in horses. **Journal of Veterinary Science**, v. 21, n. 6, 2020.
- MENDES, D.N.; FEITOSA, FLF. Semiologia do sistema circulatório de equinos e ruminantes. **Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico**. 3ª ed. Roca São Paulo, p.490-519, 2014.
- MOLYNEUX, G.S. et al. The structure, innervation and location of arteriovenous anastomoses in the equine foot. **Equine Veterinary Journal**, v.26, n.4, p.305-312, 1994.
- MORRISON, S. Chronic laminitis foot management. **The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice**, v.26, n.2, p.425-446, 2010. Disponível em:<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20699185>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2022.
- OBEL, N. Studies on the histopathology of acute laminitis. **Uppsala**, Sweden: Almquist and Wiksells Boktryckeri AK, p.95, 1948.
- OLIVEIRA, K. et al. Biometria por ultrassonografia da musculatura epaxial e pélvica em equinos treinados com rédea Pessoa. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2045-2051, 2014.
- O'GRADY, S.E. Farriery for chronic laminitis. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v.26, n.2, p.407-423, 2010.
- PAZ, Cahuê Francisco Rosa et al. Relação entre obesidade, insulina plasmática e posicionamento da falange distal em equinos da raça crioula. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1699-1705, 2013.

POLLITT, C.C. Basement membrane pathology: a feature of acute equine laminitis. **Equine Veterinary Journal**, v.28, n.1, p.38-46, 1996. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8565952>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2022.

POLLITT, C.C. Equine laminitis: a revised pathophysiology. **American Association of Equine Practitioners Proceedings**, v.45, p.188-192, 1999. Disponível em: <http://www.laminitisresearch.org/downloads/chrispollitt_equinelaminitis_revised_pathophysiology.pdf>. Acesso em: 20 de dezembro de 2022.

POLLITT, C.C. Equine laminitis. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v.3, n.1, p.34-44, 2004.

POLLITT, C.C. Equine laminitis: current concepts. **In: Insulin and laminitis**. Publication No. 08/062, Project No. RIRDC UQ-118A. p.40-42. Queensland-Australia, 2008.

POLLITT, C.C. Lamellar function at the cellular level. **In: Equine laminitis**, p.22-38, 2017.
POURCELOT, P. et al. Kinematics of the equine back: a method to study the thoracolumbar flexion-extension movements at the trot. **Veterinary research**, v.29, n.6, p.519-525, 1998.

REDDEN, R.F. Clinical and radiographic examination of the equine foot. **In: Proc. Am. Assoc. Equine Pract**, p.169-185, 2003.

REDDEN, R.F. Preventing laminitis in the contralateral limb of horses with nonweight-bearing lameness. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v.3, n.1, p.57-63, 2004.

RETUREAU, C. Etude retrospective des lésions radiographiques de la colonne thoracolumbaire du trotteur français (118 cas). **Tese (doutorado) – Faculte de Medecine de Nantes**. Nantes, p.96, 2009.

ROBERT, C.; AUDIGIÉ, F.; VALETTE, J.P. Effects of treadmill speed on the mechanics of the back in the trotting saddle horse. **Equine Veterinary Journal**, v.33, p.154-159, 2001.

SHERLOCK, C.; PARKS, A. Radiographic and radiological assessment of laminitis. **Equine Veterinary Education**, v.25, n.10, p.524-535, 2013.

SISSON, S. Músculos do equino. **In: Anatomia dos animais domésticos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v.1, p.350-423, 1986.

SLIJPER, E.J. Comparative biologic anatomical investigations on the vertebral column and spinal musculature of mammals. **Verhandelingen der Koninklijke Nederlandshe Akademie van Wetenschappen**, Afdeling Natuurkunde, Tweede Sectie, v.17, p.1-128, 1946.

STASHAK T.S. Examination for lameness, **In: Lameness in Horses**. Baltimore, Williams & Wilkins, p.113-183, 2002.

STUBBS, N.C. et al. Osseous spinal pathology and epaxial muscle ultrasonography in Thoroughbred racehorses. **Equine Veterinary Journal**, v.42, Suppl.38, p.654-661, 2010.

STUBBS, N.C. et al. Epaxial musculature, motor control and its relationship with back pain in the horse: objective clinical physical therapy, pathological and imaging studies. **In: Proceedings America Association of Equine Practitioners**, v.57, p.153-157, 2011.

TENNANT, Bud C. Hepatic function. **In: Clinical biochemistry of domestic animals**. Academic Press, p.327-352, 1997.

THOMASSIAN, A. et al. Atividades séricas da aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de equinos submetidos ao teste padrão de exercício progressivo em esteira. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.44, n.3, p.183-190, 2007.

VAN EPS, A.W. Acute laminitis: medical and supportive therapy. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v.26, n.1, p.103-114, 2010.

VAN EPS, A.W; ENGILES, J.; GALANTINO-HOMER, H. Supporting Limb Laminitis. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v.37, n.3, p. 657-668, 2021.

WILLIAMS, G.; MCKENNA, A. The Axial Skeleton. **In: Horse movement: structure, function and rehabilitation**. The Crowood Press, 2017.

9. ANEXOS A – Pedido de Registro de Marca

Em anexo, segue o comprovante do Pedido de Registro de Marca de Produto e\ou Serviço Nominativa junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) para o Método de Avaliação Clínica da Coluna Toracolombar (MACCTORE), o qual foi desenvolvido durante esse experimento, mas que acreditamos que pode ser de extrema utilidade para a comunidade veterinária.



07/01/2023 850230007790
16:23
29409171959533939

Pedido de Registro de Marca de Produto e/ou Serviço de Livre Preenchimento (Nominativa)

Número do Processo: 929110374

Dados Gerais

Nome: JULIA RENAULT BAETA GUEDES

CPF/CNPJ/Número INPI: 08544057632

Endereço: Rua João Moura, 2370, 203 - Bairro Pinheiros

Cidade: São Paulo

Estado: SP

CEP: 05412004

Pais: Brasil

Natureza Jurídica: Pessoa Física

e-mail: juliarbg93@gmail.com

Dados do(s) requerente(s)

Nome: JULIA RENAULT BAETA GUEDES

CPF/CNPJ/Número INPI: 08544057632

Endereço: Rua João Moura, 2370, 203 - Bairro Pinheiros

Cidade: São Paulo

Estado: SP

CEP: 05412004

Pais: Brasil

Natureza Jurídica: Pessoa Física

e-mail: juliarbg93@gmail.com

Dados da Marca

Apresentação: Nominativa

Natureza: Produto e/ou serviço

Elemento Nominativo: MACCTORE - Método de Avaliação Clínica da Coluna Toracolombar Equina

Marca possui elementos em idioma estrangeiro? Não

Especificação de produtos e serviços – Livre preenchimento

Classe escolhida - NCL(11) 44

Especificação livre:

- Método Diagnóstico Auxiliar Veterinário

Especificação pré-aprovada:

- Assistência veterinária

Declaração de Atividade

- Em cumprimento ao disposto no art. 128 da Lei 9279/96, o(s) requerente(s) do presente pedido declara(m), sob as penas da Lei, que exerce(m) efetiva e lícitamente atividade compatível com os produtos ou serviços reivindicados, de modo direto ou através de empresas controladas direta ou indiretamente.

- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações prestadas neste formulário são verdadeiras.

Obrigado por acessar o e-Marcas.

A partir de agora, o número 929110374 identificará o seu pedido junto ao INPI. Contudo, a aceitação do pedido está condicionada à confirmação do pagamento da respectiva GRU (Guia de Recolhimento da União), que deverá ter sido efetuado previamente ao envio deste formulário eletrônico, bem como ao cumprimento satisfatório de eventual exigência formal, (prevista no art. 157 da Lei 9.279/96), em até cinco dias contados do primeiro dia útil após a publicação da referida exigência na RPI (disponível em formato .pdf no portal www.inpi.gov.br), sob pena do presente pedido vir a ser considerado inexistente.

 Este pedido foi enviado pelo sistema e-Marcas (Verso 4) em 07/01/2023 às 16:23