RODRIGO TAVARES NIEMAN

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA *EX VIVO* DO TECIDO OSTEOCONDRA DA
ARTICULAÇÃO METACARPOFALANGEANA DE EQUINOS
PURO SANGUE INGLÊS POR MÉTODOS DE IMAGEM**

SÃO PAULO

2018

RODRIGO TAVARES NIEMAN

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA *EX VIVO* DO TECIDO OSTEOCONDAL DA
ARTICULAÇÃO METACARPOFALANGEANA DE EQUINOS
PURO SANGUE INGLÊS POR MÉTODOS DE IMAGEM**

Dissertação/Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre/Doutor em Ciências.

Departamento:

Clínica Cirúrgica Veterinária

Área de concentração:

Cirurgia

Orientador:

Prof. Dr. Luis Claudio Lopes Correia da Silva

De acordo:

Orientador

São Paulo
2018

Obs: A versão original encontra-se disponível na Biblioteca da FMVZ/USP

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínia Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3630
FMVZ

Nieman, Rodrigo Tavares

Avaliação morfológica *ex vivo* do tecido osteocondral da articulação metacarpofalangeana de equinos puro sangue inglês por métodos de imagem. / Rodrigo Tavares Nieman. -- 2018.
112 p.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2018.

Programa de Pós-Graduação: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Área de concentração: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Luis Claudio Lopes Correia da Silva.

1. Articulação metacarpofalangeana. 2. Peças anatômicas. 3. Equinos PSI de corrida
4. Exames por imagem. I. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Avaliação Morfológica ex vivo do Tecido Osteocondral da Articulação Metacarpofalangeana de Equinos Puro-Sangue-Inglês por Métodos de Imagem", protocolada sob o CEUA nº 2413010216, sob a responsabilidade de **Luís Cláudio Lopes Correia da Silva e equipe; Rodrigo Tavares Nieman** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 29/06/2016.

We certify that the proposal "Ex vivo Morphological Evaluation of Osteochondral Tissue of the Thoroughbreds' Metacarpophalangeal Joint by Image Methods", utilizing 10 Equines (males and females), protocol number CEUA 2413010216, under the responsibility of **Luís Cláudio Lopes Correia da Silva and team; Rodrigo Tavares Nieman** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 06/29/2016.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de **03/2016** a **03/2018**

Área: **Clínica Cirúrgica Veterinária**

Origem: **Animais provenientes de estabelecimentos comerciais**

Espécie: **Equídeos**

sexo: **Machos e Fêmeas**

Idade: **3 a 6 anos**

N: **10**

Linhagem: **Puro Sangue Inglês**

Peso: **430 a 530 kg**

Resumo: A articulação metacarpofalangeana dos equinos apresenta grande movimentação sendo frequentemente afetada por diferentes manifestações da doença articular, dentre elas erosões da cartilagem e/ou falência do osso subcondral. Tais afecções podem ser resultados finais de uma injúria traumática única, infecção articular ou um ciclo de cargas repetidas em equinos atletas, resultando em osteoartrite ou anquilose articular com consequente perda do animal para atividades físicas. Muitos métodos de imagem têm sido empregados e correlacionados na finalidade de delinear e diagnosticar os problemas que acometem as articulações metacarpofalangeanas dos equinos. Contudo, através dos exames radiográficos e ultrassonográficos, geralmente a osteoartrite é diagnosticada já no estágio avançado da doença, havendo poucas possibilidades de tratamento, normalmente sem sucesso.

Local do experimento: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP)

São Paulo, 27 de fevereiro de 2018

Profa. Dra. Anneliese de Souza Traldi

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

Roseli da Costa Gomes

Secretária Executiva

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: NIEMAN, Rodrigo Tavares

Título: Avaliação Morfológica *ex vivo* do Tecido Osteocondral da Articulação Metacarpofalangeana de Equinos Puro Sangue Inglês por Métodos de Imagem

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Data: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este estudo a união que convive com as diferenças e desenvolve a tolerância, a caridade, o perdão, o respeito, a gratidão, a paciência, direitos e deveres, limites, enfim, o que sempre está ao meu lado.

...minha FAMÍLIA.

AGRADECIMENTOS

A Deus e aos animais que fazem a minha existência, sabedoria e conduta de vida;

A minha mãe Márcia, ao meu pai Jorge e meus irmãos Júlia e Felipe. Vocês são minha educação e formação humana, meus momentos de conquistas, meu alicerce e peças fundamentais de incentivo árduo. Amo vocês;

Aos meus avós Amélia, Lucy, Antônio e Hikmat. Tenho a honra de tê-los conhecido e vivido muitos momentos e trocas de experiências. Um dia pretendo disponibilizar aos meus herdeiros o verdadeiro amor e carinho que forneceram aos seus filhos, netos e bisnetos. Minha admiração por vocês é infinita;

Aos meus tios Eliane, Aguinaldo, Fernanda, Carlos, Thais e Alexandre e queridos primos Gabrieli, Caíque, Catharina, Pedro e Guilherme que unidos compõem minha maior felicidade: a FAMÍLIA;

A minha namorada Laís pelos anos de convivência, carinho e compreensão desde a faculdade, além de incentivo pessoal e profissional;

A minha cunhada Muriel, biomédica, pelas dicas, explicações e esclarecimentos de dúvidas referentes ao exame de ressonância magnética;

Ao meu orientador Professor Luis Claudio Lopes Correia da Silva por aceitar a ideia do estudo e pela parceria durante todas as fases do projeto, além dos ensinamentos e amizade nestes anos de pós-graduação;

Aos colaboradores e avaliadores diretos deste trabalho, Fernanda Manzano de Campos, Cynthia Vendruscolo, Julio Spagnolo, Ana Lúcia e Professores Luis Claudio, Stefano Hagen e Ana Carolina Brandão. Agradeço imensamente a colaboração, apoio profissional e o tempo precioso que destinaram a este estudo;

Um agradecimento especial a Mariana Ramos Queiroz pelo empenho na análise estatística do trabalho e ao Médico Veterinário Edgar Sommer, diretor do PROVET (Centro de Diagnósticos e Especialidades Veterinárias), por ceder o espaço e disponibilidade da utilização do aparelho de ressonância magnética para este estudo;

Aos enfermeiros do HOVET-USP Cícero e Marquinhos e técnicos de radiologia Hugo e Reginaldo. Obrigado por destinar parte do trabalho de vocês para a realização deste estudo e pela amizade adquirida. Com certeza demos muitas risadas;

Ao Jockey Club de São Paulo por disponibilizar o material necessário na confecção deste trabalho, em especial aos veterinários João Heckmeier, Tiago Oliveira, Danilo Duarte, Paolo Bona e Luís Renato Oselieiro. Obrigado pelas oportunidades e ensinamentos diários;

Aos amigos de pós-graduação Leonardo Maggio de Castro, Sara R. T. Seidel, Felipe Silveira R. M. de Andrade, Henrique M. Neuenschwander, Marília F. Marsíglia e residentes do HOVET-USP dos anos de 2016-2018 que de alguma forma colaboraram com o estudo e fizeram parte da minha rotina durante estes dois anos;

A todos os professores da FMVZ-USP, em especial André Luis do Valle De Zoppa, Rodrigo Romero Corrêa, Carla Bargi Belli, Raquel Yvonne Arantes Baccarin pelas trocas de informações e auxílio em atividades da pós-graduação;

Aos médicos veterinários Reinaldo de Campos, Bernardo Manzione Espinhal, Dr. Guillermo G. Laguna Legorreta e Professores Ms. Anderson Coutinho da Silva e Ms. Gabriela Gomes Marchioni pelas orientações profissionais e amizade de sempre.

EPÍGRAFE

“Quase que nada sei, mas desconfio de muita coisa”.

Guimarães Rosa

“Onde quer que haja mulheres e homens, há sempre o que fazer, há sempre o que ensinar, há sempre o que aprender”.

Paulo Freire

RESUMO

NIEMAN, R.T. **Avaliação Morfológica ex vivo do Tecido Osteocondral da Articulação Metacarpofalangeana de Equinos Puro Sangue Inglês por Métodos de Imagem.** [Ex vivo Morphological Evaluation of Osteochondral Tissue of the Thoroughbreds' Metacarpophalangeal Joint by Image Methods]. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2018.

A articulação metacarpofalangeana dos equinos apresenta grande amplitude de movimento, sendo frequentemente afetada por diferentes manifestações da doença articular, dentre elas erosões da cartilagem e/ou falência do osso subcondral. Tais afecções podem ser resultados finais de uma lesão traumática única, infecção articular ou ciclo de cargas repetidas em equinos atletas, resultando em osteoartrite ou anquilose, com consequente perda do animal para atividades físicas. Muitos métodos de imagem têm sido empregados e correlacionados na finalidade de delinear e diagnosticar os problemas que acometem as articulações metacarpofalangeanas dos equinos. Contudo, através apenas do exame radiográfico, geralmente a osteoartrite é diagnosticada já no estágio avançado da doença, havendo poucas possibilidades de tratamento, normalmente sem sucesso. O presente trabalho objetivou avaliar o tecido osteocondral da articulação metacarpofalangeana de equinos Puro Sangue Inglês (PSI) de corrida pelas técnicas de radiografia, ultrassonografia, ressonância magnética e artroscopia, buscando a identificação precoce de alterações osteocondrais ainda não associadas a claudicação. Foram utilizados membros torácicos de 12 equinos da raça PSI que estavam em constante e semelhante treinamento, com idade entre 2 anos e 11 meses a 5 anos e 1 mês, cujo óbito ocorreu por causas não relacionadas aos membros analisados. Os membros foram removidos pelas devidas técnicas de necropsia e seccionados proximal à articulação radiocárpica. Permaneceram congelados a uma temperatura de -20°C e, posteriormente, foram descongelados e mantidos refrigerados a uma temperatura de 4°C até a avaliação física e aquisição das técnicas de imagem, que foram realizadas no prazo máximo de 24 horas após o descongelamento das peças. Deste modo, avaliou-se a superfície articular e osso subcondral pelos diferentes métodos de imagem, delineando a margem articular do III metacarpiano com a primeira falange. Além disso, as anormalidades osteocondrais identificadas em cada um dos exames foram classificadas em tabelas de pontuação por dois avaliadores cegos, determinando-se um escore por articulação de cada um dos exames por imagem, os quais foram comparados entre si. Os resultados mostraram que a ultrassonografia e a ressonância magnética foram os exames que apresentaram maior pontuação de lesões ou alterações encontradas nas articulações metacarpofalangeanas dos equinos PSI, com maior dispersão dos dados, principalmente quando comparadas ao exame radiográfico, que obteve a menor pontuação, com uma menor variação. O exame artroscópico foi o que mais aproximou ambos os avaliadores e, conjuntamente com o exame físico articular, apresentou poucas alterações ou ausência dessas, considerando a média das articulações, sendo estatisticamente iguais. Não houve diferença estatística entre o grau de lesão quando comparados ambos os membros

torácicos. Conclui-se que todos os equinos incluídos no estudo apresentaram, em menor ou maior grau, alterações em todos os exames de imagem, sendo que apenas pela ultrassonografia e ressonância magnética, em média, tais alterações foram consideradas com grau leve a moderado pela classificação por score, sendo exames de identificação mais precoces voltados às alterações do tecido osteocondral da articulação metacarpofalangeana de equinos PSI de corrida em treinamento. Estudos *in vivo* avaliando as alterações osteocondrais decorrentes da prática esportiva, poderão determinar quais são potenciais sinalizadores de doença articular.

Palavras-chave: Equinos PSI de corrida, peças anatômicas, articulação metacarpofalangeana, exames por imagem.

ABSTRACT

NIEMAN, R.T. *Ex vivo* Morphological Evaluation of Osteochondral Tissue of the Thoroughbreds' Metacarpophalangeal Joint by Image Methods.

[Avaliação Morfológica *ex vivo* do Tecido Osteocondral da Articulação Metacarpofalangeana de Equinos Puro Sangue Inglês por Métodos de Imagem]. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2018.

The equine metacarpophalangeal joint has a great range of motion being often affected by different manifestations of joint disease, amongst them articular cartilage erosions and/or crash of subchondral bone. These injuries may be considered the final result of a single traumatic injury, articular infection or a high number of stress cycles applied in athletic horses, resulting in osteoarthritis or ankylosis, with consequent loss of the animal for performing physical activities. Many diagnostic imaging methods have been used and correlated in order to delineate and diagnose the problems that affect the equine metacarpophalangeal joint. However, by only radiographic exam, the osteoarthritis usually is diagnosed in the advanced stages of disease, with a few possibilities of treatment and normally without success. The present project aimed to evaluate the osteochondral tissue of the metacarpophalangeal joint of Thoroughbreds by radiography, ultrasonography, magnetic resonance imaging (MRI) and arthroscopy, seeking the early identification of osteochondral changes haven't associated with lameness. Forelimbs of 12 equine Thoroughbreds that were in constant and similar training, with ages between 35 and 61 months, whose death occurred by causes not related to analyzed limbs, were used in this project. Limbs were removed by the proper necropsy techniques and sectioned proximal to the radiocarpal joint. They were preserved by freezing in a -20°C temperature, after thawed and refrigerated in a 4°C temperature to acquire the physical exam and imaging techniques, that were performed in a maximum period of 24 hours, after the thawing of the anatomical parts. Thus, the articular surface and subchondral bone were evaluated by the different methods of imaging outlining the articular margin of the third metacarpus with the first phalanx. Furthermore, the osteochondral abnormality identified in each of the tests were classified in score tables by two blind assessors, determining an articular score by imaging exams that will be compared with each other. Results showed that ultrasound and MRI showed the highest score of injury or change in Thoroughbreds' metacarpophalangeal joints, with greater dispersion of data especially when compared to radiography, that obtained the lowest score, with a lower variation. Arthroscopy was the one that most approached both evaluators and, together with the articular physical exam, presented absence or minimal alterations, considering the average of the joints, being statistically equal. There was no statistical difference between the degree of injury when compared both forelimbs. Conclusion shows that all horses included in the study presented, to a lesser or greater degree, alterations in all the imaging exams, being that only by the ultrasonography and MRI, on average, such alterations were considered with mild to moderate degree, and both of which may be considered as early identification tests aimed for alterations of the osteochondral tissue of the Thoroughbreds'

metacarpophalangeal joint in training. *In vivo* studies, evaluating the osteochondral changes arising from sports practice, will be able to determine which are potential flags of articular disease.

Keywords: Thoroughbreds, anatomical parts, metacarpophalangeal joint, imaging exams.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Goniômetro para mensuração do ângulo palmar de flexão máximo articular. Ângulo (linha tracejada) e marcação (seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	48
Figura 2 - Trena antropométrica para medida da circunferência articular. Base dos sesamóides proximais (seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	48
Figura 3 - Linha reta traçada axialmente do centro da coroa do casco em direção à pinça (seta) e obtenção da angulação de rotação do membro. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	49
Figura 4 - Suporte específico e posicionamento do membro para realização do exame radiográfico. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	51
Figura 5 - III Metacarpiano (*) e haste central (+) paralelos entre si. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	51
Figura 6 - Dispositivo de compressão na região da secção do osso rádio (seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	51
Figura 7 - Completa comunicação do casco com a base do suporte (seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	51
Figura 8 - Transdutor orientado transversalmente ao eixo longitudinal do membro (seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	54
Figura 9 - Transdutor orientado longitudinalmente ao eixo longitudinal do membro (seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	54
Figura 10 - Membro posicionado para realização do exame de ressonância magnética. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	55
Figura 11 – Suporte específico para realização de procedimento artroscópico e membro torácico posicionado. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	57

Figura 12 - Projeções radiográficas da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. Nelas observa-se presença de estrutura cística em região dorsolateral do osso primeira falange (seta). *A*: Projeção dorsopalmar (DP). *B*: Projeção dorsolateral palmaromedial oblíqua (DLPMo). *C*: Projeção dorsomedial palmarolateral oblíqua (DMPLo); *D*: Projeção lateromedial (LM). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.76

Figura 13 - Imagem ultrassonográfica de remodelamento articular em região dorsolateral do osso primeira falange (seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.76

Figura 14 - Imagem ultrassonográfica de acúmulo de líquido próximo à eminência do osso primeira falange (seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.76

Figura 15 - Cortes durante o exame de ressonância magnética, em sequência TURBO 3D T1, da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. Evidência de sinal hiperintenso circunscrito por área hipointensa (esclerose do osso subcondral) em região dorsolateral do osso primeira falange (setas). *A*: Corte transversal. *B*: Corte dorsal. *C*: Corte sagital. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.77

Figura 16 - Imagens obtidas durante artroscopia metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. *A*: Descontinuidade e perda focal da cartilagem articular do osso primeira falange, próximo à lesão cística (seta). *B*: Fibrilação associada a áreas focais erosivas na cartilagem articular do osso primeira falange identificados com um probe. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.77

Figura 17 - Secção da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. *A*: Alteração da coloração da superfície articular dos côndilos e crista sagital do osso III metacarpiano bem como do osso primeira falange. *B*: Exposição do osso subcondral após curetagem artroscópica em região de lábio articular dorsomedial (seta) e fissuras em região dorsolateral próximas à área da lesão cística na cartilagem articular do osso primeira falange (cabeça de seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.78

Figura 18 - Projeções radiográficas da articulação metacarpofalangeana direita de equino PSI incluído no estudo. Nelas observa-se presença de fragmento osteocondral em região palmarolateral do osso primeira falange (seta). *A*: Projeção lateromedial (LM). *B*: Projeção dorsopalmar (DP). *C*: Projeção dorsolateral palmaromedial oblíqua (DLPMo). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018. ...79

Figura 19 - Imagem ultrassonográfica identificando descontinuidade da superfície óssea em região palmarolateral do osso primeira falange (seta), indicativo de fragmento osteocondral. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.79

Figura 20 - Cortes durante o exame de ressonância magnética, em sequência TURBO 3D T1, da articulação metacarpofalangeana direita de equino PSI incluído no estudo. Evidência de sinal hipointenso isolado em região de bordo articular palmarolateral do osso primeira falange, indicativo de fragmento osteocondral único, não deslocado. *A*: Corte dorsal. *B*: Corte sagital. *C*: Corte transversal. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.80

Figura 21 - Secção da articulação metacarpofalangeana direita de equino incluído no estudo. *A*: Fragmento osteocondral único, não deslocado em região palmarolateral da margem articular do osso primeira falange (seta). *B*: Descolamento do fragmento osteocondral em região palmarolateral da margem articular do osso primeira falange (seta). *C*: Fragmento osteocondral medindo cerca de 7mm. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.80

Figura 22 - Projeções radiográficas da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. Nelas observa-se alteração de radiopacidade em região de côndilos do III metacarpiano, sugestivo de doença subcondral (setas) além de marcada proliferação óssea (exostose) em região distal do osso III metacarpiano, próximo à inserção de cápsula articular (cabeça de seta). *A*: Projeção dorsopalmar (DP). *B*: Projeção lateromedial flexionada (LMflex); *C*: Projeção Dorsoproximal Dorsodistal (DProDDi). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.81

Figura 23 - Imagem ultrassonográfica identificando perda de definição da silhueta em região de osso subcondral (seta branca), cartilagem articular

delgada e de difícil identificação (cabeça de seta branca), presença de osteófito em região da primeira falange (seta vermelha) e proliferação óssea (exostose) em região distal do III metacarpiano (cabeça de seta vermelha). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.82

Figura 24 - Cortes durante o exame de ressonância magnética, em sequências SHARC 3D da articulação metacarpofalangeana direita de equino PSI incluído no estudo. Evidencia de marcado sinal hipointenso em ambos os côndilos do III metacarpiano, indicativo de esclerose subcondral (setas vermelhas), além de proliferação óssea (exostose) em região distal do III metacarpiano, próximo à inserção da cápsula articular (cabeças de seta). A: Corte sagital. B: Corte transversal. C: Corte dorsal. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.83

Figura 25 - Cortes durante o exame de ressonância magnética, em sequências TSE T2 (A) e STIR (B e C) da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. Em A evidencia-se área de sinal hipointenso mais marcado em região de côndilo medial do III metacarpiano, região palmar (setas vermelhas). Em B e C evidencia-se área hiperintensa próximo à linha epifisária do côndilo do III metacarpiano, indicativo de edema ósseo (setas brancas). Além disso, visualiza-se proliferação óssea (exostose) em região distal do III metacarpiano, próximo à inserção da cápsula articular (cabeças de seta). A e B: Corte sagital. C: Corte dorsal. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.83

Figura 26 - Imagens obtidas durante artroscopia metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. A: Erosão focal na superfície articular do côndilo do III metacarpiano (seta). B: Erosão focal e profunda na superfície articular do côndilo do III metacarpiano, identificada com um probe (seta). C: Linhas de erosão difusa em região de sulco parasagital do côndilo do III metacarpiano (setas). D: Degeneração da cartilagem articular do côndilo do III metacarpiano (seta). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.84

Figura 27 - Secção da articulação metacarpofalangeana esquerda (A) e direita (B) de equino PSI incluído no estudo. Nelas evidencia-se áreas centrais e focais de severa perda de cartilagem e lise do osso subcondral, repostas por

tecido reparativo, em ambos os côndilos do III metacarpiano (setas). Fonte:
NIEMAN, R.T., 2018.85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de apresentações realizadas pelos 12 equinos PSI incluídos no estudo. Legenda: 1 km com 6 apresentações; 1,2 km com 5 apresentações; 1,3 km com 8 apresentações, 1,4 km com 9 apresentações, 1,5 km com 3 apresentações, 1,6 km com 21 apresentações; 1,9 km com 3 apresentações; 2 km com 7 apresentações e 2,4km com 5 apresentações. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	66
Gráfico 2 - Boxplot mostrando a distribuição das escalas de lesão/alteração normalizadas entre 0 e 1. NOTA: <i>a,b: letras significam diferenças entre amostras pelo teste de Múltiplas Comparações (<0,05).</i> Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	69
Gráfico 3 - Pontuação do exame radiográfico do avaliador 1 e avaliador 2 por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	71
Gráfico 4 - Pontuação do exame ultrassonográfico do avaliador 1 e avaliador 2 por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	71
Gráfico 5 - Pontuação do exame de ressonância magnética do avaliador 1 e avaliador 2 por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	72
Gráfico 6 - Pontuação do exame de artroscopia do avaliador 1 e avaliador 2 por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	72
Gráfico 7 - Pontuação do exame físico e dos exames de imagem (raio-x, ultrassom, ressonância magnética e artroscopia) por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12). Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação de animais que foram utilizados no estudo, relacionando as datas de nascimento, óbito e causa <i>mortis</i> . Legenda: <i>a=anos</i> ; <i>m=meses</i> . Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	47
Quadro 2 - Parâmetros avaliados através do exame físico e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas. Fonte: Adaptado de SILVA, M. M., 2014.	49
Quadro 3 - Parâmetros avaliados através do exame radiográfico e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas. Fonte: Adaptado de SILVA, M. M., 2014.	52
Quadro 4 - Parâmetros avaliados através do exame ultrassonográfico e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas. Fonte: Adaptado de SILVA, M. M., 2014.	54
Quadro 5 - Parâmetros avaliados através do exame de ressonância magnética e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	56
Quadro 6 - Parâmetros avaliados através da artroscopia e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas. Fonte: Adaptado de SILVA, M. M., 2014.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da pontuação dos exames por imagem utilizados no estudo. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	60
Tabela 2 - Pontuação dos avaliadores para os exames físico e por imagem das articulações metacarpofalangeanas dos 12 equinos PSI incluídos no estudo. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	63
Tabela 3 - Campanha esportiva dos 12 equinos PSI que aderiram ao critério de inclusão para o estudo. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	65
Tabela 4 - Exame físico dos 24 membros torácicos dos equinos PSI incluídos no estudo. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	67
Tabela 5 - Pontuação dos avaliadores para os exames das articulações metacarpofalangeanas dos 12 equinos PSI incluídos no estudo. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	68
Tabela 6 – Valores de concordância (K_L) dos avaliadores 1 e 2 segundo o método de imagem dos 12 equinos PSI incluídos no estudo. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	70
Tabela 7 - Comparação da pontuação de lesão/alteração entre os membros torácicos esquerdo e direito dos 12 equinos PSI incluídos no estudo. Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCPCC	Associação Brasileira dos Criadores e Proprietários do Cavalo de Corrida
ANGC	Angulação do casco em graus
AIR	Aumento da interlinha radiográfica
BAOSTEO	Bordo articular e presença de osteófitos
CA	Circunferência articular
CARTE	Espessura da cartilagem articular
CARTSA	Cartilagem articular segundo a superfície articular
CONS	Consistência a palpação articular
DANGF	Diminuição do ângulo de flexão máximo
DProDDi	Dorsoproximal Dorsodistal
DPro35PaDi	Dorsoproximal Palmarodistal oblíqua 35°
DPro125PaDi	Dorsoproximal Palmarodistal oblíqua 125°
DIR	Diminuição da interlinha radiográfica
DL45PaMo	Dorsolateral Palmaromedial oblíqua 45°
DM45PaLo	Dorsomedial Palmarolateral oblíqua 45°
DPa	Dorso Palmar
DP	Densidade Protônica
ESC	Esclerose subcondral
F1	Primeira falange
FRAGN	Número de fragmentos osteocondrais
FRAGT	Tamanho do fragmento osteocondral
FS	Supressão de gordura (fat-suppressed)
FSE	FAST SPIN ECHO
H ₀	Hipótese nula
H ⁺	Hidrogênio
K _L	Teste Kappa ponderado linear
Km	Quilômetros
KW	Teste de Kruskal-Wallis
LM	Lateromedial
Md	Mediana

Mhz	Megahertz
Min	Mínimo
MTD	Membro torácico direito
MTE	Membro torácico esquerdo
Nº	Número
OA	Osteoartrite
OLSC	Osteólise subcondral
OSS	Osso subcondral segundo a superfície
SOS	Superfície do osso subcondral
OSTEOPO	Osteófitos e proliferações ósseas
PSI	Puro Sangue Inglês
Q	Quartil
RM	Ressonância magnética
SA	Superfície articular
STIR	Sequencia pulso de inversão-recuperação
SSA	Sinais da superfície articular
SACARTE	Superfície articular segundo a espessura da cartilagem articular
T	Tesla
T1	Sequência em ponderação T1
T2	Sequência em ponderação T2
TC	Tomografia computadorizada
TSE	Turbo Spin Echo

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Alfa
$^{\circ}$	Graus
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
#	Cerquilha
=	Igual
>	Maior
+	Mais
<	Menor
-	Menos
μ	Mi
σ	Ómicron
x	Por
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	25
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	28
2.1 ARTICULAÇÃO METACARPOFALANGEANA.....	28
2.2 TECIDO OSTEOCONDRA.....	30
2.3 EXAME FÍSICO ARTICULAR.....	33
2.4 MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEM.....	34
2.5 A IMAGEM EM PROCESSOS ADAPTATIVOS E NÃO ADAPTATIVOS RELACIONADOS À ARTICULAÇÃO METACARPOFALANGEANA DE CAVALOS DE CORRIDA.....	41
3 JUSTIFICATIVA.....	44
4 OBJETIVO.....	45
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
5.1 PEÇAS ANATÔMICAS.....	46
5.2 AVALIAÇÃO PELO EXAME FÍSICO.....	47
5.3 AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA.....	50
5.4 AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA.....	53
5.5 AVALIAÇÃO PELA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA.....	55
5.6 AVALIAÇÃO ARTROSCÓPICA.....	57
6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	62
7 RESULTADOS.....	64
7.1 APRESENTAÇÕES DOS PSI DE CORRIDA.....	64
7.2 EXAME FÍSICO E EXAMES POR IMAGEM.....	66
7.3 ACHADOS PELOS MÉTODOS DIAGNÓSTICOS POR IMAGEM.....	74
8 DISCUSSÃO.....	86
9 CONCLUSÃO.....	100
REFERÊNCIAS.....	101

1 INTRODUÇÃO

A adoção do carro de guerra e a imposição do poder de seus condutores em todos os centros da civilização eurásiana no intervalo de cerca de trezentos anos são dos episódios mais extraordinários na história do mundo. Como isso pôde acontecer? Dependeu de muitos desdobramentos em metalurgia, carpintaria, curtimento e trabalho em couro e no uso de colas, ossos e tendões, mas, sobretudo, na domesticação e aprimoramento físico do cavalo selvagem. Ainda hoje, quando toda humanidade espera viajar sobre motores de combustão interna ou de energia limpa, os cavalos de montaria provocam paixões e mobilizam dinheiro em escala vasta e universal. Pode-se considerar a corrida de cavalos como o “esporte dos reis”, na qual os multimilionários republicanos se regozijam de gastar fortunas; mas poucos reis e milionários arriscam tanto do que têm quanto o homem comum que acha que conhece um vencedor. No mundo dos cavalos, os mais pobres julgam-se potencialmente iguais aos mais ricos da terra, pois, como diz o ditado “os animais podem fazer todos nós de bobos”. O cavalo, por mais mimado que seja, independentemente de sua linhagem, pode escolher retribuir as expectativas de seu dono com hipocondria ou má vontade; ao contrário, um cavalo desconhecido pode vencer contra todas as probabilidades e transformar, da noite para o dia, jóquei, treinador, criador e dono em homens importantes, enchendo de alegria os corações de mil humildes apontadores de apostas. O moderno puro-sangue é uma força a ser respeitada e o grande cavalo pode acabar seus dias mais famoso que muitos estadistas de seu tempo. Os maiores puros-sangues adquirem status real e dinástico: fazem-se peregrinações apenas para vê-los correr, enquanto sua descendência é catalogada com todos os cuidados

tomados para estabelecer sua legitimidade. Em certo sentido, um grande cavalo torna-se um rei. Não surpreende que os reis tenham sido feitos pelos primeiros grandes cavalos.

O cavalo Puro Sangue Inglês (PSI) de corrida pode atingir altas velocidades (65-70km/h) por 1 a 2 minutos, em distâncias que variam de 1000 a quase 3000m, estando na maioria das vezes em seu limite máximo de capacidade atlética e exposto a inúmeros acidentes e lesões físicas. Além da perda econômica, as lesões relacionadas à prática esportiva são causa de mais de 80% dos óbitos dos PSI de corrida. O treinamento leva a alterações e/ou lesões articulares que eventualmente podem ser identificadas aos exames físico e/ou de diagnóstico por imagem. A detecção dessas alterações em cavalos PSI de corrida em treinamento, sem histórico de claudicação, pode auxiliar no entendimento do desenvolvimento das claudicações em processos patológicos osteocondrais. Uma abordagem sistemática na avaliação da claudicação desses animais é necessária conduzindo o veterinário ao diagnóstico definitivo em muitos casos.

A articulação metacarpofalangeana, dentre todas as articulações do sistema locomotor dos equinos, tem a maior amplitude de movimentos, apresentando hiperextensão durante a fase de apoio dos membros (FERRARO, 1990; POOL e MEAGHER, 1990; DENOIX et al., 1996; PROVASI, 2001; BORGES et al., 2001a; BORGES et al., 2001b), sendo sede de grande ocorrência de lesões musculoesqueléticas (BEILEY et al., 1999; PARKIN et. al., 2004). A avaliação tradicional do sistema musculoesquelético voltada à articulação metacarpofalangeana dos cavalos consiste no exame físico e, se necessário, radiografia. No entanto, se um diagnóstico detalhado não pode ser

obtido utilizando essa metodologia, técnicas mais avançadas como a ultrassonografia, cintilografia, ressonância magnética (RM), tomografia (TC) e/ou artroscopia diagnóstica devem ser indicadas (MARTINELLI et. al., 1996).

A pesquisa atual está focada na imagem adaptativa ou não adaptativa, considerada esta como patológica, com relação à prática esportiva, na intenção de desvendar e obter uma maior compreensão das origens da dor propriamente dita até ocorrências de fraturas catastróficas. A variação extensiva na severidade das doenças presente em articulações altamente afetadas requerem modalidades de imagem que possam identificar uma gama de lesões, sejam elas de sutil a grave. Nesse contexto, a utilização e comparação de diferentes métodos de imagem fazem-se imprescindíveis para um diagnóstico mais preciso e também precoce, além de nortear a conduta clínica, terapêutica e profilática adequada para cada caso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ARTICULAÇÃO METACARPOFALANGEANA

A articulação metacarpofalangeana é um gínglimo formado pela junção da extremidade distal do osso terceiro metacarpiano, a extremidade proximal da falange proximal e os ossos sesamóides proximais. A superfície articular do terceiro metacarpiano apresenta uma curvatura aproximadamente cilíndrica, mas está dividida em duas partes, ligeiramente desiguais, por uma crista sagital. Ela é recebida dentro do encaixe formado pela falange proximal distalmente e os dois ossos sesamóides, juntos com o ligamento metacarpo-intersemoideo palmarmente. Este último é uma massa de fibrocartilagem em que os ossos sesamóides estão em grande parte inseridos e é sulcado para receber a crista do osso metacarpiano principal; sua superfície palmar forma um sulco liso para o tendão flexor digital profundo (GETTY, 1986). A cápsula articular está inserida ao redor da margem das superfícies articulares, sendo espessa e ampla palmarmente, onde uma bolsa está interposta entre ela e os tendões flexores digitais, mas estes também estão inseridos na cápsula que é reforçada por dois ligamentos colaterais (GETTY, 1986).

A articulação metacarpofalangeana tem um pequeno recesso dorsal e um amplo recesso palmar. No recesso dorsoproximal, a sinóvia e os tecidos fibrosos conectivos formam a plica, projetando-se distalmente da conexão dorsoproximal da cápsula articular para uma borda afilada. Isso abrange a zona de transição entre a cartilagem condilar e a conexão da cápsula articular (DEBAREINER et al., 1996). O aspecto palmar dos côndilos do III

metacarpiano tem uma curvatura mais plana comparado com o aspecto dorsal (JACKLIN e WRIGHT, 2012; McNALLY, 2014).

A articulação metacarpofalangeana é sede de grande ocorrência de alterações musculoesqueléticas (BEILEY et al., 1999; PARKIN et. al., 2004). Manifestações de doença articular tais como erosão da cartilagem articular ou falência e exposição do osso subcondral podem ser o resultado final de uma lesão traumática única ou traumas cíclicos fisiológicos repetidos em cavalos atletas (CRUZ e HURTING, 2008; EASTON e KAWCAK, 2007; NORRDIN et. al., 1998). Lesões comuns relacionadas ao estresse acumulativo durante exercícios em alta velocidade identificadas nos côndilos do III metacarpiano de cavalos de corrida incluem, principalmente, achatamento do aspecto palmar dos côndilos em resposta à carga contínua depositada na região durante o exercício; esclerose óssea subcondral, correspondendo a regiões de densidade óssea aumentada em resposta a forças biomecânicas cíclicas (ambas fisiológica ou patológica); e falência do osso subcondral voltada à lise óssea subcondral, em resposta ao remodelamento prejudicado (KAWCAK et al., 2001; RIGGS, 2006; RIGGS e PILSWORTH, 2013).

Diferentes áreas da cartilagem articular são sujeitas a diferentes tipos de pressão, tais como um nível baixo de carga constante durante o apoio do peso, carga intermitente durante a locomoção e carregamento por impacto forte durante treinamento ou corrida (PALMER e BERTONE, 1996). Alterações osteocondrais ocorrem predominantemente no aspecto palmarodistal do osso III metacarpiano e na margem dorsoproximal da falange proximal. Danos do osso subcondral no aspecto palmar do III metacarpiano são especialmente comuns, resultando em dois tipos de lesões: fraturas parasagittais condilares e

doença osteocondral palmar (BARR et. al., 2009; PARKIN, et al., 2006). Pequenas lesões circulares isoladas, localizadas 5 a 8mm proximal à crista transversa e 3 a 15mm da crista sagital, em ambas as superfícies condilares, medial e lateral, do III metacarpiano são frequentemente encontradas, mas com importância clínica desconhecida (POOL, 1996). Outra afecção patológica visualizada nesta área é a OA da crista sagital, que apresenta várias alterações degenerativas e variam de uma suave fibrilação a ulcerações cavitárias que podem se estender em direção ao osso subcondral (POOL, 1996). Segundo Butcher e Ashley-Ross (2002), diante do padrão de galope executado por cavalos PSI de corrida, lesões são geralmente bilateralmente simétricas entre o membro afetado e o contralateral, acrescentando ainda que membros torácicos, especialmente o líder do movimento, sustentam a carga mecânica maior do que os membros pélvicos.

2.2 TECIDO OSTEOCONDRA

A cartilagem articular recobre a placa óssea subcondral, estando fortemente aderida a ela. Sua espessura varia entre as articulações e sua composição é basicamente de água (65% a 80%), colágeno (10% a 30%), proteoglicanos (5% a 10%) e condrócitos (< 2 %). Estudos usando microscopia eletrônica de varredura demonstraram a presença de ondulações e depressões irregulares na cartilagem articular (MICHELON, 2008).

A ossificação endocondral é o processo pelo qual a cartilagem de crescimento é sistematicamente repostada por tecido ósseo (HURTIG; POOL, 1996). Há duas regiões especializadas no crescimento de cartilagem que estão presentes nas extremidades de cada osso longo durante o período de

crescimento e desenvolvimento (YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007). A fise ou placa de crescimento está presente de cada lado do centro de ossificação primário e é responsável pelo crescimento longitudinal (YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007). As cartilagens de crescimento, fisária e epifisária, são compostas por condrócitos em uma matriz de fibras colágenas e proteoglicanos (WATKINS, 1999; DOUGLAS, 2002; YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007). Esses condrócitos ficam dispostos em quatro camadas: repouso ou reserva, proliferativa, hipertrófica e de calcificação (WATKINS, 1999; DOUGLAS, 2002; YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007), sendo repostos por tecido ósseo através de um processo sequencial de proliferação celular, síntese de matriz extracelular, hipertrofia celular, mineralização da matriz e invasão vascular (YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007). A camada de repouso fisária é a mais distante da metáfise (DOUGLAS, 2002) com pouca divisão de condrócitos, mas precursora da camada proliferativa (YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007). As células na camada de repouso e proliferativa são responsáveis pela replicação celular para reposição da cartilagem de crescimento e sua contínua diferenciação (JEFFCOTT, 1991; WATKINS, 1999). Na camada proliferativa os condrócitos se dividem rapidamente, aumentando de tamanho, e formam colunas na zona hipertrófica (DOUGLAS, 2002). Ao final do processo de diferenciação os condrócitos hipertrofiados produzem matriz com a função de promover a calcificação, formando então uma zona de condrócitos calcificados, que é invadida por vasos sanguíneos e osteoblastos (WATKINS, 1999; DOUGLAS, 2002; YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007). O fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), produzido pelos condrócitos hipertrofiados, aparece como fator responsável e necessário para a invasão

vascular na placa de crescimento, que por sua vez é necessária para a ossificação (YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007). O aporte sanguíneo necessário para a condrogênese na epífise é feito através de vasos sanguíneos na região epifisária (WATKINS, 1999) e os osteoblastos provenientes das células da medula óssea depositam osteóide na superfície das colunas com cartilagem calcificada, formando o tecido esponjoso primário. Este é reabsorvido e remodelado diversas vezes por influência de sinais biomecânicos e é substituído por tecido esponjoso secundário, com ausência de cartilagem remanescente (HURTIG; POOL, 1996; WATKINS, 1999). A cartilagem de crescimento epifisária localiza-se entre o centro de ossificação primário da epífise e abaixo da cartilagem articular, formando o complexo de cartilagem articular epifisário (WATKINS, 1999; YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007). O condrócito do complexo de cartilagem articular epifisário, que é muito próximo da superfície articular, produz cartilagem articular (DOUGLAS, 2002). O processo de crescimento de cartilagem e a ossificação sofrem interferências de diferentes forças, sendo acelerados por atrito e carga de tensão, e inibidos por uma carga compressiva (YTREHUS; CARLSON, EKMAN, 2007).

A cartilagem articular é metabolicamente ativa e apresenta equilíbrio entre anabolismo e catabolismo. Este equilíbrio pode ser quebrado quando ocorre estresse da cartilagem, dos ossos ou tecidos moles, portanto, a manutenção da integridade e função da cartilagem é dependente da carga de peso de sustentação e da movimentação da articulação (CLYNE, 1987; SUTTON et al., 2009). A nutrição da cartilagem no equino até os sete meses de idade é feita através de vasos que passam pela matriz cartilaginosa. A

ossificação endocondral torna a cartilagem mais delgada e leva a perda dos canais vasculares. Assim, no animal adulto, a nutrição da cartilagem se dá através da difusão de nutrientes a partir do líquido sinovial. Eventualmente alguns pontos da cartilagem permanecem mais espessos por falha na ossificação, tornando insuficiente a nutrição por difusão para alcançar as regiões mais profundas, levando à necrose localizada, desenvolvimento de fissuras e à formação dos fragmentos característicos da osteocondrose (VAN WEEREN, 2006).

2.3 EXAME FÍSICO ARTICULAR

Segundo McIlwraith (2006), aumentos de volume articular podem estar presentes e serem causados por efusão sinovial, espessamento da membrana sinovial e/ou da cápsula articular por edema ou fibrose, edema de tecidos periarticulares ou aumento ósseo. O ângulo de flexão máximo alcançado por movimentação passiva da articulação é uma ferramenta que pode ser aplicada durante o exame físico das articulações metacarpofalangeanas. A mensuração deve ser realizada pela flexão da articulação ao seu limite máximo procedendo-se em seguida pela mensuração. O ângulo médio palmar alcançado para as articulações metacarpofalangeanas, em animais saudáveis, é de 125°, contudo os animais com doenças articulares não foram analisados (LILJEBRINK; BERGH, 2010). Ireland et al. (2012) observaram que o ângulo palmar máximo de flexão em equinos com OA em articulação metacarpofalangeana foi, em média, dez graus maior que os ângulos máximos de flexão das articulações saudáveis, sugerindo que mesmo sem haver parâmetros de referência publicados, pode ser um indicador confiável para doenças articulares.

2.4 MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEM

Dentre os exames auxiliares atualmente utilizados para avaliar as articulações estão os não-invasivos como a radiografia, ultrassonografia, RM, tomografia computadorizada (TC), além de estudos biomecânicos. Dentre os métodos invasivos estão a artroscopia, análise do líquido sinovial, anestesia diagnóstica, biópsia e determinação de marcadores bioquímicos (CARRIG, 1997; CARTER, 2005; WEIGEL et al, 2005; BORGES, 2006; SAMII et al., 2009; VIEIRA et al., 2010; ROCHA, 2012).

Exame Radiográfico

O exame radiográfico é considerado excelente para visualizar ossos e articulações, mas inadequado para observar estruturas específicas dos tecidos moles (CARRIG, 1997; VIEIRA, 2010). Possui a desvantagem de mostrar as superfícies com muita dificuldade em três dimensões (FREEMAN e PINSKEROVA, 2003; BORGES, 2006; VIEIRA, 2010). Um exame padrão referente à articulação metacarpofalangeana é composto por quatro projeções: Dorsopalmar (DPa), Lateromedial (LM), Dorsolateral Palmaromedial oblíqua 45° (DL45°PaMo) e Dorsomedial Palmarolateral oblíqua 45° (DM45°PaLo) (RICHARD; ALEXANDER, 2007). Conforme CARRIG (1997), entre as áreas ósseas associadas com articulação que podem ser avaliadas pelo exame radiográfico estão: a placa óssea subcondral, o osso subcondral trabecular (epífise), as margens articulares e as áreas onde ligamentos, tendões e cápsula articular se inserem. O espaço articular aparece como uma área radioluscente entre as superfícies da placa óssea subcondral, que é essencialmente uma medida da espessura da cartilagem articular. Desta forma, esta medida pode ser utilizada para avaliar a perda da cartilagem articular. O

comprimento deste espaço varia entre as articulações, com a idade do animal e com a carga suportada pela articulação (WIDMER; BLEVINS, 1994). A projeção LM é realizada com o membro do animal apoiado e um feixe de raios-x horizontal projetado paralelo aos bulbos do casco (EDWARDS, 1984). Os côndilos do III metacarpiano e os sesamóides devem estar sobrepostos entre si e o espaço articular deve ser identificado (PARK, 2000). As projeções em padrão oblíquo são realizadas com um feixe primeiramente orientado num ângulo de 45° (lateral e medial) ao plano sagital. O aspecto dorsomedial/lateral da primeira falange (F1) e os bordos dos ossos sesamóides proximais, sobrepostos nos aspectos distal do III metacarpiano, devem ser identificados nestas projeções. A sobreposição da base dos sesamóides sobre o processo palmar da F1 deve ser evitada (PARK, 2000). A projeção DPa é realizada com um feixe de raios-x horizontal em direção ao centro da articulação. A sobreposição dos ossos sesamóides proximais sobre o espaço articular pode ser evitada pela angulação do feixe de raios-x proximodistalmente (aproximadamente 10° da projeção dorsopalmar) (BUTLER et. al., 2000). Projeções adicionais, como a LM flexionada, dorsoproximal palmarodistal oblíqua 125° (DPro125PaDi), flexionada dorsoproximal palmarodistal oblíqua 35° (DPro35PaDi) ou flexionada dorsoproximal dorsodistal oblíqua (DPr-DDiO) podem ser realizadas visando áreas específicas da articulação, respectivamente o aspecto distal da crista sagital (LM flexionada) e o aspecto palmar (DProPaDi), central (DDi35PaPro) e superfície articular dorsodistal (DPro-DDiO) do III metacarpiano (RICHARD e ALEXANDER, 2007).

Numa radiografia LM normal, a superfície articular distal do III metacarpiano descreve uma curva homogênea com um suave achatamento no

seu aspecto palmarodistal. Na projeção DPa, a articulação deve estar aproximadamente simétrica, com o côndilo medial um pouco mais amplo que o lateral. Uma demarcação clara entre a placa do osso subcondral da F1 e o osso esponjoso subjacente deve estar presente. Nas projeções oblíquas os sesamóides possuem uma silhueta homogênea do seu aspecto palmar. Suas superfícies axial e abaxial devem mostrar algumas irregularidades devido à inserção dos ligamentos. Todavia, uma marcada rugosidade acima deste nível é considerada anormal (BUTLER et al., 2000).

Exame Ultrassonográfico

O exame ultrassonográfico apresenta as vantagens de não usar a radiação ionizante e permitir a avaliação direta da cartilagem articular e da membrana sinovial, e como principal desvantagem a impermeabilidade do osso às ondas sonoras, que limita o acesso a determinadas regiões das articulações (NEVES, 2010). Para uma avaliação ultrassonográfica adequada, a região deve estar tricotomizada, limpa e revestida por gel condutor (MITCHELL, 2009; REDDING, 2001a). A articulação metacarpofalangeana pode ser examinada com um transdutor linear de alta frequência (7,5 – 10 Mhz). Às vezes, a utilização de um *standoff* é necessária. Segundo Wrigley (2006) as frequências de ultrassom utilizadas para diagnóstico são de 1 a 10 Mhz. O som de frequências mais altas é mais recomendado para estruturas mais superficiais e as frequências mais baixas para avaliação de estruturas mais profundas. A articulação pode ser estudada por diversos aspectos. Pela abordagem dorsal, a cápsula articular, a prega sinovial proximal, o aspecto dorsoproximal da F1 e a cartilagem do aspecto dorsal do côndilo dorsal do III metacarpiano podem ser facilmente visualizadas. A cartilagem articular aparece como uma linha regular

hipoecogênica localizada entre a membrana ou fluido sinovial e o osso subcondral que aparece hipercogênico. (DENOIX, 2009). Neste aspecto ainda, o osso subcondral deve ser nivelado e a espessura da prega sinovial deve ser menor que 5mm. A cartilagem deve ter uma aparência homogênea (SMITH e SMITH, 2008). A abordagem medial e lateral identifica os respectivos ligamentos colaterais. O estudo palmar identifica a conexão dos ramos do ligamento suspensor, embora o acesso aos ligamentos palmares e ao aspecto palmar dos côndilos distais do III metacarpiano seja limitado devido uma pequena janela entre os ossos sesamóides proximais e ao aspecto distal do osso metacarpiano principal (BUSONI, 2001; DENOIX et al., 1996; SMITH e SMITH, 2008; SMITH, 2008). A superfície altamente ecogênica do osso cortical é prontamente demonstrada através da ultrassonografia, no entanto, a estrutura interna do osso não é visualizada. Normalmente a superfície aparece como linha contínua, plana e lisa, o que permite a fácil detecção de anormalidades como erosão, irregularidades, entesófitos e osteófitos (KEEN; CONAGHAN, 2009). As margens articulares superficiais são avaliadas com sucesso pelo deslocamento do transdutor e a ultrassonografia é mais sensível que o exame radiográfico, onde as margens articulares devem ser hiperecogênicas, regulares e alinhando-se com a superfície óssea (DENOIX; AUDIGIÉ, 2001). A cartilagem articular fisiologicamente tem aparência regular de hipoecogênica a anecóica localizada entre a membrana sinovial e/ou fluido sinovial e a porção hiperecogênica do osso subcondral; a cartilagem aparece como linha fina e regular, e a superfície do osso subcondral como linha fina hiperecogênica, também regular (DENOIX; AUDIGIÉ, 2001; REDDING, 2001b). O exame ultrassonográfico é utilizado para complementar o estudo radiológico,

já que ele promove uma detecção precoce de mudanças degenerativas em até 20 dias depois do trauma, como espessamento da cápsula articular, desgaste da cartilagem articular e formações ósseas na margem articular (RASERA et. al., 2007). Em um estudo experimental foi visto que a técnica ultrassonográfica é acurada e confiável para detecção de defeitos na cartilagem (DISLER et. al., 2000). Todavia, num cenário clínico, isso é geralmente difícil de obter por imagens diagnósticas e apenas uma parte limitada da cartilagem condilar pode ser visualizada.

Ressonância Magnética

A Ressonância magnética é uma excelente modalidade diagnóstica não invasiva de detecção de alterações articulares, permitindo identificar não somente as estruturas ósseas, mas também as estruturas adjacentes tais como menisco, ligamento cruzado, compartimento ósseo cortical e medular, músculos, tendões e gordura (KHANNA et al., 2001). A força do campo magnético é medida em Tesla (T). Em medicina equina, vários sistemas são utilizados, variando de um baixo campo (0,2T) a um alto campo (1,5T). Os sistemas de campo alto geram as digitalizações mais rápidas e possuem uma melhor qualidade de imagem (TUCKER e SANDE, 2001). Os campos baixo e alto fornecem dados comparáveis de estruturas anormais, embora as lesões sejam mais detalhadas em campos altos de RM, como por exemplo na detecção de anormalidades na superfície articular (MURRAY et al., 2009). A imagem da RM pode revelar alterações agudas ou crônicas da cartilagem e do osso subcondral, tais como fraturas condrais e cistos subcondrais. Em comparação a outros meios de diagnóstico por imagem, a RM é o indicado para avaliação da cartilagem (PIERMATTEI e FLO, 2006; CALDEIRA et al.,

2002; MARTIG et al., 2006). Entre suas vantagens foram salientados o não requerimento de material de contraste intravenoso ou intra-articular, a excelente resolução de contraste dos tecidos moles, a capacidade multiplanar, além de não haver exposição à radiação ionizante e não promover dor (CARRIG, 1997; NEVES, 2010). Na articulação metacarpofalangeana, a RM tem ilustrado lesões até o nível dos tendões flexores, ligamentos sesamoideos e alterações em osso subcondral, com ou sem associações às alterações na cartilagem, na ausência de anormalidades pelos exames radiográfico e ultrassonográfico (DYSON e MURRAY, 2007; SAMPSON et al., 2007).

Artroscopia

A Artroscopia pode ser definida como a investigação de estruturas intra-articulares com a utilização de instrumentos ópticos (MUTTINI et al., 2003; VANDERPERRENN et al., 2009). A avaliação da superfície articular, por meio da artroscopia, supre as limitações dos métodos tradicionais de diagnósticos utilizados na avaliação das doenças articulares, como a radiografia, ultrassonografia, TC, RM e análise do líquido sinovial (VEIGA, 2006). A técnica permite a visualização direta da membrana sinovial e da cartilagem articular metacarpofalangeana (McILWRAITH et al., 2005). Nessa articulação, o acesso pode ser dorsal ou palmar. O acesso dorsal permite a visualização da margem articular proximodorsal da F1 e o aspecto dorsal da superfície articular dos côndilos e crista do osso III metacarpiano, além da membrana/plica sinovial. O acesso palmar permite a visualização da superfície articular dos ossos sesamóides proximais em contato com os côndilos e crista sagital do osso III metacarpiano em seu aspecto palmar e borda proximopalmar da F1 (McILWRAITH, 1984; VANDERPERRENN et al., 2009). No entanto, a

artroscopia não permite a visualização de toda a superfície articular da F1 e dos côndilos do terceiro metacarpiano, sendo que a cartilagem articular dos últimos pode ser quase que completamente visualizada, com exceção de uma região limitada no aspecto palmarodistal (VANDERPERREN et al., 2009). Todavia, tem-se visto em articulações com leve dano articular, que a condição da cartilagem da margem visível da F1 tem uma boa relação com sua superfície articular completa (BROMMER et al., 2004). A artroscopia é considerada o método mais valioso para avaliação de cartilagem, mas em casos de pequenas lesões cartilagíneas existe um risco de superestimar o tamanho do defeito. A técnica apresenta vantagem sobre o exame radiográfico com relação à avaliação da cartilagem articular onde, pelo último, as lesões são visualizadas somente quando há envolvimento do osso subcondral ou comprometimento do espaço articular. A artroscopia diagnóstica permite a detecção de fibrilação superficial da cartilagem, através dos efeitos combinados da suspensão das fibras colágenas em meio líquido, além da transiluminação e magnificação das estruturas. Outras alterações como fraturas ou flaps osteocondrais, condromalácia, fissuras da cartilagem, erosão e eburnação focais ou difusas, além de osteonecrose no osso subcondral podem ser observadas durante o procedimento (McILWRAITH, 1984). A vantagem da artroscopia comparada com os outros meios diagnósticos é a possibilidade do tratamento imediato do problema articular identificado (NIEMEYER et al., 2011; SPAHN et al., 2011).

2.5 A IMAGEM EM PROCESSOS ADAPTATIVOS E NÃO ADAPTATIVOS RELACIONADOS À ARTICULAÇÃO METACARPOFALANGEANA DE CAVALOS DE CORRIDA

A articulação metacarpofalangeana é o foco de diversos tipos de alterações decorrentes do esporte tais como doença do osso subcondral causada por remodelamento adaptativo ou não adaptativo, osteoartrite (OA), fraturas e alterações em tecidos moles (GASCHEN e BURBA, 2012). Muitas das claudicações relacionadas à articulação metacarpofalangeana são causadas por alterações em osso subcondral que não podem ser apreciadas radiograficamente a não ser osteófitos, fragmentos osteocondrais, lise óssea subcondral e fraturas que ocorrem após ou durante o processo da doença. Esclerose óssea subcondral e danos articulares como OA são comuns em cavalos de corrida jovens (POOL e MEAGHER, 1990).

Um modelamento ósseo pode ser definido como processo de formação óssea e reabsorção para produzir funcionalmente e mecanicamente uma arquitetura proposital. O remodelamento ósseo é a absorção de tecido ósseo anormal e deposição simultânea de osso novo, que ocorre prontamente durante períodos de descanso, mas é reduzido durante momentos cíclicos de alto carregamento (HOLMES et al., 2014; MARTIG et al., 2014). Em um osso saudável, o processo de modelamento e remodelamento estão em equilíbrio dinâmico. Uma alteração adaptativa é o processo de modelamento e remodelamento do osso em resposta às forças aplicadas ao longo do tempo; já as alterações não adaptativas é quando a taxa de osso removido (absorção) excede a taxa de reposição óssea, enfraquecendo o osso e consequentemente deixando-o mais susceptível a lesões como por exemplo fraturas por estresse (GASCHEN e BURBA, 2012).

Consistentemente com a lei de Wolff (WOLFF et al., 1986), algum grau de alteração óssea (por exemplo, esclerose do osso subcondral) é esperado em equinos atletas para suportar as exigências biomecânicas do treinamento e competições. Os côndilos do III metacarpiano e metatarsiano de cavalos de corridas geralmente são submetidos a constante processo de modelamento e remodelamento, sofrendo alterações de densidade em resposta ao treinamento, podendo tornar-se escleróticos. (KAWCAK, McILWRAITH, NORRDIN et al., 2001; POOL e MEAGHER, 1990). Tais alterações são significantes quando relacionadas ao osso subcondral, já que o mesmo promove amortecimento da articulação ainda mais do que a própria cartilagem articular. Todavia, mudanças ósseas adaptativas e não adaptativas em cavalos Puro Sangue Inglês de corrida resultam em esclerose, provavelmente associada com alterações sutis na estrutura e densidade óssea. Essa ocorrência resulta em alterações leves ou nem sempre presentes na radiopacidade e usualmente é melhor vista e avaliada em sistemas de radiografia digital. Além disso, cintilografia óssea, TC e RM são geralmente necessárias para detectar tais mudanças sutis na estrutura e densidade do osso trabeculado e subcondral afetados (GASCHEN e BURBA, 2012).

A radiografia é normalmente a primeira modalidade de imagem usada, por causa da sua ampla disponibilidade e descrições bem estabelecidas da maioria das doenças. Contudo, não é um método confiável no diagnóstico de fraturas sutis ou não deslocadas e certos tipos de desordens severas em osso subcondral (ARTHUR, ROSS, MALONEY et al., 2003).

O exame pela RM é capaz de mostrar remodelamento ósseo adaptativo e não adaptativo que radiograficamente não é evidente. A esclerose é

caracterizada por um sinal de baixa intensidade (hipointenso) geralmente no aspecto palmar do condilo distal do III metacarpiano em sequencias T1, T2 e de densidade protônica (DP) (YOUNG, SAMII, MATTOON et al., 2007). Outra alteração encontrada é o edema ósseo ou da medula óssea, termo usado para descrever as características aparentes em um exame de RM resultante de uma substituição de gordura da medula óssea por material contendo íons hidrogênio (H^+) em forma de água. Esse termo tem sido estabelecido para descrever um padrão de sinal em cavalos de corrida que possam representar possibilidades severas de processos patofisiológicos. Essa característica de padrão de sinal consiste em sequências intraósseas T2, STIR e hiperintensidade por supressão de gordura com correspondente sinal hipointenso em sequencias T1. Esse aumento de sinal no osso indica presença de fluido que pode ser resultado de uma contusão, edema relacionado a estresse ou até osteonecrose. A progressão da lesão óssea demonstra uma imagem com sinal de alta intensidade (hiperintenso) em sequência STIR de necrose, isquemia e/ou edema, cercada por uma região de esclerose óssea. (MURRAY, SCHRAMME, DYSON et al., 2006)

3 JUSTIFICATIVA

A presença de lesões, complicações e dor nas articulações estão presentes em cavalos atletas, devido ao treinamento que estes animais enfrentam na rotina diária, além das provas e competições. Tais lesões dificultam ou impedem temporariamente, ou definitivamente, o animal de continuar exercendo a atividade física devido à dificuldade de completo apoio do membro locomotor lesionado e também ao desvio postural, principalmente quando existe cronicidade do processo instalado.

O tema é de potencial interesse para criadores, treinadores e médicos veterinários que lidam com a medicina equina esportiva, sendo importante para as linhas de pesquisa voltadas para as áreas de diagnóstico por imagem, clínica do aparelho locomotor e cirurgia. Devido ao avanço da medicina equina com relação ao diagnóstico, tratamento e prognóstico das lesões articulares, faz-se necessária a formulação de padrões morfológicos na avaliação do tecido osteocondral da articulação metacarpofalangeana de equinos por métodos de imagem, incluindo animais em treinamento, com alterações adaptativas ao exercício físico intenso. A incorporação do corpo discente e de docentes colaboradores, assim como de técnicos, internos ou externos à universidade, no projeto, amplia sua abrangência e relevância, onde suas ações, conforme descritas, podem apresentar resultados de grande importância para a medicina equina esportiva e desenvolvimento de projetos futuros.

4 OBJETIVO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o tecido osteocondral da articulação metacarpofalangeana de equinos Puro Sangue Inglês (PSI) de corrida que estavam em constante e semelhante treinamento, por exames de radiografia, ultrassonografia, ressonância magnética e artroscopia, buscando a identificação precoce de alterações osteocondrais ainda não associadas à claudicação.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 PEÇAS ANATÔMICAS

Foram colhidos os membros torácicos de 12 equinos da raça PSI de corrida, entre 2 anos e 11 meses (35 meses) a 5 anos e 1 mês (61 meses) de idade, machos ou fêmeas, em constante treinamento e com histórico de pelo menos uma participação em corrida no período de 30 dias antes do dia do óbito nas dependências do Jockey Club de São Paulo (Hipódromo Cidade Jardim) (quadro 1). Os animais apresentavam-se aptos à prática esportiva mediante exame físico e clínico prévio por veterinário. Dados como idade, sexo e histórico de corridas foram obtidos e registrados. Através das devidas técnicas de necropsia, ambos os membros torácicos foram removidos do esqueleto dos animais e seccionados proximalmente à articulação radiocárpica. Em menos de 2 horas após o óbito, foram congelados a uma temperatura de -20°C e, posteriormente, foram descongelados embebidos em água e mantidos refrigerados a uma temperatura de 4°C até a aquisição das imagens (radiografia, ultrassonografia, RM e artroscopia) da articulação metecarpofalangeana, que foram realizadas no prazo máximo de 24 horas após o descongelamento das peças.

Quadro 1: Relação de animais que foram utilizados no estudo, relacionando as datas de nascimento, óbito e causa *mortis*. Legenda: *a=anos; m=meses*.

Animal	Nascimento	Óbito	Causa do Óbito
01 (3a7m)	06/10/2012	28/05/2016	Morte súbita após HPIE
02 (3a9m)	16/09/2012	26/06/2016	Fratura condilar com luxação exposta metatarsofalangeana direita
03 (4a3m)	02/04/2012	02/07/2016	Fratura oblíqua de úmero esquerdo
04 (3a9m)	02/12/2012	02/09/2016	Pós-cirúrgico de síndrome cólica (ruptura de alça intestinal)
05 (2a11m)	04/10/2013	06/09/2016	Choque séptico (enterocolite)
06 (4a)	10/09/2012	28/09/2016	Fratura da tuberosidade do coxal com evolução para enterocolite
07 (3a3m)	29/07/2013	08/10/2016	Fratura condilar com perda do aparato suspensor metatarsofalangeana esquerda
08 (5a01m)	01/10/2011	19/11/2016	Ataxia e incoordenação dos membros pélvicos
09 (4a4m)	16/07/2012	21/11/2016	Enterocolite
10 (3a3m)	24/09/2013	02/12/2016	Enterocolite
11 (3a5m)	24/09/2013	10/02/2017	Síndrome cólica por causa não determinada
12 (3a7m)	21/07/2013	25/02/2017	Ruptura de segmento de alça intestinal

Fonte: NIEMAN. R.T.. 2018

5.2 AVALIAÇÃO PELO EXAME FÍSICO

Ao exame físico das articulações, os parâmetros avaliados e pontuados foram o ângulo máximo de flexão, a circunferência articular, consistência à palpação e angulação de rotação do casco referente ao eixo axial do membro. As articulações foram flexionadas para averiguação da mobilidade e determinação do ângulo de flexão máximo pela face palmar, mensurado por meio da utilização de um goniômetro (figura 1), sendo a articulação flexionada manualmente até o seu limite físico sempre pelo mesmo avaliador. A circunferência das articulações foi mensurada com trena/fita antropométrica, em centímetros, tendo como referência para o seu posicionamento a base dos sesamóides proximais (figura 2).

Figura 1: Goniômetro para mensuração do ângulo palmar de flexão máximo articular. Ângulo (linha tracejada) e marcação (seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

Figura 2: Trena antropométrica para medida da circunferência articular. Base dos sesamóides proximais (seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

Tanto o ângulo de flexão máximo como a circunferência articular foram comparados com a média dos ângulos máximos de flexão e circunferências articulares de 150 equinos PSI de corrida em constante treinamento, com idade entre 2 e 8 anos, com participação em pelo menos uma competição. Tais equinos tiveram os boletos flexionados manualmente com o membro elevado e mantendo o eixo axial do corpo, deixando o III metacarpiano o mais paralelo ao solo, também sempre pelo mesmo avaliador. Além disso, foi desenhada uma linha reta e axial a partir do centro da coroa do casco dorsal em direção à pinça do casco para obtenção da angulação do membro em contato com a base do suporte, na finalidade de verificar a rotação do mesmo para medial ou lateral (figura 3).

Figura 3: Linha reta traçada axialmente do centro da coroa do casco em direção à pinça (seta) e obtenção da angulação de rotação do membro.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

O quadro 2 demonstra os parâmetros avaliados pelo exame físico e a pontuação de acordo com as alterações encontradas.

Quadro 2: Parâmetros avaliados através do exame físico e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas.

Aumento do ângulo de flexão máximo, em graus (DANGF)	Pontuação
Menor ou igual a 5°	0
De 6 a 10°	1
De 11 a 15°	2
De 16 a 20°	3
Maior ou igual a 21°	4
Acréscimo em centímetros da circunferência articular (CA)	Pontuação
Menor ou igual a 0,5 cm	0
De 0,6 a 2,0cm	1
De 2,1 a 4,0cm	2
De 4,1 a 6,0cm	3
Maior ou igual a 6,1cm	4
Consistência à palpação articular (CONS)	Pontuação
Sem alteração	0
Flutuante	1
Creptante	2
Angulação de rotação do casco em graus (ANGC)	Pontuação
Casco no eixo	0
Desvio em até 3°, medial ou lateral	1

Desvio de 4 a 6°, medial ou lateral	2
Desvio de 7 a 9°, medial ou lateral	3
Desvio acima de 10°, medial ou lateral	4

Fonte: Adaptado de SILVA, M. M., 2014.

5.3 AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA

Para a avaliação radiográfica foi utilizado um aparelho portátil TOSHIBA D-0813 PORTA 380HF 0.8mm, sendo realizada nas dependências do Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (HOVET-FMVZ/USP). Após único congelamento e descongelamento, os membros foram sustentados em suporte específico (figura 4) e posicionados de forma padronizada para a realização de seis projeções. O posicionamento dos membros consistiu em manter o paralelismo entre o III metacarpiano da peça anatômica com a haste central do suporte (figura 5). Assim que posicionado, o membro recebeu uma pressão proximal aplicada sobre a região seccionada do osso rádio (figura 6) até que todo o casco permanecesse em completo contato com a base do suporte (figura 7).

Figura 4: Suporte específico e posicionamento do membro para realização do exame radiográfico.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

Figura 5: III Metacarpiano (*) e haste central (+) paralelos entre si.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

Figura 6: Dispositivo de compressão na região da secção do osso rádio (seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

Figura 7: Completa comunicação do casco com a base do suporte (seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

As projeções radiográficas realizadas foram a LM, LM flexionada, DPa, DL45PaMo, DM45PaLo e DProDDi do côndilo do III metacarpiano. Os aspectos avaliados ao exame radiográfico foram espaçamento da interlinha radiográfica (aumento ou diminuição), evidência de osteófitos e proliferações ósseas, esclerose ou osteólise do osso subcondral e o número e tamanho de

fragmentos osteocondrais. O quadro 3 relaciona os parâmetros avaliados pelo exame radiográfico e a pontuação de acordo com as alterações encontradas.

Quadro 3: Parâmetros avaliados através do exame radiográfico e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas.

Presença de aumento da interlinha radiográfica (AIR)	Pontuação
Normal	0
Suspeito	1
Pequeno	2
Evidente com relação óssea mantida	3
Ampla com perda parcial da relação óssea (subluxação)	4
Ampla com perda total da relação óssea (luxação)	5
Presença da diminuição da interlinha radiográfica (DIR)	Pontuação
Normal	0
Suspeito	1
Leve estreitamento com orientação simétrica ou assimétrica	2
Moderado estreitamento de forma simétrica ou assimétrica e mantendo a definição	3
Acentuado estreitamento com pouca definição	4
Indefinição da interlinha radiográfica	5
Evidência de osteófitos e proliferações ósseas (OSTEOP)	Pontuação
Nenhum	0
Discreta projeção óssea localizada em uma das faces ósseas	1
Discretas projeções ósseas entre as faces ósseas	2
Projeção óssea proeminente, organizada e localizada	3
Projeções ósseas proeminentes, organizadas observadas em mais de uma projeção	4
Extensas projeções ósseas irregulares observadas em mais de uma projeção	5
Presença de esclerose subcondral (ESC)	Pontuação
Nenhum	0
Suspeita ou placa óssea subcondral discretamente mais densa	1
Área de esclerose localizada	2
Moderada esclerose subcondral difusa e de densidade radiográfica com distribuição heterogênea	3
Moderada esclerose subcondral difusa e de densidade radiográfica com distribuição homogênea	4
Evidente esclerose subcondral difusa e estendendo para a trabeculação da epífise	5
Presença de osteólise subcondral (OLSC)	Pontuação
Nenhuma	0
Pequenas ondulações na margem subcondral, levemente irregular	1
Erosão superficial do osso subcondral localizada	2
Erosão superficial do osso subcondral generalizada	3
Erosão irregular proeminente ou lise cística na margem subcondral ou com discreta extensão para a epífise	4
Severa erosão ou lesão cística estendendo-se pela epífise	5
Número de fragmentos osteocondrais (FRAGN)	Pontuação
Nenhum	0

Fragmento osteocondral único sutil pouco definido e não deslocado	1
Fragmento osteocondral único bem definido e não deslocado	2
Dois fragmentos bem definidos e não deslocados	3
Múltiplos fragmentos no local ou fragmento deslocado	4
Tamanho do fragmento osteocondral (FRAGT)	Pontuação
Ausente	0
Menor ou igual a 5mm	1
Entre 6 a 10mm	2
Entre 11 a 15mm	3
Maiores que 15mm	4

Fonte: Adaptado de SILVA, M. M., 2014.

5.4 AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA

Para a avaliação ultrassonográfica, foi utilizado um aparelho ESAOTE™ MYLAB30 VET GOLD e realizada nas dependências do HOVET-FMVZ/USP. Após congelamento e descongelamento único, os membros foram sustentados e posicionados após prévia tricotomia da articulação, através da utilização de máquina de tosa (lâmina 40) e coberta por gel específico para realização do exame. Foram avaliadas as faces dorsal, palmar, lateral e medial da articulação, sendo que para todas elas o transdutor foi orientado transversal (figura 8) e longitudinalmente (figura 9). Também para avaliação da superfície articular de contato foi realizado exame da articulação em flexão. As estruturas avaliadas pelo exame ultrassonográfico foram a cartilagem articular e osso subcondral, sendo a primeira em relação à espessura e aspecto e o segundo em relação à sua superfície e presença de osteófitos. O quadro 4 relaciona os parâmetros que foram avaliados pelo exame ultrassonográfico e a pontuação de acordo com as alterações encontradas.

Figura 8: Transdutor orientado transversalmente ao eixo longitudinal do membro (seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

Figura 9: Transdutor orientado longitudinalmente ao eixo longitudinal do membro (seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

Quadro 4: Parâmetros avaliados através do exame ultrassonográfico e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas.

Superfície articular segundo a espessura da cartilagem articular (CARTE)	Pontuação
Linha de cartilagem bem definida. Contínua, lisa e facilmente identificável	0
Linha de cartilagem de difícil identificação, porções observadas lisas e contínuas detectadas em mais de 50% da superfície avaliada	1
Linha de cartilagem de difícil identificação, porções observadas descontínua e rugosa	2
Sem identificação da linha de cartilagem, presença de fragmento no líquido articular	3
Ausência de linha de cartilagem e alteração difusa da superfície do osso subcondral	4
Superfície do osso subcondral (SOS)	Pontuação
Superfície lisa	0
Discreta Irregularidade focal	1
Superfície irregular	2
Presença de áreas de depressão	3
Erosão completa	4
Bordo articular e presença de osteófitos (BAOSTEO)	Pontuação
Borda articular lisa	0
Pequenas irregularidades focais ocasionais	1
Borda articular rugosa	2
Presença de osteófitos	3
Osteófitos grandes e/ou fragmentados	4

Fonte: Adaptado de SILVA, M. M., 2014.

5.5 AVALIAÇÃO PELA RESSONANCIA MAGNÉTICA

A avaliação pela RM foi por meio da utilização um aparelho ESAOTE VET-grande de magnetização de 0,3 T e realizada nas dependências do Centro de Diagnóstico e Especialidades Veterinárias PROVET. Após dois episódios de congelamento e descongelamento, os membros foram posicionados como se o animal estivesse em decúbito lateral direito (figura 10), ou seja, o membro torácico direito (MTD) permaneceu com sua face lateral voltada para baixo e o membro torácico esquerdo (MTE) com sua face lateral voltada para cima.

Figura 10: Membro posicionado para realização do exame de ressonância magnética.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

Sequências de ponderações Turbo 3D T1, Turbo Spin Echo (TSE) T2, 3D SHARC e STIR foram adquiridas em 3 planos (sagital, dorsal e transversal). Foi utilizado o tamanho da matriz de 256x256 e o campo de visão (FOV) de 130x130mm, além de cortes de 0,6 a 3mm de espessura do nível da diáfise média do III metacarpo distalmente até o nível da metáfise proximal da F1. O tempo de aquisição das sequências e imagens de cada articulação foi de aproximadamente 35 minutos. Os parâmetros avaliados foram a superfície

articular, cartilagem articular, osso subcondral, evidência e tamanho de fragmentos osteocondrais. O quadro 5 apresenta os parâmetros que foram avaliados pela RM e a pontuação de acordo com as alterações encontradas.

Quadro 5: Parâmetros avaliados através do exame de ressonância magnética e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas.

Sinais da superfície articular (SSA)	Pontuação
Sem alteração	0
Lâmina superficial e/ou profunda com hipossinal ou hipersinal	1
Superfície articular segundo a espessura da cartilagem articular (SACARTE)	Pontuação
Linha de cartilagem bem definida. Contínua, lisa e facilmente identificável	0
Linha de cartilagem de difícil identificação em menos de 50% da superfície avaliada	1
Linha de cartilagem de difícil identificação em menos de 50% da superfície avaliada	2
Sem identificação da linha de cartilagem	3
Cartilagem articular segundo a superfície articular (CARTSA)	Pontuação
Superfície lisa	0
Superfície rugosa	1
Fissuras na cartilagem articular, atingindo região de osso subcondral	2
Erosões na cartilagem articular, atingindo região de osso subcondral	3
Osso subcondral segundo a superfície (OSS)	Pontuação
Sem alteração de sinal	0
Superfície irregular	1
Presença de áreas de depressão	2
Presença de edema ósseo e/ou esclerose	3
Presença de cistos subcondrais	4
Defeito no osso subcondral	5
Número de fragmentos osteocondrais (FRAGN)	Pontuação
Nenhum	0
Fragmento osteocondral único sutil pouco definido e não deslocado	1
Fragmento osteocondral único bem definido e não deslocado	2
Dois fragmentos bem definidos e não deslocados	3
Múltiplos fragmentos no local ou fragmento deslocado	4
Tamanho do fragmento osteocondral (FRAGT)	Pontuação
Ausente	0
Menor ou igual a 5mm	1
Entre 6 a 10mm	2
Entre 11 a 15mm	3
Maiores que 15mm	4

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

5.6 AVALIAÇÃO ARTROSCÓPICA

A avaliação artroscópica foi realizada com aparelho STORZ Telepack vet X LED RP 100 e realizada nas dependências do HOVET-FMVZ/USP. Após dois episódios de congelamento e descongelamento, os membros foram sustentados pela região do casco e posicionados em suporte específico de acordo com o portal a ser acessado (figura 11). Para esse estudo foi utilizado um artroscopio de 4mm com ângulo de visão 30°, fonte de irrigação com coluna de água, fonte luminosa, cabo de fibra óptica, câmera, processador de imagem e sistema de captura, associados a um monitor.

Figura 11: Suporte específico para realização de procedimento artroscópico e membro torácico posicionado.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

O procedimento da artroscopia iniciou-se com a artrocentese e retirada do líquido sinovial por meio de uma agulha 40x10 e seringa de 20ml. Logo após, foi realizada a injeção de aproximadamente 35ml de água através do aspecto dorsal do osso sesamóide proximal ao longo do recesso palmar da

articulação metacarpofalangeana para expansão inicial da cápsula articular. Efetuou-se incisão de pele com lâmina de bisturi nº 11, de aproximadamente 0,5 cm de extensão, na região dorsolateral e proximal da articulação em questão. Pelo portal condizente no quadrante proximolateral criado pela máxima distensão da cápsula articular realizou-se a introdução da cânula do artroscópio acoplada ao obturador em seu interior, inicialmente perpendicular à pele e então paralelo à superfície articular do III metacarpiano. Completou-se a penetração do conjunto após ultrapassar a membrana sinovial. Dessa forma, substituiu-se o obturador pelo artroscópio acoplando-o à cânula que pôde então ser direcionada distalmente sobre a crista sagital, no compartimento medial da articulação, dando início ao exame. Inseriu-se então uma agulha na região proximomedial, paralela ao tendão extensor digital comum, para escoamento da água proveniente da válvula de entrada de fluídos da cânula do artroscópio, estabelecendo fluxo contínuo para remoção de material em suspensão e mantendo-a expandida, facilitando a visualização pelo operador.

Através de uma leve retração do artroscópio e direcionamento para a região dorsoproximal à cartilagem articular do metacarpiano distal, foi observada a prega ou coxim da membrana sinovial, que varia em tamanho, e é denominada plica sinovial. Além desta prega, a membrana sinovial no restante desta área dorsal não possui vilos. A superfície articular do côndilo medial e crista sagital do III metacarpiano foi então examinada pela rotação do artroscópio para que a lente ficasse angulada em direção distal. A extremidade do artroscópio foi então movida distalmente para a inspeção da crista articular dorsal da eminência medial proximal da falange proximal. A membrana sinovial da cápsula articular dorsal foi também avaliada durante esses movimentos. A

membrana sinovial é notavelmente mais vilosa quando se progride para a região distal e os vilos podem por vezes obscurecer a visão da borda dorsal proximal da F1. A membrana sinovial se prende imediatamente adjacente a esta borda. A rotação da extremidade do artroscópio ao longo da crista sagital, lateralmente, permitiu a inspeção do côndilo lateral do metacarpiano distal bem como do aspecto lateroproximal da falange proximal.

Os parâmetros avaliados foram o aspecto da superfície articular, número e tamanho de fragmentos osteocondrais. O quadro 6 relaciona os parâmetros que foram avaliados pelo exame artroscópico e a pontuação de acordo com as alterações encontradas.

Quadro 6: Parâmetros avaliados através da artroscopia e classificação proposta de acordo com as alterações encontradas.

Superfície articular (SA)	Pontuação
Sem alteração	0
Fibrilação focal (FIBRIF)	1
Fibrilação difusa (FIBRID)	2
Fissura focal (FISSUF)	1
Múltiplas fissuras (MF)	2
Erosão superficial ou focal (ESF)	2
Erosão difusa superficial (EDS)	3
Presença de osteófitos (OSTE)	3
Erosão profunda focal (EPF)	3
Erosão profunda difusa (EPD)	4
Eburnação focal (EburF)	3
Eburnação difusa (EburD)	4
Osteonecrose focal (ONF)	3
Osteonecrose difusa (OND)	4
Número de fragmentos (FRAGN)	Pontuação
Ausência de fragmentos	0
Presença de 1 fragmento	1
Presença de 2 fragmentos	2
Presença de 3 fragmentos	3
Presença de mais de 3 fragmentos	4
Presença de fragmento articular livre (FragL)	4
Tamanho dos fragmentos (FRAGT)	Pontuação
Ausência de fragmentos	0

Fragmentos com até 5mm	1
Fragmentos de 5 a 10mm	2
Fragmentos de 11 a 15mm	3
Fragmentos maiores que 15mm	4

Fonte: Adaptado de SILVA, M. M., 2014.

As imagens obtidas pelos quatro métodos de imagem foram analisadas independentemente por dois avaliadores cegos e profissionais experientes na respectiva área, havendo um consenso entre eles, onde cada um dos avaliadores teve oportunidade de realizar duas avaliações das imagens fornecidas, sendo considerada como válida a segunda avaliação. As pontuações de cada método de imagem foram somadas para cada um dos membros torácicos avaliados (esquerdo e direito), obtendo-se um escore de cada método diagnóstico por imagem. Para tal, foi confeccionada uma pontuação registrada na tabela 1 que vai desde uma avaliação sem ou com mínima alteração ou lesão articular até uma pontuação máxima de alteração ou lesão articular grave de cada um dos métodos por imagem, como uma forma de classificação simples e de relacionar uma medida com outra.

Tabela 1: Classificação da pontuação dos exames por imagem utilizados no estudo.

Intensidade	Pontuação				
	EF	R-X	US	RM	ARTRO
Sem/mínima alteração ou lesão	0-3	0-8	0-3	0-5	0-3
Alteração ou lesão leve	4-7	9-16	4-6	6-10	4-6
Alteração ou lesão moderada	8-11	17-24	7-9	11-15	7-9
Alteração ou lesão grave	12-14	25-33	10-12	16-20	10-12

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

A classificação na tabela 1 pode ser descrita como a proporção de lesão articular, correspondendo a sem/mínima lesão em até 25% de lesão; alteração

ou lesão leve em 25% até 50% de lesão; alteração ou lesão moderada em 50% até 75% de lesão e alteração ou lesão grave em 75% até 100% de lesão.

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os gráficos e análises foram feitos com o software R Core Team (2016). O valor de alfa estabelecido para rejeitar a hipótese nula (H_0) e considerar o resultado significativo foi de 0,05 ($\alpha=5\%$ ou valor de $p<0,05$).

Através de quatro métodos de diagnóstico por imagem o estudo mensurou possíveis alterações ou lesões com sede nas articulações metacarpofalangeanas de membros de equinos PSI de corrida. Por se tratarem de escalas de pontuações de lesão, realizou-se uma análise objetiva dos dados qualitativos mensurados por meio da utilização de testes não paramétricos.

Com relação à análise indifferencial, foi utilizado o Teste de Kruskal-Wallis (KW) para comparar a pontuação dos escores relacionados aos exames físico e por imagem, o Teste U de Mann-Whitney para verificar qual dos membros torácicos (direito ou esquerdo) apresentou maior alteração e o Teste Kappa ponderado para estabelecer o grau de concordância entre os avaliadores 1 e 2 durante a análise das imagens.

Como cada método de diagnóstico por imagem foi analisado por dois avaliadores diferentes e independentes, não foi possível estipular quais deveriam ser comparados entre si. Então, neste caso, as pontuações foram somadas por avaliador e foi realizada a média dos avaliadores a cada método de imagem. Como as escalas exibiam amplitudes diferentes, apesar de todas iniciarem no zero, a pontuação máxima variava. Portanto, para tornar os valores do exame físico e métodos de imagem comparáveis, todas as escalas foram igualadas entre 0 e 1 por transformação linear (tabela 2), sendo classificado o grau de concordância como pobre (<0), ligeira (0-0,2),

considerável (0,21-0,4), moderada (0,41-0,6), substancial (0,61-0,8) e quase perfeita (0,81-1).

Tabela 2: Pontuação dos avaliadores para os exames físico e por imagem das articulações metacarpofalangeanas dos 12 equinos PSI incluídos no estudo.

Valor κ	Concordância
<0	Pobre
0 - 0,2	Ligeira
0,21 - 0,4	Considerável
0,41 - 0,6	Moderada
0,61 - 0,8	Substancial
0,81 - 1	Quase Perfeita

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

7 RESULTADOS

7.1 APRESENTAÇÕES DOS PSI DE CORRIDA

De acordo com a análise descritiva, os dados das campanhas dos cavalos Puro Sangue Inglês de corrida que tiveram óbito no Jockey Club de São Paulo (Hipódromo Cidade Jardim) foram obtidos junto aos registros de corridas em hipódromos oficiais fornecidos pela Associação Brasileira de Criadores e Proprietários do Cavalo de Corrida (ABCPCC). Foram avaliados vinte e quatro membros torácicos de equinos que estavam em constante e semelhante treinamento, com pelo menos uma corrida registrada e que o motivo do óbito não decorreu ou levou ao comprometimento da articulação metacarpofalangeana, sendo que dos doze animais foram 4 fêmeas e 8 machos PSI, onde 3 casos apresentaram óbito natural (todos machos) e 9 casos de eutanásia (4 fêmeas e 5 machos).

A descrição da idade dos animais (IDADE), número de apresentações, número de vitórias (1º colocado), número de colocações (2º a 5º colocado), número de páreos em raia de grama (GRA) e número de páreos em raia de areia (ARE) são apresentados na tabela 3 em mínimo (Mín), primeiro quartil (1º Q), mediana (Md), média (μ), desvio padrão (σ), terceiro quartil (3º Q) e máximo (Max). Nela percebe-se que a idade mínima dos animais foi de 2 anos e 11 meses, 25% dos animais tinham até 3 anos e 4 meses, exatamente no meio da amostra a idade foi de 3 anos e 8 meses, a média de idade dos PSI foi de 3 anos e 9 meses, a variação entre as idades da amostra foi de 7 meses, 75% da amostra tinha até 4 anos e 1 mês e o animal mais velho apresentava 5 anos e 1 mês. Um animal competiu uma única vez e o máximo de apresentações de

um equino foi de 26, onde um animal ganhou um máximo de 3 corridas e outro obteve 19 colocações. Alguns animais não obtiveram vitórias nem colocações. As competições realizadas em raia de grama e areia tiveram um mínimo de 1 e nenhum e máximo de 19 e 7 participações, respectivamente.

Tabela 3: Campanha esportiva dos 12 equinos PSI que aderiram ao critério de inclusão para o estudo.

Variável	Mín	1° Q	Md	μ	σ	3° Q	Máx
IDADE (anos/meses)	2/11	3/4	3/8	3/9	0/7	4/1	5/1
Apresentações (#eventos)	1	2	4	6	7	9	26
Vitórias (#eventos)	0	0	0	1	1	1	3
Colocações (#eventos)	0	0	1	4	5	6	19
GRA (#eventos)	1	1	2	4	5	5	19
ARE (#eventos)	0	0	2	2	2	4	7

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018

Os dados com relação à frequência de quantas vezes correram a metragem de 1000 metros (C1000), 1100 metros (C1100), 1200 metros (C1200), 1300 metros (C1300), 1400 metros (C1400), 1500 metros (C1500), 1600 metros (C1600), 1900 metros (C1900), 2000 metros (C2000) e 2400 metros (C2400) são mostrados no gráfico 1, onde nele observa-se todas as apresentações (n=76) dos equinos incluídos no estudo e as respectivas metragens, sendo possível observar que mais da metade dos animais correu 1600 metros num total de 7 a 12 apresentações, onde um único animal correu 11 vezes essa metragem, correspondendo a 48% das corridas. Um menor número de corridas foram realizadas nas metragens de 1100, 1500 e 1900. Não houveram registros de corridas dos PSI nas metragens de 1700 e 1800 metros.

Gráfico 1: Quantidade de apresentações realizadas pelos 12 equinos PSI incluídos no estudo. Legenda: 1 km com 6 apresentações; 1,2 km com 5 apresentações; 1,3 km com 8 apresentações, 1,4 km com 9 apresentações, 1,5 km com 3 apresentações, 1,6 km com 21 apresentações; 1,9 km com 3 apresentações; 2 km com 7 apresentações e 2,4km com 5 apresentações.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

7.2 EXAME FÍSICO E EXAMES POR IMAGEM

Os critérios relacionados ao exame físico foram aumento do ângulo de flexão máximo (ANGF), acréscimo em centímetros da circunferência articular (CA), consistência à palpação articular (CONS) e angulação do casco em graus (ANGC). A média obtida da angulação (graus) e circunferência articular (centímetros) metacarpofalangeana de 150 equinos PSI em semelhante treinamento, entre 2,5 e 6 anos de idade, foi de 120° (ângulo palmar) com um goniômetro, sendo 106° o menor e 140° o maior ângulo; e 27cm (circunferência articular) com fita antropométrica, sendo 25,5cm o menor e 30,2cm o maior. Pela tabela 4 pode-se observar que todos os membros torácicos esquerdos

obtiveram o critério do aumento do ângulo à flexão articular muito próximas (ângulo menor ou igual a 5°), não houve alteração estatística significativa entre os membros torácicos direitos e esquerdos com relação ao volume articular, sendo que a maioria dos animais apresentou uma CA menor ou igual a 0,5cm em ambos os membros torácicos, nenhuma articulação metacarpofalangeana apresentou consistência à palpação como crepitante e grande parte delas estava sem alteração e os membros torácicos esquerdos apresentaram o mesmo eixo com relação à angulação do casco, com desvio em até 3° para medial ou lateral.

Tabela 4: Exame físico dos 24 membros torácicos dos equinos PSI incluídos no estudo.
Nota: ↑ : *acréscimo*.

Variável	Membro	Categoria	Avaliados (n)	Frequência (%)
ANGF	MTE	↑ Ângulo menor ou igual a 5°	12	100,0
	MTD	↑ Ângulo menor ou igual a 5°	11	91,7
		↑ Ângulo de 11° a 15°	1	8,3
CA	MTE	↑ Circunferência articular menor ou igual a 0,5cm	7	58,3
		↑ Circunferência articular entre 0,6 a 2,0cm	4	33,3
		↑ Circunferência articular entre 2,1 a 4,0cm	1	8,3
	MTD	↑ Circunferência articular menor ou igual a 0,5cm	6	50,0
		↑ Circunferência articular entre 0,6 a 2,0cm	5	41,7
		↑ Circunferência articular entre 2,1 a 4,0cm	1	8,3
CONS	MTE	Sem alteração	9	75,0
		Flutuante	3	25,0
	MTD	Sem alteração	10	83,3
		Flutuante	2	16,7
ANGC	MTE	Desvio em até 3°, medial ou lateral	12	100,0
	MTD	Desvio em até 3°, medial ou lateral	8	66,7
		Desvio de 4° a 6°, medial ou lateral	4	33,3

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

A tabela 5 apresenta a descrição das pontuações de cada avaliador por membro torácico nos exames de raio-x, ultrassonografia, ressonância magnética e artroscopia. Nela observa-se que o avaliador 1 do raio-x

apresentou uma pontuação máxima superior ao avaliador 2, porém mesmo assim o grau de alteração ou lesão articular apresentou-se como leve. O avaliador 1 da técnica ultrassonográfica apresentou maior pontuação com relação ao avaliador 2 obtendo um grau de alteração ou lesão articular como moderado, principalmente para o membro torácico direito. O avaliador 2 da ressonância magnética teve um máximo de 13 relacionado ao membro torácico direito, considerado como alteração ou lesão articular moderada. O exame artroscópico foi o que mais aproximou ambos os avaliadores, obtendo pontuações semelhantes, considerando a média das articulações como sem ou mínima alteração ou lesão articular.

Tabela 5: Pontuação dos avaliadores para os exames das articulações metacarpofalangeanas dos 12 equinos PSI incluídos no estudo.

Variável		Mín	1° Q	Md	μ	3° Q	Máx
EF	MTE	1,0	1,0	1,5	1,8	2,2	3,0
	MTD	1,0	1,0	2,0	2,2	3,0	5,0
R-X	Avaliador 1	MTE	1,0	2,8	4,0	4,2	11,0
		MTD	2,0	3,0	4,0	4,6	10,0
	Avaliador 2	MTE	0,0	1,0	1,5	2,3	6,0
		MTD	0,0	1,0	2,0	2,2	7,0
US	Avaliador 1	MTE	1,0	2,8	3,0	3,2	6,0
		MTD	1,0	2,0	5,5	5,0	7,2
	Avaliador 2	MTE	0,0	1,8	2,0	1,9	3,0
		MTD	0,0	1,0	2,5	2,2	3,0
RM	Avaliador 1	MTE	0,0	2,8	3,0	3,0	7,0
		MTD	0,0	0,0	3,0	3,6	10,0
	Avaliador 2	MTE	4,0	4,8	7,0	6,4	10,0
		MTD	2,0	3,8	6,0	6,5	13,0
ARTRO	Avaliador 1	MTE	1,0	2,0	2,0	2,2	3,0
		MTD	0,0	1,8	2,0	2,3	3,0
	Avaliador 2	MTE	0,0	0,0	2,0	1,6	3,0
		MTD	0,0	0,0	2,5	2,1	3,0

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Com relação à análise indifferencial, por se tratarem de escalas de pontuação de lesão, realizou-se uma análise objetiva dos dados qualitativos

mensurados pela utilização de testes estatísticos não paramétricos. O teste Kruskal-Wallis (KW) comparou os escores dos métodos diagnósticos por imagem incluídos no estudo apresentando-se significativo ($p=0,01$) onde o gráfico 2 (Boxplot) mostra que a ressonância magnética e a ultrassonografia foram estatisticamente iguais e apresentaram maior pontuação de lesão ou alteração encontrada nas articulações metacarpofalangeana dos equinos PSI se diferenciando do exame radiográfico. O exame físico e a artroscopia foram estatisticamente iguais a todas as avaliações. Ainda, com as escalas comparáveis entre si, é possível observar pelo diagrama (Boxplot) que a pontuação do raio-x teve menor variação (caixa com menor amplitude) e que a pontuação da RM foi uma das mais altas e com maior dispersão dos dados (maior amplitude na caixa e nos whiskers). Poucas articulações metacarpofalangeanas avaliadas chegaram a quase 45% de pontuação de lesão máxima, mas 50% das pontuações permaneceram entre 9.5% e 31%.

Gráfico 2: Boxplot mostrando a distribuição das escalas de lesão/alteração normalizadas entre 0 e 1. NOTA: *a,b: letras significam diferenças entre amostras pelo teste de Múltiplas Comparações ($<0,05$).*

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Por se tratarem de escalas com diferentes amplitudes, foi calculada a concordância entre os avaliadores por método diagnóstico por imagem. A tabela 6 apresenta os resultados do Teste Kappa ponderado linear (K_L) onde foi calculado a soma dos membros torácicos (MTE+MTD) por avaliador, a comparação só do membro torácico esquerdo (MTE) e somente do membro torácico direito (MTD) também por avaliador. Visualmente os avaliadores de cada método de imagem diferiram muito entre si, menos na artroscopia, onde os avaliadores 1 do raio-x e da ultrassonografia classificaram de forma mais intensa a presença de alteração e, na ressonância magnética, o avaliador 2.

Tabela 6: Valores de concordância (K_L) dos avaliadores 1 e 2 segundo o método de imagem dos 12 equinos PSI incluídos no estudo.

Diagnóstico por Imagem		K_L	Valor de p
R-X	MTE+MTD	-0,24	0,15
	MTE	0,02	0,92
	MTD	0,28	0,02
US	MTE+MTD	-0,09	0,36
	MTE	0,05	0,55
	MTD	0,17	0,03
RM	MTE+MTD	-0,11	0,51
	MTE	-0,13	0,16
	MTD	-0,07	0,63
ARTRO	MTE+MTD	0,46	0,01
	MTE	0,47	<0,01
	MTD	0,38	0,03

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Formas visuais de comparação entre as pontuações dos dois avaliadores foram produzidas graficamente. Inicialmente são mostrados os exames de imagem, um a um, comparando os avaliadores 1 e 2 por articulação metacarpofalangeana esquerda e direita (gráficos 3, 4, 5 e 6). Ao final é apresentada a comparação entre os exames físico e por imagem (gráfico 7).

Da mesma forma que a comparação entre os métodos por imagem, as escalas foram igualadas entre 0 e 1 por transformação linear.

Gráfico 3: Pontuação do exame radiográfico do avaliador 1 e avaliador 2 por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Gráfico 4: Pontuação do exame ultrassonográfico do avaliador 1 e avaliador 2 por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Gráfico 5: Pontuação do exame de ressonância magnética do avaliador 1 e avaliador 2 por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Gráfico 6: Pontuação do exame de artroscopia do avaliador 1 e avaliador 2 por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Gráfico 7: Pontuação do exame físico e dos exames de imagem (raio-x, ultrassom, ressonância magnética e artroscopia) por articulação metacarpofalangeana (ID1 a ID12).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Como foram oito avaliadores para 4 tipos de métodos diagnósticos por imagem (2 avaliadores para cada exame) foram feitas comparações por tipo de exame para verificar qual o membro mais afetado dos 12 equinos PSI avaliados através do Teste U de Mann-Whitney. Neste caso também se procedeu pela média entre os avaliadores para cada membro torácico por método diagnóstico por imagem, além da avaliação dos membros (MTE e MTD) de cada avaliador para realizar a comparação. Em todos os casos os resultados não foram estatisticamente significativos e a tabela 7 mostra os resultados (valor de p) entre as médias por tipo de método de imagem e as frequências em que o membro torácico esquerdo estava mais alterado, isto é, a pontuação do MTE era maior que do MTD ($MTE > MTD$); o membro torácico direito estava mais alterado, isto é, a pontuação do MTD era maior que do MTE

(MTD>MTE) ou que as pontuações se igualaram (MTE=MTD), tanto na média (médias) como por avaliador (Avaliador 1 e Avaliador 2).

Tabela 7: Comparação da pontuação de lesão/alteração entre os membros torácicos esquerdo e direito dos 12 equinos PSI incluídos no estudo.

Exame	Comparação	MTE > MTD	MTD > MTE	MTE = MTD	Valor de <i>p</i>
R-X	Médias	5	7	0	0,75
	Avaliador 1	4	5	3	0,68
	Avaliador 2	4	3	5	0,95
US	Médias	3	7	2	0,17
	Avaliador 1	4	8	0	0,14
	Avaliador 2	4	8	0	0,14
RM	Médias	4	4	4	0,79
	Avaliador 1	3	3	6	0,93
	Avaliador 2	4	3	5	0,61
ARTRO	Médias	3	5	4	0,75
	Avaliador 1	3	3	6	1,00
	Avaliador 2	2	5	5	0,45

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

7.3 ACHADOS PELOS MÉTODOS DIAGNÓSTICOS POR IMAGEM

As imagens obtidas pelos diferentes métodos de imagem identificaram alterações comumente encontradas em cavalos PSI de corrida.

As avaliações das imagens radiográficas não identificaram aumento da interlinha radiográfica; mais da metade dos animais (55%) apresentou diminuição da interlinha radiográfica; em quase 80% houve evidência de osteófitos e proliferações ósseas; em todas as articulações avaliadas identificou-se algum grau de esclerose e osteólise subcondral, principalmente em região de côndilos do III metacarpiano e em 2 animais a presença de fragmentos osteocondrais.

O exame ultrassonográfico apresentou em pelo menos 70% das articulações avaliadas algum grau de alteração em superfície articular segundo

a espessura da cartilagem articular; irregularidade com relação à superfície do osso subcondral em 92% das peças e presença de alteração em bordo articular e presença de osteófitos em 95% da amostra.

A ressonância magnética identificou em 70% das articulações avaliadas alguma diferença no sinal da superfície articular. Principalmente pela análise do avaliador 2, a linha de cartilagem articular apresentou-se de difícil identificação em menos de 50% da superfície avaliada, em 75% das peças a cartilagem articular com superfície rugosa, todos os PSI com alguma alteração de sinal em osso subcondral, principalmente esclerose restrita aos côndilos do III metacarpiano e presença de fragmento osteocondral em 2 animais incluídos no estudo.

A artroscopia mostrou pela avaliação das imagens alguma alteração na superfície articular em todas as articulações metacarpofalangeanas, principalmente pontos de fibrilação, fissuras e erosões, além da identificação de fragmento osteocondral em 2 peças.

Os exemplos abaixo relacionam os achados radiográficos, ultrassonográficos, pela ressonância magnética e artroscopia de algumas articulações metacarpofalangeanas dos equinos PSI incluídos no estudo.

Foi identificada presença de área circular cística em região dorsolateral da primeira falange pela análise da articulação metacarpofalangeana do PSI mais novo (2 anos e 11 meses de idade) e macho incluído no estudo. O animal teve apenas uma apresentação em raia de grama na metragem de 1600 metros sem vitórias e/ou colocações. O exame físico demonstrou consistência à palpação articular esquerda como flutuante e desvio do eixo de ambos os cascos em até 3° para medial. As radiografias sugerem a presença de cisto

subcondral evidenciado em todas as projeções (figura 12) e área focal de remodelamento articular e presença de líquido próximo à eminência da primeira falange, diagnosticado pelo exame ultrassonográfico (figuras 13 e 14).

Figura 12: Projeções radiográficas da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. Nelas observa-se presença de estrutura cística em região dorsolateral do osso primeira falange (seta). A: Projeção dorsopalmar (DP). B: Projeção dorsolateral palmaromedial oblíqua (DLPMo). C: Projeção dorsomedial palmarolateral oblíqua (DMPLo); D: Projeção lateromedial (LM).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Figura 13: Imagem ultrassonográfica de remodelamento articular em região dorsolateral do osso primeira falange (seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Figura 14: Imagem ultrassonográfica de acúmulo de líquido próximo à eminência do osso primeira falange (seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

O exame de ressonância magnética confirmou a presença da estrutura cística anteriormente visualizada no exame radiográfico. A figura 15 ilustra sequência TURBO 3D T1 nos três cortes (transversal, dorsal e sagital) com

sinal hiperintenso circunscrito por área adjacente hipointensa (esclerose no osso subcondral), em região dorsolateral do osso primeira falange, sem comunicação articular. O exame artroscópico revelou depressão e descontinuidade da cartilagem articular, com áreas erosivas e fibrilação focal com coloração alterada da superfície articular do osso primeira falange, próximo à região cística (figura 16).

Figura 15: Cortes durante o exame de ressonância magnética, em sequência TURBO 3D T1, da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. Evidência de sinal hiperintenso circunscrito por área hipointensa (esclerose do osso subcondral) em região dorsolateral do osso primeira falange (setas). *A*: Corte transversal. *B*: Corte dorsal. *C*: Corte sagital.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Figura 16: Imagens obtidas durante artroscopia metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. *A*: Descontinuidade e perda focal da cartilagem articular do osso primeira falange, próximo à lesão cística (seta). *B*: Fibrilação associada a áreas focais erosivas na cartilagem articular do osso primeira falange identificados com um probe.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Após realizadas as técnicas por imagem, a articulação metacarpofalangeana em questão foi seccionada seguindo o eixo transversal,

revelando macroscopicamente alteração de coloração da superfície articular de ambos os côndilos e crista sagital do osso III metacarpiano assim como da área da primeira falange. Além disso, identificou-se fissuras e irregularidades da superfície articular do osso primeira falange próximas à região da lesão cística (figura 17).

Figura 17: Secção da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. *A*: Alteração da coloração da superfície articular dos côndilos e crista sagital do osso III metacarpiano bem como do osso primeira falange. *B*: Exposição do osso subcondral após curetagem artroscópica em região de lábio articular dorsomedial (seta) e fissuras em região dorsolateral próximas à área da lesão cística na cartilagem articular do osso primeira falange (cabeça de seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

A figura 18 demonstra projeções radiográficas da articulação metacarpofalangeana direita com presença de fragmento osteocondral em região palmarolateral em equino PSI de 3 anos e 3 meses de idade, macho, com 3 apresentações em raia de grama em diferentes metragens (1400m, 1600m e 2000m), onde obteve 1 vitória e 2 colocações. O exame físico demonstrou apenas desvio do eixo de ambos os cascos em até 3° para medial.

Figura 18: Projeções radiográficas da articulação metacarpofalangeana direita de equino PSI incluído no estudo. Nelas observa-se presença de fragmento osteocondral em região palmarolateral do osso primeira falange (seta). A: Projeção lateromedial (LM). B: Projeção dorsopalmar (DP). C: Projeção dorsolateral palmaromedial oblíqua (DLPMo).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

O exame ultrassonográfico do mesmo animal identificou região de descontinuidade articular na mesma região com imagem compatível com fragmentação osteocondral (figura 19) e as imagens de ressonância magnética evidenciaram pela sequência TURBO 3D T1 sinal hipointenso isolado na mesma região, indicativo de fragmento osteocondral único, não deslocado (figura 20).

Figura 19: Imagem ultrassonográfica identificando descontinuidade da superfície óssea em região palmarolateral do osso primeira falange (seta), indicativo de fragmento osteocondral.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Figura 20: Cortes durante o exame de ressonância magnética, em sequência TURBO 3D T1, da articulação metacarpofalangeana direita de equino PSI incluído no estudo. Evidência de sinal hipointenso isolado em região de bordo articular palmarolateral do osso primeira falange, indicativo de fragmento osteocondral único, não deslocado. A: Corte dorsal. B: Corte sagital. C: Corte transversal.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

A figura 21 demonstra a secção da articulação metacarpofalangeana direita do mesmo PSI demonstrando presença do fragmento osteocondral único, não deslocado em região palmarolateral do osso primeira falange como identificado nos métodos de imagem.

Figura 21: Secção da articulação metacarpofalangeana direita de equino incluído no estudo. A: Fragmento osteocondral único, não deslocado em região palmarolateral da margem articular do osso primeira falange (seta). B: Descolamento do fragmento osteocondral em região palmarolateral da margem articular do osso primeira falange (seta). C: Fragmento osteocondral medindo cerca de 7mm.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

A análise de ambas as articulações metacarpofalangeanas do PSI mais velho (5 anos e 1 mês) e macho incluído no estudo identificou projeções radiográficas com alteração de radiopacidade em região de côndilos do III metacarpiano, sugestivo de doença subcondral (figura 22). O animal participou de 26 corridas sendo 19 delas em raia de grama e 7 em raia de areia, na metragem de 1600m em sua maioria (onze vezes). O exame físico demonstrou um aumento do ângulo articular de flexão palmar máximo de 11° do membro direito, um acréscimo da circunferência articular de 2,5cm em ambas as articulações metacarpofalangeanas, sem alteração da consistência à palpação articular e desvio do eixo do casco em até 3° para medial.

Figura 22: Projeções radiográficas da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. Nelas observa-se alteração de radiopacidade em região de côndilos do III metacarpiano, sugestivo de doença subcondral (setas) além de marcada proliferação óssea (exostose) em região distal do osso III metacarpiano, próximo à inserção de cápsula articular (cabeça de seta). A: Projeção dorsopalmar (DP). B: Projeção lateromedial flexionada (LMflex); C: Projeção Dorsoproximal Dorsodistal (DProDDi).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Imagens ultrassonográficas identificaram perda de definição da silhueta do osso subcondral do III metacarpiano, bem como a cartilagem articular delgada e de difícil identificação. Além disso, foi visualizado osteófito em região de F1 e proliferação óssea (exostose) em região distal do III metacarpiano (figura 23).

Figura 23: Imagem ultrassonográfica identificando perda de definição da silhueta em região de osso subcondral (seta branca), cartilagem articular delgada e de difícil identificação (cabeça de seta branca), presença de osteófito em região primeira falange (seta vermelha) e proliferação óssea (exostose) em região distal do III metacarpiano (cabeça de seta vermelha).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

A figura 24 ilustra o exame de ressonância magnética do mesmo equino em sequência SHARC 3D nos três cortes (sagital, transversal e dorsal) identificando presença de marcado sinal hipointenso em ambos os côndilos do III metacarpiano, indicativo de esclerose subcondral, além de sinal hiperintenso próximo à linha epifisária do côndilo do III metacarpiano, sugestivo de edema ósseo, pela sequência STIR (figura 25).

Figura 24: Cortes durante o exame de ressonância magnética, em sequências SHARC 3D da articulação metacarpofalangeana direita de equino PSI incluído no estudo. Evidência de marcado sinal hipointenso em ambos os côndilos do III metacarpiano, indicativo de esclerose subcondral (setas vermelhas), além de proliferação óssea (exostose) em região distal do III metacarpiano, próximo à inserção da cápsula articular (cabeças de seta). A: Corte sagital. B: Corte transversal. C: Corte dorsal.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

Figura 25: Cortes durante o exame de ressonância magnética, em sequências TSE T2 (A) e STIR (B e C) da articulação metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. Em A evidencia-se área de sinal hipointenso mais marcado em região de côndilo medial do III metacarpiano, região palmar (setas vermelhas). Em B e C evidencia-se área hiperintensa próximo à linha epifisária do côndilo do III metacarpiano, indicativo de edema ósseo (setas brancas). Além disso, visualiza-se proliferação óssea (exostose) em região distal do III metacarpiano, próximo à inserção da cápsula articular (cabeças de seta). A e B: Corte sagital. C: Corte dorsal.

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

O exame artroscópico identificou alterações como erosão focal na superfície articular do côndilo do III metacarpiano associado a linhas de erosão difusa em região de sulco parasagital além de degeneração da cartilagem articular em alguns pontos (figura 26).

Figura 26: Imagens obtidas durante artroscopia metacarpofalangeana esquerda de equino PSI incluído no estudo. *A*: Erosão focal na superfície articular do côndilo do III metacarpiano (seta). *B*: Erosão focal e profunda na superfície articular do côndilo do III metacarpiano, identificada com um probe (seta). *C*: Linhas de erosão difusa em região de sulco parasagital do côndilo do III metacarpiano (setas). *D*: Degeneração da cartilagem articular do côndilo do III metacarpiano (seta).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

A figura 27 demonstra presença de áreas focais de perda de cartilagem lise do osso subcondral, repostas por tecido reparativo, nos côndilos do III metacarpiano de ambos os membros torácicos (esquerdo e direito).

Figura 27: Secção da articulação metacarpofalangeana esquerda (A) e direita (B) de equino PSI incluído no estudo. Nelas evidencia-se áreas centrais e focais de severa perda de cartilagem e lise do osso subcondral, repostas por tecido reparativo, em ambos os côndilos do III metacarpiano (setas).

Fonte: NIEMAN, R.T., 2018.

8 DISCUSSÃO

Os exames de imagem realizados neste estudo foram após a coleta de membros torácicos de um grupo de 12 equinos PSI de corrida onde todos passaram pelo mesmo processo e período de congelamento e descongelamento. Em outro estudo (O'BRIEN, BAKER, BROUNTS et al., 2011), as peças anatômicas foram igualmente coletadas e congeladas em um curto período de tempo após eutanásia dos animais e todas as imagens obtidas em menos de 6 horas após total descongelamento do material. Além disso, segundo Murray et al (2006), não foram detectadas diferenças entre o exame de imagem *ant* e *post mortem* após o congelamento e consequente descongelamento de um mesmo membro de equino. Todavia, em outro estudo, Bolen et al (2011) observaram que, comparando imagens de ressonância magnética de dígitos de equinos obtidas após 12 horas do óbito do animal e durante consecutivos processos de congelamento e descongelamento das mesmas peças, em períodos de 36h e 24h, esse processo pode alterar a realidade do sinal obtido durante o exame de RM, concluindo que as condições de preservação do material a ser analisado, incluindo temperatura e taxa de descongelamento, devem ser cuidadosamente considerados. No presente estudo, os membros torácicos foram removidos do esqueleto dos animais e congelados em menos de 2 horas após o óbito dos mesmos, sendo que o processo todo para realização dos métodos diagnósticos de imagem não excedeu mais que oito dias do óbito do animal, mantendo os espécimes congelados e/ou resfriados por curto período. Janes et al (2017) concluíram que a avaliação por métodos de imagem *ante mortem* em conjunto com avaliações *post mortem* podem auxiliar na determinação da distinção entre a

adaptação fisiológica do esqueleto a exercícios de alta velocidade e processos de alterações osteocondrais que predispõem a acidentes catastróficos durante a prática esportiva.

Neste estudo foi realizada a análise e pontuação nas tabelas de escore das imagens por dois avaliadores cegos, existindo um consenso pré-avaliação entre os mesmos, destacando a importância da correlação entre os quatro métodos diagnósticos por imagem na avaliação do tecido osteocondral da articulação metacarpofalangeana de equinos PSI de corrida. Em estudo parecido ocorreu uma limitação, sendo escolhido apenas um avaliador para coleta dos dados, sem a determinação de acordo intraobservadores e/ou interobservadores (O'BRIEN, BAKER, BROUNTS et al., 2011). Segundo MORGAN et al (2006), sempre que uma modalidade diagnóstica é utilizada para provar uma avaliação categórica é importante conhecer a variabilidade inerente no processo e se é inerente para a modalidade ou avaliação. Modalidades diagnósticas devem ser práticas, confiáveis, acuradas e alcançar bom acordo entre os observadores. Com relação às imagens obtidas durante este trabalho, deve-se pontuar a diferença entre a execução do método e análise da imagem, principalmente voltado para os exames de ultrassonografia e artroscopia por tratar-se de exames dinâmicos. Segundo Relave et al (2009), existe uma vantagem com relação à técnica ultrassonográfica na visualização de imagens em múltiplos planos em tempo real, onde, embora seja possível salvar imagens durante o exame, a avaliação das mesmas pode ser difícil para um examinador que não executou o exame. Ainda comenta que constatada uma anormalidade, a mesma pode ser escaneada em planos longitudinal e transversal e de acordo com Denoix (2009), a possibilidade do exame com a

articulação flexionada aumenta consideravelmente a extensão da superfície de exposição óssea permitindo uma avaliação mais completa das lesões de osso subcondral, como identificado durante o presente estudo.

Segundo Lilejbrink e Bergh (2010), o ângulo médio palmar alcançado para as articulações metacarpofalangeanas em animais sadios é de 125°. Ireland et al (2012) observaram que o ângulo máximo de flexão em equinos com OA em articulação metacarpofalangeana foi, em média, dez graus maior que os ângulos máximos de flexão das articulações sadias, sugerindo que mesmo sem haver parâmetros de referência publicados, pode ser um indicador confiável para doenças articulares. No estudo, o ângulo de flexão das articulações metacarpofalangeanas, mesmo que realizado após a retirada dos membros torácicos do esqueleto do animal, manteve-se na média descrita pela literatura quando comparado com o animal vivo. Além disso, como ferramenta complementar de avaliação e comparação com os equinos incluídos neste trabalho, foram realizadas medidas das articulações metacarpofalangeanas de 150 equinos PSI em semelhante treinamento, entre 2,5 e 6 anos de idade, obtendo-se a média da angulação articular de 120° com um goniômetro e da circunferência articular de 27cm com fita antropométrica. No estudo, a média das angulações dos doze equinos manteve-se em 113,5° (MTE) e 116° (MTD) e da circunferência articular em 27,3cm (MTE) e 27,4 (MTD). A consistência à palpação articular na maioria da amostra (mais de 80%) manteve-se sem alteração. Segundo Rasera et al (2007), o acompanhamento por mensuração da circunferência articular e da amplitude do movimento das articulações de cavalos atletas permite avaliar as mudanças clínicas iniciais que ocorrem nos tecidos articulares devido ao trauma repetitivo. No presente trabalho não foi

observada diferença estatisticamente relevante do exame físico entre os membros torácicos esquerdo e direito e pode-se dizer que, na maioria das vezes, alterações no exame físico relacionam-se a lesões articulares, porém nem sempre envolvendo o tecido osteocondral.

Alguns autores comentam que a adaptação especificamente da articulação metacarpofalangeana, durante o treinamento para corrida, pode induzir características patológicas tais como defeitos lineares na mineralização da cartilagem articular e osso subcondral, o que pode preceder ao desenvolvimento, por exemplo, de fraturas condilares (NORRDIN, KAWCAK, CAPWELL et al., 1998; STEPNIK, RADTKE, SCOLLAY et al., 2004; RIGGS, WHITEHOUSE, BOYDE, 1999; MUIR, MCCARTHY, RADTKE et al., 2006). Alterações no osso subcondral, adaptativas ou não adaptativas, são importantes fontes de claudicação em cavalos PSI de corrida que se relacionam com muitas circunstâncias, incluindo treinamento diário, condições da raia (piso) e idade (GASCHEN e BURBA, 2012). Os achados de associações entre membros afetados e sentido da corrida foi estudado por Parking et al (2006) em um trabalho relacionando fraturas catastróficas em região distal de membros. Todavia, dados descritivos recentes têm sugerido que existe relação entre o membro mais acometido e o sentido da corrida, com estudos demonstrando a predileção de fraturas do membro torácico esquerdo (de dentro) de animais que correm predominantemente no sentido anti-horário (Rick et al., 1983; Rooney, 1983). No presente estudo, a avaliação das articulações metacarpofalangeanas pelos métodos de imagem demonstrou tanto alterações adaptativas ao esporte bem como lesões patológicas voltadas ao osso subcondral, nem sempre associadas a lesões encontradas na

superfície e cartilagem articular, onde quase 25% das articulações metacarpofalangeanas avaliadas chegaram a quase 45% de pontuação de lesão, mas 50% das pontuações permaneceram entre 9,5% e 31%. O treinamento tem mostrado aumentar a densidade volumétrica do osso subcondral em equinos PSI de corrida com 2 anos de idade em um padrão que refere obliquamente da superfície palmarodistal para a superfície dorsoproximal dos côndilos do III metacarpiano (FIRTH e ROGERS, 2005), o que foi identificado no estudo comparando-se as imagens produzidas do animal mais novo (2 anos e 11 meses) e o mais velho (5 anos e 1 mês).

Em estudo realizado (O'BRIEN, BAKER, BROUNTS et al., 2011), foi encontrado que características patológicas tais como esclerose, fissuras e erosões do tecido osteocondral do aspecto distal do III metacarpiano são realmente detectadas em exames de imagem em cortes transversais em modelo de peças anatômicas de equinos. Todavia, nenhuma das variáveis acessadas pela radiografia digital mostrou uma correlação regional significativa com o exame visual da cartilagem articular ou osso subcondral, exceto para a esclerose presente no osso subcondral em região de côndilo medial, sendo esta uma localização com típicas alterações patológicas severas. Ainda comenta-se sobre um maior desenvolvimento de métodos de imagem aplicáveis ao cavalo em posição quadrupedal, principalmente voltado para região distal dos membros de cavalos PSI de corrida. No presente trabalho características patológicas tais como esclerose, fissuras e erosões do tecido osteocondral encontradas no aspecto distal do III metacarpiano foram melhor visualizadas e pontuadas pelos cortes dorsal, transversal e sagital durante o

exame de ressonância magnética, quando comparado aos demais métodos de imagem empregados no estudo.

Segundo O'Brien et al (2011), a presença de esclerose subcondral foi evidente em todos os PSI de corrida e animais do grupo controle pelas modalidades de imagens executadas, porém, a esclerose subcondral foi maior no grupo dos PSI de corrida, particularmente nas regiões da articulação metacarpofalangeana de maior carga. Esta informação vai ao encontro do presente estudo, onde principalmente pelo exame de RM foi identificado algum grau de esclerose subcondral em todas as articulações metacarpofalangeanas dos PSI incluídos. Ainda segundo O'Brien et al (2011), embora fissuras e erosões na cartilagem articular não tenham sido detectadas em alguns exames de imagem, afecções voltadas ao osso subcondral, detectadas nas imagens de TC e RM, foram significativamente correlacionadas com perda da cartilagem articular encontradas em exames mais profundos.

Em estudo realizado por Vanderperren et al. (2012), imagens ultrassonográficas de articulações metacarpofalangeanas de equinos apresentaram um grau variável de osteoartrose, caracterizado por osteófitos marginais ou neoformação óssea e anormalidades do osso subcondral, variando de uma leve edentação a severas irregularidades, onde mais de uma anormalidade, voltada ao osso subcondral, foi detectada em todas as articulações avaliadas. Os autores ainda complementaram que, em todos os casos incluídos no estudo, o osso subcondral do aspecto proximal da articulação metacarpofalangeana, na transição entre o corpo do III metacarpiano e o côndilo, apresentava pequenas interrupções da linha hiperecótica, representando quebras focais do osso subcondral, onde as partes

inferiores apresentavam-se cobertas por linha hiperecólica paralela ao osso subcondral. Tais interrupções foram consideradas como achados normais. No presente trabalho, em média, as alterações ultrassonográficas voltadas ao tecido osteocondral pontuaram grau de leve a moderado, com áreas de difícil identificação da cartilagem articular e irregularidades no osso subcondral.

Em equinos PSI de corrida com claudicação por lesão localizada na articulação metacarpofalangeana, o processo de osteoartrite é a anormalidade mais frequentemente diagnosticada no exame de RM após exames radiográfico e ultrassonográfico inconclusivos (DYSON, MURRAY, 2007). Evidência radiográfica de osteófitos periarticulares e remodelamento ósseo secundário a sinovite crônica ocorrem em estágios finais da doença articular e o exame de RM parece ser a modalidade mais compreensiva na avaliação da osteoartrite metacarpofalangeana (OLIVE, D'ANJOU, ALEXANDER et al., 2010). Segundo Gonzalez et al. (2010), osteófitos associados a osteoartrite da articulação metacarpofalangeana são geralmente identificados radiograficamente e por RM como alterações de contorno das margens articulares proximal e distal dos ossos sesamóides e margem periarticular da F1. Pequenos osteófitos são mais acuradamente diagnosticados com TC, pois sequencias de RM podem obter susceptibilidade a artefatos, podendo resultar em superestimação do tamanho do osteófito (OLIVE, D'ANJOU, GIARD et al., 2010). Todavia, quando se avalia a osteoartrite da articulação metacarpofalangeana é preciso lembrar que a relação entre a presença de osteófitos e cartilagem permanece incerta. Segundo Denoix (1996) e Denoix e Busoni (1998), a ultrassonografia parece ser mais sensível que a radiografia para a identificação de osteófitos e análise do remodelamento periarticular nas

fases iniciais da osteoartrite, além de permitir uma análise em tempo real. Neste presente estudo, evidenciou-se uma maior pontuação pelas tabelas de escore da avaliação osteocondral da articulação metacarpofalangeana de PSI pelo método da ultrassonografia e RM, destacando lesões de diferentes graus em região de bordo articular, principalmente presença de osteófitos pelo primeiro método. Vanderperren (2012) visualizou osteófitos marginais e crescimento excessivo de tecido ósseo localizados nas bordas das superfícies articulares em ambos aspectos lateral e medial das articulações metacarpofalangeanas pela imagem ultrassonográfica, aparecendo como elevações marginais de superfície de aspecto hiperecótico do osso subcondral.

Estudos têm relatado que lesões caracterizadas por sinal hiperintenso no aspecto proximal do III metacarpiano durante o exame de RM em sequências sensíveis à detecção de fluidos, por exemplo STIR, podem ser fonte de dor causada por reação de estresse por conta de deposição de carga repetitiva nesta região óssea. Essas alterações de sinal, como resultado da presença de fluido intraósseo, indicam primariamente alterações ósseas patológicas com mínimo envolvimento do ligamento suspensor (POWELL, RAMZAN, HEAD et al., 2010). Em outro estudo (O'BRIEN, BAKER, BROUNTS et al., 2011), alterações de sinal na cartilagem articular detectadas pela RM não foram significativamente relacionados a lesões histopatológicas da cartilagem. No presente trabalho, áreas de sinal hiperintenso em sequência específica (STIR) destacou presença de edema ósseo associado a imagem adjacente hipointensa de esclerose subcondral em estágio avançado, nem sempre com alterações graves na cartilagem articular, em pelo menos 40% da amostra analisada.

Alterações na cartilagem e degeneração resultam em linhas de estresse e erosões da cartilagem articular que podem ser identificadas, em exame de RM de alto campo magnético, como um acúmulo de fluido articular de sinal hiperintenso em sequências STIR e de densidade protônica (GONZALEZ, SCHRAMME, ROBERTSON et al., 2010). Danos ou degeneração da cartilagem articular podem ser inferidos na detecção de características patológicas no osso subcondral, particularmente em radiografias digitais ou RM de 1T (O'BRIEN, BAKER, BROUNTS et al., 2011). Todavia, a radiografia digital pode superestimar o tamanho e extensão da perda cartilágnea quando comparada com a artroscopia em regiões acessíveis da articulação. (GONZALEZ, SCHRAMME, ROBERTSON et al., 2010). A literatura comenta que, pela radiografia, o aspecto dorsoproximal da crista sagital pode mostrar alguma variação como irregularidade, radioluscência e/ou edentação, em cavalos jovens sem sintomatologia clínica (HAUSPIE et al., 2010). Segundo Tomlinson et al (2000), a diminuição na espessura da cartilagem e sua irregularidade visualizada pela ultrassonografia são mudanças características nas articulações com osteoartrite. No presente trabalho, apesar do uso da ressonância magnética de 0,3 T, as imagens obtidas relacionaram-se de forma positiva com os achados sugeridos e/ou identificados nas radiografias e exame ultrassonográfico prévio, porém, algumas regiões de provável lesão por estes métodos foram inacessíveis pela técnica da artroscopia.

Embora o exame de RM seja visto como o exame mais adequado para a imagem da cartilagem, a identificação acurada das lesões cartilágneas por esta modalidade diagnóstica torna-se difícil na articulação metacarpofalangeana por conta da fina cartilagem e superfície curvada

presente em sua grande parte (MURRAY, BRANCH, TRANQUILLE et al., 2005; OLIVE, D'ANJOU, GIARD et al., 2010). Isso foi observado no estudo realizado, já que existiu uma dificuldade dos avaliadores da RM em identificar lesões cartilagíneas em lâminas superficial e profunda, destacando maiores alterações no osso subcondral, não totalmente identificados pelos exames radiográfico e artroscópico. Olive et al (2010) comentaram que embora a intensidade de sinal da cartilagem não esteja fortemente relacionada a danos celulares e biomecânicos recentes, o uso combinado da avaliação da intensidade do sinal com mudanças estruturais pode potencialmente resultar em uma ferramenta de valor clínico maior para detecção recente da osteoartrite, porém isso requer estudos mais aprofundados. Segundo Denoix (2009), a diminuição da espessura da cartilagem articular pelo exame ultrassonográfico é indicativo de fibrilação da mesma e a degeneração cartilagínea induz a perda local ou difusa de espessura. Além disso, em secções transversais, irregularidades da superfície articular podem ser produzidas por erosões cartilaginosas lineares dos côndilos metacarpianos.

Fragmentos osteocondrais do aspecto dorsoproximal da F1 são comuns em cavalos PSI de corrida, estando localizados geralmente em região medial, podendo também estar biaxial e bilateral. Eles são tipicamente achados na articulação metacarpo/metatarso falangeana na margem dorsoproximal da F1 e crista sagital dorsal do III metacarpiano. Radiografias podem ser utilizadas para avaliar a borda dorsal da F1 e fragmentos proximais palmares/plantares da F1 são geralmente pequenos (<0.5cm) e originados da borda côncava proximal da F1. Em um estudo considerou-se que a forma do aspecto proximal da F1 e o tamanho dos fragmentos torna difícil a detecção dos mesmos com os exames

radiográfico e TC, porém, o exame radiográfico, foi considerado como o mais adequado para detecção de fragmentos dorsais da F1 quando comparado com a TC, mas nem um nem outro foram adequados para detectar tais fragmentos em região palmar/plantar (60% falharam). (MORGAN, SANTSCH, ZEKAS et al., 2006). Todavia, este estudo não incluiu reconstruções sagitais que poderiam permitir a identificação destes fragmentos.

A visibilidade de fragmentos osteocondrais pela RM, em oposto a radiografias, depende da localização do fragmento e tecidos adjacentes. Os efeitos somados as radiografias podem permitir que fragmentos osteocondrais sejam mais aparentes do que na RM, no qual um fragmento pode ser dividido sobre dois cortes contíguos, diminuindo sua visibilidade. Fragmentos osteocondrais têm uma focal hipointensidade ou uma mistura de intensidade de sinais nas imagens de RM e são separados do osso principal, como observados no presente estudo em duas articulações metacarpofalangeanas avaliadas. Um fragmento ósseo pode ser dificilmente identificado em um estudo de RM. Essa dificuldade surge, pois, o fragmento osteocondral tem um sinal hipointenso, similar a muitas estruturas adjacentes tais como terminações de vasos sanguíneos, inserções de tendões ou ligamentos, cápsula articular adjacente ou proliferação sinovial. Tal informação vai ao encontro do presente estudo, já que houve em algumas análises das imagens de ressonância magnética a dificuldade de afirmar a presença ou não de fragmento osteocondral por ambos os avaliadores. Por outro lado, o exame de RM elimina a sobreposição e pode permitir a detecção de fragmentos ósseos não visualizados pelo exame radiográfico. Nem radiografias ou imagens de RM oferecem uma completa avaliação da osteoartrite, sendo que uma avaliação

mais compreensiva deve envolver a combinação de ambas as técnicas. A imagem ultrassonográfica de fragmento osteocondral pode ser vista como um pequeno estreitamento bem delineado por linha hiperecótica com sombra acústica distal (VANDERPERREN, 2012).

Embora a artroscopia diagnóstica seja válida para a avaliação de alguns processos patológicos, a técnica quando realizada nas articulações metacarpo/metatarsofalangeana provavelmente ofereça pouca informação em relação ao grau de doença da cartilagem articular no aspecto palmar/plantar distal dos côndilos do III metacarpiano em cavalos de PSI de corrida. Os resultados do presente estudo e outros (O'BRIEN, BAKER, BROUNTS et al., 2011) também sugerem que danos ou degeneração da cartilagem articular podem ser inferidos na detecção de características patológicas do osso subcondral, particularmente visualizados em exames de RM, no presente trabalho, e TC em outros. Pela análise das imagens durante o estudo, destaca-se a importância da correlação entre os métodos diagnósticos por imagem, complementares entre si, principalmente no âmbito do diagnóstico precoce de lesões adaptativas e/ou patológicas à prática esportiva.

Alterações voltadas aos ossos sesamóides proximais da articulação metacarpofalangeana geralmente não são achados isolados. Sinais anormais na RM como, por exemplo, sinal hiperintenso em uma sequência STIR pode ser associado a lesões de edema ósseo ou um sinal hipointenso em sequências com DP, ponderação T1 e T2 relacionadas à esclerose óssea (GONZALEZ, SCHRAMME, ROBERTSON et al., 2010). Pequenas lesões correspondentes com cistos ósseos na base dos sesamóides proximais podem ser visualizadas associadas a danos da região de entese do ligamento

sesamoideo distal reto (GONZALEZ, SCHRAMME, ROBERTSON et al., 2010) ou ligamentos sesamoideos distais oblíquos. Cavalos PSI de corrida geralmente possuem alterações adaptativas ao exercício com sede nos ossos sesamóides proximais, deixando-os biaxialmente assimétricos, alterações estas que devem ser distinguidas de processos patológicos. Isso vai ao encontro dos achados do presente trabalho onde 80% dos equinos incluídos apresentaram irregularidades focais no contorno e margem óssea de ambos os sesamóides proximais, alterações estas visualizadas principalmente pelos exames de ultrassom e RM.

Quatro cavalos analisados neste estudo tiveram alterações patológicas avançadas detectadas após abertura da articulação metacarpofalangeana e observação macroscópica de ambos os côndilos do III metacarpiano e superfície articular da F1. Sugere-se que tais alterações presentes sejam devido ao constante treinamento e atividade esportiva desempenhada pelos animais durante a carreira esportiva que se inicia antes de um completo amadurecimento esquelético. Em estudo parecido, O'Brien et al (2011) ainda comentam que a prevalência e espectro de afecções clínicas presentes na população de cavalos de corrida não têm sido claramente determinada e a proporção desses cavalos que treinam e competem ativamente em face das graves alterações patológicas do aspecto distal do III metacarpiano continua sendo incerta.

Lesões necróticas focais têm sido previamente demonstradas no aspecto palmar de ambos os côndilos do III metacarpiano indicando choques excessivos e crônicos (NORRDIN, KAWCAK, CAPWELL, 1998; POOL, 1996), mas nem sempre associados com fratura condilar, por exemplo. Barr et al,

(2009), demonstraram que a doença osteocondral palmar dos côndilos do III metacarpiano foi comum em uma amostra de equinos PSI de corrida mediante avaliação *post mortem*, onde 67% de todos os cavalos apresentaram doença osteocondral palmar em pelo menos um côndilo, porém, a maioria das lesões identificadas não apresentou grau de severidade significativo. Ainda relatou que não houve diferença significativa da distribuição da doença osteocondral palmar entre membros torácicos e pélvicos, direitos e esquerdos ou região medial e lateral dos côndilos. Isso contradiz com Pool (1996) que pontuou que a doença osteocondral palmar ou osteocondrose traumática foi mais comum nos membros torácicos e o envolvimento dos côndilos lateral e medial pareceu ser aleatório. Além disso, não houve viés aparente em membros direitos e esquerdos em ambos os membros torácicos e pélvicos, o que é surpreendente, dado que os cavalos avaliados eram treinados e correram quase que exclusivamente no mesmo sentido (horário). Segundo Pinchbeek (2013), alterações osteocondrais no aspecto palmar do III metacarpiano em cavalos PSI de corrida foram reportadas como sendo mais severas em membros torácicos do que pélvicos, sendo o côndilo medial dos membros torácicos e o côndilo lateral dos membros pélvicos mais frequentemente afetados. No presente trabalho, os 12 equinos incluídos participaram de corridas em sentido anti-horário, não havendo diferença estatisticamente relevante do grau de lesão entre os membros torácicos direito e esquerdo, sendo que um animal apresentou doença osteocondral em nível avançado, com área central e focal de perda cartilágnea e lise do osso subcondral em ambos os membros torácicos e côndilos lateral e medial.

9 CONCLUSÃO

Todos os equinos incluídos no estudo apresentaram, em menor ou maior grau, alterações em todos os exames de imagem, sendo que apenas pela ultrassonografia e ressonância magnética, em média, tais alterações foram contempladas com grau leve a moderado, podendo considerar ambos como exames de identificação mais precoce voltado às alterações do tecido osteocondral da articulação metacarpofalangeana de equinos PSI de corrida em treinamento. Estatisticamente não houve diferença com relação ao grau de lesão entre os membros torácicos direito e esquerdo. A continuidade dos estudos, avaliando *in vivo* as alterações osteocondrais decorrentes da prática esportiva, sejam essas adaptativas ou não, poderá determinar quais são potenciais sinalizadores de lesão articular, principalmente relacionados às manifestações clínicas.

REFERÊNCIAS

ARTHUR, R.M.; ROSS, M.W.; MALONEY, P.J. et al. North American Thoroughbred. In: ROSS, M.W.; DYSONE, S.J., editors. **Lameness in the Horse**. St. Louis (MO): Saunders, 868-78. 2003.

BARR, E. D.; PINCHBECK, G. I.; CLEEG, P. D.; BOYDE, A.; RIGGS, C. M. Post mortem evaluation of palmar osteochondral disease (traumatic osteochondrosis) of the metacarpo/metatarsophalangeal joint in thoroughbreds racehorses. **Equine Vet. J.**, 4: 366-371. 2009.

BEILEY, C. J.; REID, S. W. J.; HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. Impact of injuries and disease on a cohort of two and three-year-old thoroughbreds in training. **Veterinary Record**, 145: 487-493. 1999.

BOLEN, G. E.; HAYE, D.; DONDELINGER, R. F.; MASSART, L.; BUSONI, V. Impact of successive freezing-thawing cycles on 3-T magnetic resonance images of the digits of isolated equine limbs. **AJVR**, vol. 72, n. 6, 2011.

BORGES, E. M.; CANOLA, J. C.; MACHADO, M. R. F. Estudo morfológico e radiológico sobre a comunicação entre a articulação interfalangeana distal e a bolsa do osso navicular em peças anatômicas de equinos (*Equus caballus*, L. 1758). **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.**, 38: 258-262. 2001a.

BORGES, E. M.; CANOLA, J. C.; MACHADO, M. R. F. Estudo morfológico e radiológico sobre a comunicação entre a articulação interfalangeana distal e a bolsa do osso navicular em equinos (*Equus caballus*, L. 1758). **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.**, 38: 220-223. 2001b.

BORGES, N.F. Vídeo-artroscopia da articulação fêmoro- tíbio-patelar de cães antes e 21 dias após secção do ligamento cruzado cranial (estudo experimental). **Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)**, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Belo Horizonte. 41f. 2006.

BROMMER, H.; RIJKENHUIZEN, A. B. M.; BRAMA, P. A. J.; BARNEVELD, A.; VAN WEEREN, P. R. Accuracy of diagnostic arthroscopy for the assessment of cartilage damage in the equine metacarpophalangeal joint. **Equine Veterinary Journal**, 36: 331-335. 2004.

BUSONI, V. Ultrasonographic examination of the palmar aspect of the fetlock and pastern: Technique and normal images. **Ippologia**, 12: 5-14. 2001.

BUTCHER, M. T.; ASHLEY-ROSS, M. Fetlock joint kinematics differ with age in thoroughbred racehorses. **J Biomech**, 35: 563-571. 2002.

BUTLER, J. A.; COLLES, C. M.; DYSON, S.; KOLD S. E.; POULOS, P. W. FOOT, pastern and fetlock. In: BUTLER J.A., COLLES C.M., DYSON S., KOLD S.E. and POULOS P.W. (editors). **Clinical Radiology of the Horse**. 2 Ed., Blackwell science, Oxford. p. 27-130. 2000.

CALDEIRA, F. M. C.; MUZZI, L. A. L.; MUZZI, R. A. L. Artrose em cães, **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v.37, p.53-83, 2002.

CARRIG, C. B. Diagnostic imaging of osteoarthritis. **Veterinary Clinical North American**, Philadelphia, v. 27, n. 4, p. 777-813. 1997.

CARTER, G. K. Diagnostic anesthesia in the lameness examination: potencial areas of confusion. In: **Annual Convection of the American Association of Equine Practioners**, v.51. 2005.

CLYNE, M. J. Pathogenesis of degenerative joint disease. **Equine Veterinary Journal**, v. 19, n. 1, p. 15-18. 1987.

CRUZ, A. M.; HURTING, M. B. Multiple pathways to osteoarthritis and articular fractures: is subchondral boné the culprit? **Vet Clin North Am Equine Pract**, 24: 101-116. 2008.

DABAREINER, R. M.; WHITE, N. A.; SULLINS, K. E. Metacarpophalangeal joint synovial pad fibrotic proliferation in 63 horses. **Veterinary Surgery**, 25: 199-206. 1996.

DENOIX, J. M. Ultrasonographic examination in the diagnosis of joint disease. In: MCILWRAITH C.W. AND TROTTER G.W. (editors). **Joint Disease in the Horse**. W.B. Saunders, Philadelphia. p. 165-202. 1996.

DENOIX, J. M. Ultrasonographic examination of joints, a revolution in equine locomotor pathology. **Bulletin de l'Academie Vétérinaire de France**, 162: 313-325. 2009.

DENOIX, J. M.; AUDIGIÉ, A. F. Ultrasonographic examination of joints in horses. In: **Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners – AAEP**, San Diego, California, 47. 2001.

DENOIX, J. M.; BUSONI, V. Ultrasonography of joint and synovia. In: WHITE II, N. A.; MOORE, J. N. **Current techniques in equine surgery and lameness**. Philadelphia, Saunders. p. 643-654. 1998.

DENOIX, J. M.; JACOT, S.; BOUSSEAU, B.; PERROT, P. Ultrasonographic anatomy of the dorsal and abaxial aspects of the equine fetlock. **Equine Vet J**, 28: 54-62. 1996.

DISLER, D. G.; RAYMOND, E.; MAY, D. A.; WAYNE, J. S.; MCCAULEY, T. R. Articular cartilage defects: In vitro evaluation of accuracy and interobserver reliability for detection and grading with us. *Radiology*, 215: 846-851. 2000.

DOUGLAS, J. Pathogenesis of osteochondrosis. In: ROSS, M. W.; DYSON, S. J. **Diagnosis and management of lameness in the horse**. Philadelphia: W. B. Saunders, p. 534-543. 2002.

DYSON, S.; MURRAY, R. Magnetic resonance imaging of the equine fetlock. **Clinical Techniques in Equine Practice**, 6: 62-77. 2007.

EASTON, K. L.; KAWCAK, C. E. Evaluation of increased subcondral bone density in areas of contact in the metacarpophalangeal joint during joint loading in horses. **Am J Vet Res**, 68: 816-821. 2007.

EDWARDS, G. B. Interpreting radiographs 2: the fetlock joint and pastern. **Equine Veterinary Journal**, 16: 4-10. 1984.

FERRARO, G. L. Lameness diagnosis and treatment in thoroughbred horses. **Vet Clin. North Am. Equine Pract**, 6: 66-74. 1990.

FIRTH, E. C.; ROGERS, C. W. Musculoskeletal responses of 2-year-old Thoroughbred horses to early training. Conclusions. **NZ Vet J**, 53: 377-383. 2005.

FREEMAN, M. A. R.; PINSKEROVA, V. The movement of the knee studied by magnetic resonance imaging. **Clinical Orthopedic**, London, v.1, n.410, p. 35-43. 2003.

GASCHEN, L.; BURBA, D. J. Musculoskeletal injury in Thoroughbred racehorses: correlation of findings using multiple imaging modalities. **Vet Clin Equine**, 28: 539-61. 2012.

GETTY, R. SISSON and GROSSMAN. **Anatomia dos Animais Domésticos**. vol 1 e 2. 5.ed. Guanabara Koogan. p. 332-335. 1986.

GONZALEZ, L. M.; SCHRAMME, M. C.; ROBERTSON, I. D. et al. MRI features of metacarpo (tarso) phalangeal region lameness in 40 horses. **Vet Radiol Ultrasound**, 51: 404-14. 2010.

HAUSPIE, S.; MARTENS, A.; DECLERCQ, J.; BUSONI, V.; VANDERPERREN, K.; VAN BREE, H.; SAUNDERS, J. H. Radiographic features of the dorsal condylar sagittal ridge of the third metacarpal and metatarsal bones in young Warmblood stallions. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**, 23: 411-416. 2010.

HOLMES, J. et al. Thoroughbreds horses in race training have lower levels of subchondral bone remodeling in highly loaded regions of the distal metacarpus compared to horses resting from training. **Vet J**, 202: 443-447. 2014.

HURTING, M. B.; POOL, R. R. Pathogenesis of equine osteochondrosis. In: McILWRAITH, C. W.; TROTTER, G. W. **Joint disease in the horse**. Philadelphia, WB Saunders, p. 335-357. 1996.

IRELAND, J. L.; CLEGG, P. D.; McKANE, S. A.; CHANDLER, K. J.; PINCHBECK, G. L. Comparison of owner-reported health problems with veterinary assessment of geriatric horses in the United Kingdom. **Equine Veterinary Journal**, v. 44, p. 94-100. 2012.

JACKLIN, B. D., WRIGHT, I. M. Frequency distributions of 174 fractures of the distal condyles of the third metacarpal and metatarsal bones in 167 Thoroughbreds racehorses (1999-2009). **Equine Vet J**, 44: 707-713. 2012.

JANES, J. G.; KENNEDY, L. A.; GARRET, K. S.; ENGILES, J. B. Common lesions of the distal end of the third metacarpal/matetarsal bone in racehorse catastrophic breakdown injuries. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, Vol 29 (4): 431-436. 2017.

JEFFCOTT, L. B. Osteochondrosis in the horse – searching for the key to pathogenesis. **Equine Veterinary Journal**, v.23, n.5, p. 331-338. 1991.

KAWCAK, C. E.; McILWRAITH, C. W.; NORRDIN, R. W. et al. The role of subcondral bone in joint disease: a review. **Equine Vet J**, 33: 120-126. 2001.

KEEN, H. I.; CONAGHAN, P. G. Ultrasonography in osteoarthritis. **Radiologic Clinics of North America**, v. 47, n. 4, p. 581-594. 2009.

KHANNA, A. J.; COSGAREA, A. J.; MONT, M. A.; ANDRES, B. M.; DOMB, B. G.; EVANS, P. J.; BLUEMKE, D. A.; FRASSICA, F. J. Magnetic resonance imaging of the knee. **Journal Bone Joint Surgery American**, Philadelphia, v.83, p.128-141. 2001.

LILJBRINK, Y.; BERGH, A. Goniometry: is it a reliable tool to monitor passive joint range of motion in horses? **Equine Veterinary Journal**, v. 42, n. 38, p. 676-682. 2010.

MARTIG, S. et al. Bone fatigue and its implications for injuries in racehorses. **Equine Vet J**, 46: 408-415. 2014.

MARTIG, S.; KONAR, M.; SCHMOKE, H. G.; RYTZ, U.; SPRENG, D.; SCHEIDEGGER, J.; HOHL, B.; KIRCHER, P. R.; BIOSCLAIR, J.; LANG, J. Low-Field MRI and Arthroscopy of Meniscal Lesions in ten dogs with Experimentally Induced Cranial Cruciate Ligament Insufficiency. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Raleigh, v.47, n.6, p.515-522. 2006.

MARTINELLI, M. J.; BAKER, G. J.; CLARKSON, R. B.; EURELL, J. C.; PIJANOWSKI, G. J.; KURIASHKIN, I. V. Magnetic resonance imaging of degenerative joint disease in a horse: A comparison to other diagnostic techniques. **Equine Veterinary Journal**, 28: 410-415. 1996.

McILWRAITH, C. W. Experiences in diagnostic and surgical arthroscopy in the horse. **Equine Veterinary Journal**, v. 16, n. 1, p. 11-19. 1984.

McILWRAITH, C. W. Doenças articulares, tendões, ligamentos e estruturas relacionadas. In: STASHAK, T. S. **Claudicação em equinos segundo Adams**. 5 ed, São Paulo, Rocca, p. 417-551. 2006.

McILWRAITH, C. W.; NIXON, A. J.; WRIGHT, I. M.; BOENING, K. J. Diagnostic and surgical arthroscopy of the metacarpophalangeal and metatarsophalangeal joints. In: MCILWRAITH C.W., NIXON A.J., WRIGHT I.M., BOENING K.J. (editors). **Diagnostic and Surgical Arthroscopy in the Horse**. 3 Ed., Elsevier, Philadelphia, p. 129-196. 2005.

MICHELON, F. A. Artroscopia: Ferramenta diagnóstica e terapêutica na clínica cirúrgica de equinos atletas. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v.2, n.19, p. 222-229. 2008.

MITCHELL, R. D. Imaging considerations in the purchase examination of the performance horse. In: **55th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners**. Las Vegas, Nevada, USA, p 296-300. 2009.

MORGAN, J. W.; SANTACHI, E. M.; ZEKAS, L. J. et al. Comparison of radiography and computed tomography to evaluate metacarpo/metatarsophalangeal joint pathology of paired limbs of thoroughbred racehorses with severe condylar fracture. **Vet Surg**, 35: 611-7. 2006.

MUIR, P.; MCCARTHY, J.; RADTKE, C. L. et al. Role of endochondral ossification of articular cartilage and functional adaptation of the subchondral plate in the development of fatigue microcracking of joint. **Bone**, 38: 342-349. 2006.

MURRAY, R.; SCHRAMME, M. C.; DYSON, S. J. et al. Magnetic resonance imaging characteristics of the foot in horses with palmar foot pain and control horses. **Vet Radiol Ultrasound**, 47: 1-16. 2006.

MURRAY, R. C.; BRANCH, B. S.; TRANQUILLE, C.; WOODS, S. Validation of magnetic resonance imaging for measurement of equine articular cartilage and subchondral bone thickness. **Am J Vet Res**, 66: 1999-2005. 2005.

MURRAY, R. C.; MAIR, T. S.; SHERLOCK, C. E.; BLUNDEN, A. S. Comparison of high-field and low-field magnetic resonance images of cadaver limbs of horses. **Veterinary Record**, 165, 281-288. 2009.

MUTTINI, A.; VANTINI, C.; CUOMO, A. Arthroscopy in the horse. **Veterinary Research Communications**, v. 27, p. 7983. 2003.

NEVES, F. S. P. Osteocondrose em cavalos. **Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)**, Universidade de Porto, Portugal, Porto, 47f. 2010.

NIEMEYER, P.; PESTKA, J. M.; ERGGELET, C.; STEINWACHS, M.; SALZMANN, G. M.; SUDKAMP, N. P. Comparison of arthroscopic and open assessment of size and grade of cartilage defects of the knee. **Arthroscopy**, 27, 46-51. 2011.

NORRDIN, R. W.; KAWCAK, C. E.; CAPWELL, B. A.; McILWRAITH, C. W. Subchondral bone failure in an equine model of overload arthrosis. **Bone**, 22: 133-139. 1998.

O'BRIEN, T.; BAKER, T. A.; BROUNTS, S. H. et al. Detection of articular pathology of the distal aspect of the third metacarpal bone in thoroughbred racehorses: Comparison of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging. **Vet Surg**, 40: 942-51. 2011.

OLIVE, J.; D'ANJOU, M. A.; ALEXANDER, K. et al. Comparison of magnetic resonance imaging, computed tomography and radiography for assessment of noncartilaginous changes in equine metacarpophalangeal osteoarthritis. **Vet Radiol Ultrasound**, 51: 267-79. 2010.

OLIVE, J.; D'ANJOU, M.A.; GIRARD, C. et al. Fat-suppressed spoiled gradient-recalled imaging of equine metacarpophalangeal articular cartilage. **Vet Radiol Ultrasound**, 51: 107-15. 2010.

PALMER, J. L.; BERTONE, A. L. Joint biomechanics in the pathogenesis of traumatic arthritis. In: **Joint Disease in the Horse**. Eds: C. W. McIlwraith and G. W. Trotter. WB Saunders Co. Philadelphia, p. 104-119. 1996.

PARK, R. D. Optimal radiographic views for evaluating thoroughbred yearlings - quality control of the radiographic image. In: **46th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners**. San Antonio, Texas, USA, p. 357-358. 2000.

PARKING, T. D. H.; CLEGG, P. D.; FRENCH, N. P.; PROUDMAN, C. J.; RIGGS, C. M.; SINGER, E. R.; WEBBON, P. M.; MORGAN, K. I. Risk of fatal distal limb fractures among thoroughbreds involved in the five types of racing in the United Kingdom, **Vet. Rec.**, 154: 493-497. 2004.

PARKING, T. D. H.; CLEGG, P. D.; FRENCH, N. P.; PROUDMAN, C. J.; RIGGS, C. M.; SINGER, E. R.; WEBBON, P. M.; MORGAN, K. I. Catastrophic fracture of the lateral condyle of the third metacarpus/metatarsus in UK racehorses – fracture descriptions and pre-existing pathology. **Vet. J.**, 171: 157-165. 2006.

PIERMATTEI, D. L.; FLO, G. L.; DECAMP, C. E. **The stifle joint**. In: ____ (ed.), **Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair**. 4th ed. Saunders Elsevier, St Louis, p. 832. 2006.

PINCHBEEK, G.L. et al. Pathological and clinical features associated with palmar/plantar disease of the metacarpal/metatarsophalangeal joint in Thoroughbred racehorses. **Equine Vet J**, 45: 587-592. 2013.

POOL, R. R.; MEAGHER, D. M. Pathologic findings and pathogenesis of racetrack injuries. **Vet Clin North Am Equine Pract**, 6: 1-30. 1990.

POOL, R. R. Traumatic injury and osteoarthritis. In: **Joint Disease in the Horse**. Eds: C. W. McIlwraith and C. W. Trotter. WB Saunders Co. Philadelphia, p. 87-104. 1996.

POWELL, S. E.; RAMZAN, P. H.; HEAD, M. J. et al. Standing magnetic resonance imaging detection of bone marrow edema-type pattern associated with subcarpal pain in 8 racehorses: a prospective study. **Equine Vet J**, 42: 10-7. 2010.

PROVASI, A. Achados radiográficos nos ossos: terceira falange, sesamóide distal, terceiro metacarpiano, primeira falange e sesamóides proximais, dos membros anteriores de cavalos de corrida assintomáticos da raça puro sangue inglês (PSI). **Dissertação (mestrado em Medicina Veterinária)** – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 83f. 2001.

RASERA, L.; MACORIS, D. G.; CANOLA, J. C.; AITA, A. C.; GOMES, T. L. S. Early radiographic and ultrasonographic changes in equine experimental osteoarthritis. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 59: 634-640. 2007.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2016.

REDDING, W. R. Use of ultrasonography in the evaluation of joint disease in horses. Part 1: indications, technique and examination of the soft tissues. **Equine Veterinary Education**, v. 13, n. 4, p. 198-204. 2001a.

REDDING, W. R. Use of ultrasonography in the evaluation of joint disease in horses. Part 2: examination of the articular surface. **Equine Veterinary Education**, v. 13, n. 4, p. 275-280. 2001b.

RELAVE, F.; MEULYZER, M.; ALEXANDER, K.; BEAUCHAMP, G.; MARCOUX, M. Comparison of radiography and ultrasonography to detect

osteochondrosis lesions in the tarsocrural joint: A prospective study. **Equine Veterinary Journal**, 41: 34-40. 2009.

RICHARD, E.; ALEXANDER, K. Nonconventional radiographic projections in the equine orthopedic examination. **Equine Veterinary Education**, 19: 551-559. 2007.

RICK, M. C.; O'BRIEN, T. R.; POOL, R. R. et al. Condylar fractures of the third metacarpal bone and third metatarsal bone in 75 horses: radiographic features, treatments, and outcome. **J Am Vet Med Assoc**, 183: 287-296. 1983.

RIGGS, C. M. Osteochondral injury and joint disease in the athletic horse. **Equine Vet Educ**, 18: 100-112. 2006.

RIGGS, C. M.; PILSWORTH, R. Repetitive strain injuries of the skeleton in high performance equine athletes. In: Hinchcliff, K.W. et al., eds **Equine Sports Medicine and Surgery**. 2nd ed. St. Louis, M.O., Elsevier, p. 457-470. 2013.

RIGGS, C.M.; WHITEHOUSE, G.H.; BOYDE, A. Pathology of the distal condyles of the third metacarpal and third metatarsal bones of the horse. **Equine Vet J**, 31: 140-148, 1999.

ROCHA, B. D. Estudo cinemático associado ao estudo radiográfico na avaliação da displasia coxofemoral em cães da raça Pastor Alemão. **Tese (Doutorado em Ciência Animal)** pela Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 59f. 2012.

ROONEY, J. R. Impulse and breakdown on straights and turns in racehorses. **J. equine vet. Sci.**, 3: 137-139. 1983.

SAMII, V. F.; DYCE, J.; POZZI, A.; DROST, T. W.; MATTON, J. S.; GREEN, E. M.; KOWALESKI, M. P.; LEHMAN, A. M. Computed tomographic arthrography of the stifle for detection of cranial and caudal cruciate ligament and meniscal tears in dogs. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Raleigh, v. 50, n. 2, p. 144-150. 2009.

SAMPSON, S. N.; SCHNEIDER, R. K.; TUCKER, R. L.; GAVIN, P. R.; ZUBROD, C. J.; HO, C. P. Magnetic resonance imaging features of oblique and straight distal sesamoidean desmitis in 27 horses. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, 48: 303-311. 2007.

SILVA, M. M. Desenvolvimento de protocolo de avaliação, por determinação de escore, das alterações encontradas nas doenças articulares em equinos e sua correlação com evolução após tratamento. **Dissertação (Doutorado em Medicina Veterinária)**, Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, São Paulo. 94f. 2014.

SMITH, R. Using ultrasound to image joints. In: **10th International Congress of World Equine Veterinary Association**. Moscow, Russia, p 279-282. 2008.

SMITH, M.; SMITH, R. Diagnostic ultrasound of the limb joints, muscle and bone in horses. **In practice**, 30: 152-159. 2008.

SPAHN, G.; KRLINGE, H. M.; BAUMS, M.; PINKEPANK, U.; HOFMANN, G. O. Reliability in arthroscopic grading of cartilage lesions: Results of a prospective blinded study for evaluation of inter-observer reliability. **Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery**, 131: 377-381. 2011.

STEPNIK, M. W.; RADTKE, C. L.; SCOLLAY, M. C. et al. Scanning electron microscopic examination of third metacarpal/metatarsal bone failure surfaces in Thoroughbred racehorses with condylar fractures. **Vet Surg**, 33: 2-10. 2004.

SUTTON, S.; CLUTTERBUCK, A.; HARRIS, P.; GENT, T.; FREEMAN, S.; FOSTER, N.; BARRET-JOLLEY, R.; MOBASHERI, A. The contribution of the synovium, synovial derived inflammatory cytokines and neuropeptides to the pathogenesis of osteoarthritis. **The Veterinary Journal**, v. 179, p. 10-24. 2009.

TOMLINSON, J. E.; REDDING, W. R.; SAGE, A. M. Ultrasonographic evaluation of tarsocrural joint cartilage in normal adult horses. **Vet. Rad.**, v. 41, p. 457-460. 2000.

TUCKER, R. L. and SANDE, R. D. Computed tomography and magnetic resonance imaging in equine musculoskeletal conditions. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, 17: 145-157. 2001.

VANDERPERREN K.; MARTENS A.; HAERS H.; DUCHATEAU L.; SAUNDERS J.H. Arthroscopic visualisation of the third metacarpal and metatarsal condyles in the horse. **Equine Veterinary Journal**, 41: 526-533. 2009.

VANDERPERREN K., GIELEN, I.; VAN CAELENBERG, A.; VAN DER VEKENS, E.; RAES, E. V.; HAUSPIE, S.; VAN BREE, H.; SAUNDERS, J. H.

Ultrasonographic appearance of bony abnormalities at the dorsal aspect of the fetlock joint in geriatric cadaver horse. **Equine Veterinary Journal**, 193: 129-134. 2012.

VAN WEEREN, P. R. Etiology, diagnosis and treatment of OCD. **Clinical Techniques in Equine Practice**, v. 5, p. 248-258. 2006.

VEIGA, A. C. R. Estudo retrospectivo de casuística, abrangendo metodologia diagnóstica da osteoartrite em equinos. **Dissertação (Mestrado em Clínica Veterinária)**, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 80f. 2006.

VIEIRA, A. L. S. Morfologia da formação e crescimento ósseo e osteocondrose. **Monografia (Especialização em Residência Médico Veterinária)** – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 42f. 2010.

VIEIRA, N. T.; MELO, E. G.; REZENDE, C. M. F.; GOMES, M. G.; CALDEIRA, F. M. C.; JESUS, M. C. Efeitos dos glicosaminoglicanos e sulfato de condroitina A sobre a cartilagem articular normal e com doença articular degenerativa em cães. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.62, n.5, p.1117-1127. 2010.

WATKINS, J. P. Osteochondrosis. In: AUER, J. **Equine Surgery**, 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders, p. 765-778. 1999.

WEIGEL, J. P.; ARNOLD, G.; HICKS, D. A.; MILLIS, D. L. Biomechanics of rehabilitation. **Veterinary Clinics Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 35, n. 1, p. 1255-1285. 2005.

WIDMER, W. R.; BLEVINS, W. E. Radiographic evaluation of degenerative joint disease in horses: interpretative principles. **The Compendium of Continuing Education**, v. 16, n. 7, p. 907-918. 1994.

WOLFF, J. et al. The law of bone remodeling. (**Das Gesetz der Transformation der Knochen**, Hirschwald, 1892). Translated by Maquet P, Furlong R. Berlin, Springer. 1986.

WRIGLEY, R. H. Diagnóstico por imagem. Parte II. Ultrassonografia de tendões, ligamentos e articulações. In: STASHAK, T. S. **Claudicação em equinos segundo Adams**. 5 ed. São Paulo: Roca, p. 278-310. 2006.

YOUNG, B. D.; SAMII, V. F.; MATOON, J. S. et al. Subchondral bone density and cartilage degeneration patterns in osteoarthritic metacarpal condyles of horses. **Am J Vet Res**, 68: 841-9. 2007.

YTREHUS, B.; CARLSON, C. S.; EKMAN, S. Etiology and Pathogenesis of osteochondrosis. **Veterinary Pathology**, v. 44, n. 4, p. 429-448. 2007.