

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária

ESTUDO IMAGENOLÓGICO E ANATÔMICO MACROSCÓPICO
SECCIONAL DO LIGAMENTO CONDRORONAL DE EQUINOS

Rossi De Carvalho Ribeiro

Botucatu/SP
Dezembro/2019

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária

ESTUDO IMAGENOLÓGICO E ANATÔMICO MACROSCÓPICO SECCIONAL DO LIGAMENTO CONDRORONAL DE EQUINOS

Rossi De Carvalho Ribeiro

Dissertação apresentada junto ao
Programa de Pós-Graduação em
Biotecnologia Animal da Faculdade de
Medicina Veterinária e Zootecnia, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, para obtenção do título
de Mestre.

Orientadora: Profa. Associada Vânia Maria de Vasconcelos Machado

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Ribeiro, Rossi De Carvalho.

Estudo imagenológico e anatômico macroscópico seccional
do ligamento condrocoronal de equinos / Rossi De Carvalho
Ribeiro. - Botucatu, 2020

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

Orientador: Vânia Maria Vasconcelos Machado

Capes: 50501038

1. Ligamentos. 2. Ressonância magnética. 3.
Ultrassonografia. 4. Anatomia. 5. Equino.

Palavras-chave: anatomia; equino; ligamento; ressonancia
magnética; ultrassonografia.

Nome do Autor: Rossi De Carvalho Ribeiro

Título: ESTUDO IMAGENOLÓGICO E ANATÔMICO MACROSCÓPICO
SECCIONAL DO LIGAMENTO CONDRORONAL DE EQUINOS

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Associada Vânia Maria de Vasconcelos Machado

Presidente e Orientadora

Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária – FMVZ – UNESP
– Botucatu

Prof^o. Dr. André Luis Filadelpho

Departamento de Anatomia IBB - UNESP – Botucatu

Prof^a. Associada Ana Liz Garcia Alves

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária – FMVZ – UNESP –
Botucatu

Data da defesa: 12 de dezembro de 2019.

DEDICATÓRIA

Aos cavalos e a ciência, como retribuição ao homem que me tornei.

À minha esposa Fernanda e nossa filha Lara, propósitos de todo meu aprimoramento.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo - Deus.

Aos meus estimados pais, Sebastião e Marília, que continuam me ensinando como é a vida.

Meus irmãos Fabrini, Tércia e Sabrina.

À minha orientadora Profa. Dra. Vânia Maria de Vasconcelos Machado, pessoa de dedicação eximia à ciência e seus orientados, sem nunca medir esforços para ajudar.

Ao Prof. Dr. André Luís Filadelpho e Prof. Dr. Alessandre Hataka, pela acolhida e por grandes ensinamentos em favor da ciência.

À Jessica Fogaça e ao Michel Vettoratto dois nobres colegas que têm esmero na produção científica e que carinhosamente me ajudaram a fazer ciência.

Ao colega Ricardo Moraes (Kako) pelos produtivos diálogos e ensinamentos sobre podiatria.

Ao André Carrascoza e Marco Aurélio Gallo.

Ao Heraldo, tecnólogo do departamento de radiologia, excelente profissional das modalidades diagnósticas que muito contribuiu para este estudo.

Aos colegas pós-graduandos, residentes e funcionários do departamento de radiologia da FMVZ-Unesp.

Ao Equicenter Hospital Veterinário, nas pessoas do Paccola, Marta, Gabriel, Rafael e Pedro por fornecer as peças anatômicas deste estudo.

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

LISTA DE ABREVIATÖES

AIFD	Articulação Interfalangeana distal
AIFP	Articulação Interfalangeana proximal
F1	1ª Falange
F2	2ª Falange
F3	3ª Falange
Mhz	Megahertz
mm	Milímetro
cm	Centímetro
cm²	Centímetro quadrado
ROI	Região de interesse
DICOM	Diagnostic Image Communication In Medicine
Kv	Kilovolts
mAs	Milimperes por segundo
Low field	Baixo campo magnético
HEC	Histograma em Escala de Cinza
LC	Ligamento Colateral
LCCo	Ligamento Condrocoronal
RM	Ressonância Magnética
RX	Raios-X
T	Tesla
TC	Tomografia Computadorizada
TEDC	Tendão extensor digital comum
TFDS	Tendão flexor digital superficial
TFDP	Tendão flexor digital profundo
US	Ultrassonografia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração dos ligamentos da cartilagem ungular. Fonte: Adaptado de hoofexplorer.com.....10

Figura 2: Plano dorsolateral da extremidade distal. 1: segunda falange; 2: terceira falange; 3: osso sesamóide distal; 4: ligamento colateral da AIFD; 5: cartilagem ungular; 6: ligamento condrocoronal (adaptado de Denoix et al., 2011)..... 13

Figura 3: Posicionamento da peça anatômica em relação ao isocentro do campo magnético ilustrando o efeito do ângulo mágico.....25

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	3
1 - Introdução.....	4
2 - Revisão da literatura.....	7
2.1 - Anatomia do Dígito.....	7
2.1.1 - Ligamentos da cartilagem ungular	10
2.1.2 - Ligamento Condrocoronal.....	12
2.2 - Avaliação do dígito de equinos.....	14
2.2.1 - Raios-X.....	16
2.2.2 - Ultrassonografia.....	18
2.2.3 - Tomografia Computadorizada.....	21
2.2.4 - Ressonância Magnética.....	22
2.3 - Histograma em escala de cinza.....	26
2.4 – Diagnóstico por imagem e estudo de espécimes.....	27
Referências.....	30
 CAPÍTULO 2	 40
Estudo imagenológico e anatômico macroscópico seccional do ligamento condrocoronal de equinos.....	41
 CAPÍTULO 3.....	 88
Avaliação dos ligamentos condrocoronal e colateral de equinos por histograma em escala de cinza em técnicas de diagnóstico por imagem....	89
Anexos.....	118
Fabricantes.....	119

RIBEIRO, R. **Estudo imagenológico e anatômico macroscópico seccional do ligamento condrocoronal de equinos**. Botucatu, 2019. p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

Os ligamentos do dígito equino são importantes para a estabilidade articular e são susceptíveis a lesões como desmites e rupturas. Assim, aos ligamentos colaterais (LCs) da articulação interfalangeana distal (AIFD) são atribuídos muitos destes diagnósticos. Intimamente relacionado ao LC está o ligamento condrocoronal (LCCo), que deve ser diferenciado como estrutura anatômica e quanto as suas implicações clínicas. Considerando se a importância do ligamento condrocoronal este estudo teve como objetivo descrever aspectos anatômicos do LCCo hígado assim como parâmetros de referência, relações topográficas, orientação e composição das fibras e sua relação com o LC. Foram realizados exames de ressonância magnética (RM), ultrassonografia (US), tomografia computadorizada (TC) e raios-x (Rx) para avaliação do ligamento condrocoronal e colateral em vinte peças anatômicas dos membros torácicos de equinos. Adicionalmente, realizou-se a aplicação do histograma em escala de cinza (HEC) e estudo anatômico macroscópico seccional. Na avaliação ultrassonográfica observou-se ecogenicidade isoecogênica do LCCo medindo aproximadamente 1,52mm de espessura no plano longitudinal. Ao exame de RM 0.3 T o LCCo apresentou hipointensidade de sinal nas sequências T1 e T2 axial em topografia de inserção na segunda falange. Os resultados do HEC mostraram diferença entre os ligamentos LCCo e LC no US, na sequências T1 e T2 da RM e em janela de tecidos moles da TC. No estudo anatômico seccional foi possível evidenciar a distinção do LCCo em topografia dorsolateral em relação ao LC no corte transversal. A avaliação anatômica seccional, o exame US e RM permitiram identificar a distinção e relação do ligamento condrocoronal e colateral. O estudo ultrassonográfico possibilitou o desenvolvimento de protocolos inéditos de avaliação do LCCo utilizando-se a abordagem dorsal do bordo coronário.

Palavras-Chave: ligamento, ressonância magnética, ultrassonografia, anatomia, equino

RIBEIRO, R. **Diagnostic imaging and cross-sectional anatomy study of the chondrocoronal ligament in horses**. Botucatu, 2019. p. Thesis (Master Science) - Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Botucatu Campus, São Paulo State University.

ABSTRACT

Equine digit ligaments are important for joint stability, however are susceptible to injuries and ruptures. Thus, the collateral ligaments (CL) of the distal interphalangeal joint (AIFD) are attributed many of these diagnoses. Closely related to CL is the chondrocoronal ligament (CCoL), which should be differentiated as anatomical structure and its clinical implications. Considering if the importance of the chondrocoronal ligament this study aimed to describe anatomical aspects of the CCoL, as well as reference parameters, topographic relations, orientation and composition of the fibers and their relationship with the CL. Magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound (US), computed tomography (CT) and x-ray (Rx) were performed to evaluate the chondrocoronal and collateral ligament in twenty anatomical parts of the thoracic limbs of horses. Additionally, the gray-scale histogram (GSH) was applied and sectional macroscopic anatomical study. The ultrasonographic evaluation showed isoecogenic echogenicity of the CCoL measuring approximately 1.52mm thick in the longitudinal plane. On MRI 0.3 T examination, the chondrocoronal ligament presented signal hypersensitivity in T1 and T2 axial sequences in origin of the second phalanx. GSH results showed differences between CCoL and CL in US, MRI T1 and T2 sequences and CT soft tissue window. In the cross-sectional anatomical study it was possible to highlight the distinction of the CCoL and dorsolateral topography in relation to the CL in the cross section. The cross-sectional anatomical evaluation, the US and MRI allowed to identify the distinction and relationship of the chondrocoronal and collateral ligament. The ultrasound study allowed the development of unprecedented protocols for evaluation of the chondrocoronal ligament using the dorsal approach of the coronary border.

Keywords: ligament, magnetic resonance, ultrasound, anatomy, horse

CAPÍTULO 1

1- INTRODUÇÃO

O cavalo, nas ultimas décadas, apresentava maior empregabilidade no trabalho em fazendas, e conseqüentemente, novas tecnologias e aquisição de conhecimentos para manutenção de sua saúde não eram muito aplicados, pois mesmo sendo de importância para o labor, seu custo ainda estava aquém do investimento médico necessário. Com o passar dos anos o cavalo ganhou importância econômica por meio do esporte na sociedade contemporânea. Investir em pesquisa zootécnica, nutricional, clínica e técnicas diagnósticas se tornaram uma necessidade. As competições evoluíram e a medicina esportiva tornou-se de fundamental importância para manter estes cavalos em condições atléticas diferenciadas.

As modalidades esportivas exigem esforços destes animais atletas capazes de produzir inúmeras lesões que comprometem seu desempenho. O aparelho locomotor é o principal sistema acometido, e nas extremidades distais dos membros concentram-se a maioria destas afecções. Um grande desafio é determinar a causa exata de dor nas extremidades distais dos membros dos equinos, considerada a mais frequente localização de lesões responsáveis por claudicações.

Estudos constantes para obtenção de conhecimento e acesso a novas tecnologias de diagnóstico tem permitido a abordagem precoce e inovadora das enfermidades e tratamentos. Os tendões e ligamentos, devido às particularidades de sua composição histológica, fisiologia, biomecânica e sua limitada capacidade de cicatrização e regeneração são as estruturas mais frequentemente avaliadas.

Gaschen; Burga (2012) recomendam uma associação de múltiplas modalidades de imagem para obter uma avaliação precisa da lesão musculoesquelética em cavalos.

Dentre as modalidades de diagnóstico por imagem, a ressonância magnética é o exame de maior retorno diagnóstico para avaliação de tecidos moles da extremidade distal do dígito.

Segundo Ruohoniemi et al. (2004) as cartilagens ungulares são conectadas por pequenos ligamentos a outras estruturas, assim como, a ranilha, falanges e osso navicular. Estes ligamentos incluem o condroungular, condrocoronal, condrocompedal e condrosesamóideos. Entretanto lesões destes ligamentos não têm sido bem descritas.

Lesões de ligamentos e tendão flexor digital profundo (TFDP) são frequentemente consideradas no diagnóstico diferencial para enfermidades do dígito sem achados radiográficos. Porém, o diagnóstico definitivo pode ser possível com a ultrassonografia (US) e ressonância magnética (RM).

Lesões dos ligamentos colaterais (LC) foram reportadas na literatura, porém lesões de outros ligamentos do dígito podem induzir claudicação e serem confundidas com uma artropatia da articulação interfalangeana distal (AIFD) ou uma síndrome podotrocLEAR (DENOIX, et al, 2009).

Segundo Murray (2011) há uma íntima relação entre o ligamento colateral da AIFD e o ligamento condrocoronal, pois transcorre abaxialmente e dorsalmente ao ligamento colateral.

Esta íntima relação anatômica entre o LCs da AIFD e os ligamentos condrocoronais fez com que diferenciações e detalhamentos não fossem permitidos até a utilização de avançados equipamentos de US e RM. Contudo, apesar dessas novas técnicas de imagem ainda se faz necessário à descrição de referências anatômicas, morfológicas e morfométricas para os ligamentos condrocoronais que possam auxiliar no diagnóstico diferencial dos ligamentos colaterais e outros ligamentos.

Diante da escassez de parâmetros anatômicos e imagenológicos para o ligamento condrocoronal o presente estudo teve como objetivo descrever suas características anatômicas, morfológicas e morfométricas utilizando-se a avaliação anatômica macroscópica seccional associada com as técnicas de diagnóstico por imagem como ultrassonografia (US), ressonância magnética

(RM), tomografia computadorizada (CT), raios-x (Rx) e Histograma em escala de cinza (HEC).

Os resultados encontrados demonstram que o estudo anatômico macroscópico seccional, o histograma em escala de cinza (HEC) e o exame de ressonância magnética possibilitam a distinção e relação dos ligamentos condrocoronal e colateral. O exame ultrassonográfico pode ser considerado uma ferramenta de grande aplicabilidade para avaliação do ligamento condrocoronal e colateral, podendo contribuir no diagnóstico das enfermidades dos dígitos em equinos.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1- Anatomia do Dígito

O cavalo ungulado (um único dígito) é suportado pelo seu terceiro dígito. A extremidade distal (dígito) tem como base óssea a 1ª falange (F1), 2ª falange (F2) a 3ª falange (F3) e o osso sesamóide, também chamado de navicular. Além destas estruturas ósseas há duas cartilagens colaterais (ungulares), uma lateral e uma medial, suportadas pelos processos palmares da F3 (SISSON; GROSSMAN, 1986). Seus bordos proximais prendem-se as falanges e ao navicular por ligamentos e estendem-se acima da margem casco o suficiente para serem palpáveis (BUDRAS et al., 2008).

O casco, úngula, composto de tecido queratinizado, recobre e protege o dígito que incluem estruturas como a F3, cartilagens ungulares, articulação interfalangeana distal, osso navicular, tendões, ligamentos, vasos sanguíneos e nervos (BUDRAS et al., 2008).

As articulações são classificadas como do tipo gínglimo. Há a articulação interfalangeana proximal (AIFP) formada pela F1 e F2, a articulação interfalangeana distal (AIFD) formada pela F2, F3 e o osso navicular (SISSON; GROSSMAN, 1986). Sendo esta última a que mais interessa a este estudo.

Existem três tendões associados à extremidade distal, dois deles com inserção na terceira falange. O tendão extensor digital comum (TEDC) insere-se no processo extensor da F3, na face dorsoproximal desta, e o tendão flexor digital profundo (TFDP) insere-se na face palmar da F3. O tendão flexor digital superficial (TFDS) se insere na F2 (SISSON; GROSSMAN, 1986).

O tendão flexor digital profundo, antes da sua inserção, tem uma relação muito próxima com o osso navicular. Existe a este nível uma bolsa sinovial denominada bursa do navicular que tem como função proteger o tendão do atrito e de pressões excessivas (DYCE et al., 2004).

Os LCs (medial e lateral) da AIFD são estruturas fortes e curtas, localizadas simetricamente nas faces dorsomedial e dorsolateral da articulação (BARONE, 2000). Estes ligamentos têm uma orientação distopalmar oblíqua em relação ao eixo das falanges. Ambos têm origem na respectiva fossa colateral da F2 e inserem-se na sua fossa colateral da F3. Estão em continuidade dorsalmente com o tendão extensor digital comum e palmarmente com a face dorsal da cartilagem colateral correspondente. A sua porção proximal está revestida pelo bordo coronário, enquanto a porção distal (metade) está incluída no casco (DENOIX, 2000). A sua função é suportar a AIFD nos seus movimentos nos planos sagital, frontal e transversal (DENOIX, 1999).

A distinção entre tendões e ligamentos é maioritariamente anatômica, em que genericamente os tendões unem o músculo ao osso enquanto os ligamentos unem osso com osso. Embora esta divisão seja feita, diversos estudos revelaram que a biomecânica, a estrutura e a matriz constituinte de ambos são parecidas, porém distintas (HINCHCLIFF et al., 2014). Consistem feixes paralelos de tecido conjuntivo denso, sendo o colágeno tipo I o principal constituinte formando a fibra primária (LINDA, 2004), que apresentam um arranjo específico, não só lhes conferindo força e resistência sob carga, como também elasticidade, sendo estas as suas propriedades mecânicas fundamentais (HINCHCLIFF et al., 2014).

Todo este colágeno compõe 80% da matéria seca da matriz extracelular, sendo que os restantes 20% são compostos por proteínas não colagênicas que desempenham um papel importante na organização das fibras de colágeno, na remodelação da matriz e ainda como marcadores moleculares em lesões tendinosas (COLAHAN et al., 1999).

Segundo Dahlgren (2007) existem diferenças na estrutura dos tendões e ligamentos em relação às fibras de colágeno, pois nos tendões essas fibras estão dispostas em um padrão predominante paralelo, enquanto que nos ligamentos essas fibras são organizadas de forma mais aleatória e com ligações cruzadas. Observaram também diferença na quantidade total de

colágeno do tipo I, pois os ligamentos apresentam 85% e os tendões 95% de colágeno tipo I.

Os ligamentos periarticulares embora tenham composição similar aos tendões são anatomicamente mais complexos, contendo múltiplos feixes de fibras frequentemente em espiral, estando tensos ou relaxados de acordo com a posição da articulação. Além de sustentarem a articulação, os ligamentos fornecem informação proprioceptiva. A cápsula articular funciona de maneira semelhante aos ligamentos periarticulares, sendo frequentemente considerada funcionalmente ela própria um ligamento (HINCHCLIFF et al., 2014).

2.1.1 - Ligamentos da cartilagem ungular

As cartilagens ungulares da falange distal estão ligadas a estruturas envolventes como o coxim digital, as falanges F1, F2 e F3 e ao osso navicular, por múltiplos pequenos ligamentos (Figura 1) que lhes conferem suporte e ajudam a equalizar as forças concussivas a que estão sujeitas (RUOHONIEMI et al., 1997, 2004; DYSON; NAGY, 2011).



Figura 1: Ilustração dos ligamentos da cartilagem ungular. Fonte: hoofexplorer.com

Estes ligamentos são também responsáveis pela transmissão de energia às estruturas envolventes (DYSON et al., 2010). Entre eles incluem-se o ligamento condrocoronal, condrocompedal, condrotendinoso, condroungular, e condrosesamóide (RUOHONIEMI et al., 1997b; MAIR; SHERLOCK, 2008; DYSON et al., 2010; DYSON; NAGY, 2011). Fundem-se suavemente com as

cartilagens ungulares, estabilizando-as (MURRAY, 2002; ADAMS; STASHAK'S, 2011; DYSON; NAGY, 2011).

Segundo Ruohoniemi et al. (1997b) os pontos de inserção destes ligamentos são variáveis de um equino para outro e parecem ser responsáveis pela sua forma.

O ligamento condrocompedal consiste numa banda elástica pouco definida, estende-se desde a porção distal F1 até ao bordo palmaroproximal da cartilagem, e dá origem a um ramo para o coxim digital (RUOHONIEMI et al., 1997b; ADAMS; STASHAKS, 2011).

O ligamento condrotendinoso estende-se desde o aspecto dorsal da cartilagem até ao processo extensor da F3 (RUOHONIEMI et al., 1997b; DYSON et al., 2010, ADAMS; STASHAKS, 2011).

O ligamento condrosesamóide é uma extensão do ligamento colateral sesamóide, e liga o osso sesamóide distal (navicular) à porção axial da cartilagem (RUOHONIEMI et al., 1997b; ADAMS; STASHAKS, 2011).

O ligamento condroungular é constituído por múltiplas fibras curtas que ligam o bordo abaxial distal da cartilagem ao ângulo da falange distal, ao longo dos processos palmares e face articular ipsilateral (RUOHONIEMI et al., 1997b; DYSON et al., 2010; ADAMS; STASHAKS, 2011). Existem também dois ligamentos condroungulares cruzados que unem a face axial da cartilagem ao processo palmar do lado oposto (RUOHONIEMI et al., 1997b; ADAMS; STASHAKS, 2011).

O ligamento condrocoronal conecta a parte dorsal da cartilagem á face dorsolateral/dorsomedial da F2 e suas fibras unem-se parcialmente ao LC (RUOHONIEMI et al., 1997b; ADAMS; STASHAKS, 2011).

Para Verschooten et al. (1996) as cartilagens ungulares têm ligação ao tendão extensor e tendão flexor profundo.

2.1.2- Ligamento Condrocoronal

Sisson (1914) descreveu uma banda curta e forte que conecta a extremidade anterior da cartilagem com a eminência rugosa da F2 em frente da fixação do LC da AIFD.

Schwarze em 1970 descreveu, sem denominação, um ligamento da cartilagem ungular que se une ao osso F2, estendendo desde a extremidade anterior e proximal da cartilagem até a borda lateral da F2 onde se confunde com o LC da AIFD.

O ligamento condrocoronal, também é conhecido como ligamento Chondrocoronalia (Nomina Anatômica Veterinaria, 1973).

Henry Heymenrig (2019) sugeriu que o LCCo poderia ser considerado um mecanismo adicional de sustentação de peso do equino, pois transferia a maior parte do peso para os talões. O LCCo parecia ser quase tão grande quanto o dedo mínimo. Portanto, parecia ser bastante substancial e poderia ser capaz de suportar tanto peso quanto o corpo. E este seria um mecanismo adicional necessário ao suporte de peso corporal. A teoria tradicional de que F3 fosse o único responsável pela transferência de peso da F2 para a parede do casco era incompleta. Deveria haver um ou mais mecanismos adicionais para contabilizar adequadamente a sustentação de peso nos talões do casco. O osso navicular parecia ser incapaz de suportar muito peso através de suas ligações ligamentares finas às cartilagens ungulares. O coxim digital, agindo como uma almofada de amortecimento poderia suportar um pouco de peso; no entanto, o osso navicular não mostrava a substância que se esperaria de um osso que suporta peso. Os ligamentos suspensores naviculares (também chamados de ligamento colateral do osso navicular), parte dos quais se liga às cartilagens ungulares, também poderiam suportar parte do peso corporal. Os LCCos pareciam estar em posição e fortes o suficiente para transferir o peso corporal através das cartilagens ungulares, até os talões do casco. Assim os LCCos poderiam muito bem explicar fenômenos conhecidos de sustentação

normal e anormal do peso do casco que a teoria tradicional não poderia explicar. E sugeriu novos trabalhos para essa comprovação.

O ligamento condrocoronal é caracterizado como proeminente e curto ligamento fibroso, e estende-se desde a porção dorsal da cartilagem ungular até os bordos dorsolaterais/mediais da F2 (RUOHONIEMI et al., 1997b; ADAMS & STASHAKS, 2011), dorsalmente à inserção do LC da AIFD (SISSON & GROISSMAN, 2008).

Os ligamentos condrocoronais fazem a ligação entre o bordo dorsal das cartilagens colaterais e a porção dorsal dos ligamentos colaterais correspondentes da AIFD (Figura 2) (DENOIX et al., 2011).

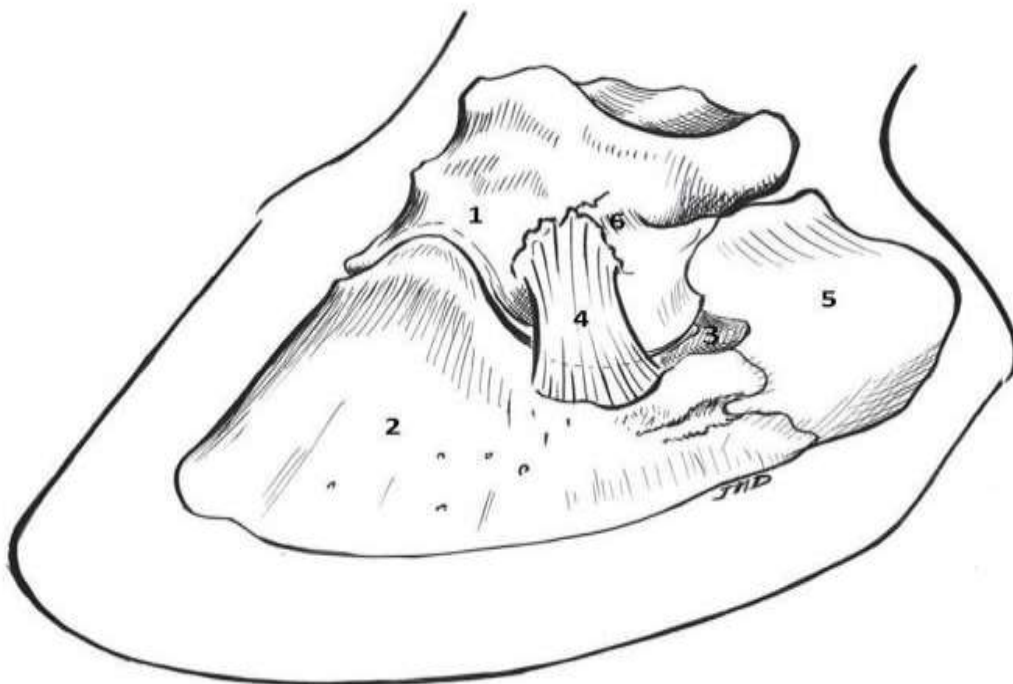


Figura 2: Plano dorsolateral da extremidade distal. 1: segunda falange; 2: terceira falange; 3: osso sesamóide distal; 4: ligamento colateral da AIFD; 5: cartilagem ungular; 6: ligamento condrocoronal (Denoix et al., 2011).

2.2 – Avaliação do dígito de equinos

Segundo Denoix et al. (2009) em avaliações por US e RM foram encontradas no exame da região coronária lesões em ligamentos relacionados com a AIFD. Estas lesões envolveram além dos ligamentos colaterais, o ligamento condrocoronal, entre a cartilagem ungular e a F2 e o ligamento condrocompedal, entre a cartilagem ungular e a F1.

De acordo com Mair e Sherlock (2008), a lesão de um ou mais LCs da AIFD é comum em cavalos que apresentam claudicação e ossificação das cartilagens ungulares. Em 15 cavalos observados com claudicação de membro torácico e cartilagens ungulares ossificadas, 9 (60%) foram diagnosticados com desmite concomitante do ligamento colateral. O significado desta alteração não está estabelecido quanto a correlação das desmites dos ligamentos colaterais como causa ou consequência da ossificação das cartilagens, ou quanto a ocorrência coincidente.

Acredita-se ocorrer associação da tensão nos ligamentos conectados à cartilagem e isto pode predispor a ossificação e a tensão no LC da AIFD. Considerando-se que uma das funções das cartilagens é dissipar energia, uma cartilagem ossificada unilateralmente pode alterar a dissipação normal de energia, predispondo a ocorrência de lesões em outras estruturas dentro do casco (NAGY et al., 2007).

A ossificação de uma ou ambas as cartilagens do membro pode provocar alterações no apoio do casco no solo, na distribuição de peso e na tensão dos ligamentos colaterais, podendo conduzir a desmite dos mesmos. A causa de ossificação de cartilagens ungulares é desconhecida, contudo pode ser associada a fatores hereditários, forças de impacto, tensão dos ligamentos que se ligam às cartilagens, mau aprumo do membro e casco, ou ainda a erros de ferrageamento (RUOHONIEMI et al., 1993).

Segundo Dyson (2013) há íntima relação entre as cartilagens ungulares e os LCs da AIFD, assim como há importante associação entre a ossificação das cartilagens e as lesões dos LCs.

A superfície axial de uma cartilagem extensivamente ossificada ou fraturada pode envolver a superfície abaxial dos LCs durante a flexão e extensão da AIFD (DENOIX et al., 1999).

As cartilagens ungulares são conectadas por pequenos ligamentos a estruturas como a ranilha, falanges e o osso navicular (RUOHONIEMI et al., 2004). O aumento da tensão destes ligamentos já foi sugerido como parcialmente responsável pelo processo de ossificação das cartilagens. O ligamento condrocoronal liga o aspecto axial de cada cartilagem a F2 e o ligamento condroungular conecta o aspecto distal da cartilagem com o processo palmar da F3 de mesmo lado. Estas conexões ligamentosas podem ser responsáveis pela transmissão de energia, que resultam em lesões da F3 em associação com a extensiva ossificação (RUOHONIEMI et al., 2004).

Dyson e Murray (2010) em avaliações de RM descreveram que além das lesões encontradas nos LCs da AIFD, lesões dos ligamentos condrocoronais e/ou condrosesamóideos foram caracterizadas pelo aumento de tamanho, perda das margens e aumento da intensidade de sinal em imagens na sequência *fat-suppressed*. Observaram também evidência de reações entesofíticas na origem das cartilagens ungulares, as quais foram visibilizadas como aumento de intensidade de sinal em imagens na sequência *fat-suppressed* e irregularidades no córtex axial.

Reações endosteal e periosteal também foram relatadas na ligação dos LCCos na F2. Essas lesões podem ser observadas com ou sem ossificação das cartilagens ungulares (DYSON, 2013).

Segundo Dyson e Murray (2010) na avaliação de 78 cavalos, os quais apresentavam ossificação das cartilagens ungulares, e foram examinados por RM de alto campo (1.5T) e baixo campo magnético (0.27T) observaram que lesões dos LCCos e condrosesamóideos apresentaram um discreto aumento focal do sinal de intensidade em imagem *Short Tau Inversion Recovery* (STIR) na sua origem na cartilagem.

Biggi e Dyson (2012) avaliaram os cascos dos membros pélvicos de 35 cavalos por RM de alto campo (1,5T) e baixo campo magnético (0,27T) e

observaram lesões nos ligamentos LCs e/ou LCCos em 5 (14,3%) dos membros avaliados, sem distinção entre os ligamentos. Relataram também que lesões dos ligamentos LCs foram identificadas com menor frequência nos membros pélvicos quando comparadas aos membros torácicos.

Davies e Philip (2007) examinaram espécimes e concluíram que os LCCos são delgados, com característica laminar, quando comparado com o LC que apresenta o alinhamento de fibras de colágeno bem mais evidentes. Observaram também que os LCCos localizam-se dorsolateralmente e são contínuos aos anexos fasciais da cartilagem ao osso navicular. Descreveram que pequena porção de filamentos de colágeno ligam a cartilagem diretamente a F2 e, portanto, pode ser descrito com precisão como LCCos. Descrições e nomes inconsistentes desses ligamentos na literatura anatômica podem ser devidos as diferentes rotas de dissecação usadas para investiga-los, ou possivelmente a diferenças anatômicas entre diferentes tipos ou raças de cavalos.

2.2.1- Raios-X

A radiografia é somente um reflexo do estado dos tecidos na fração de segundo em que foi radiografado, porém, há vários aspectos radiográficos que sugerem um acontecimento do passado que deixou a sua “marca”, mas que já não têm significado clínico. Por exemplo, a formação de entesófito na área de inserção de ligamento no osso pode ser indicativa de stress que o ligamento sofreu em algum período passado (BUTLER et al., 2000).

A radiologia digital possibilita melhor diferenciação dos componentes anatômicos da área examinada, pois permite manipular os parâmetros relativos à densidade e ao contraste. Além disso, facilita a comunicação com o cliente e com outros médicos veterinários proporcionando a difusão e troca de informações relativas ao diagnóstico do paciente (DENOIX et al., 2001).

As técnicas radiológicas estão em evolução permanente, assim, equipamentos cada vez mais sofisticados estão disponíveis e permitem qualidade de diagnóstico superior. Contudo a radiografia apresenta algumas limitações para diferenciar tecidos moles de igual densidade radiográfica (ADAMS; STASKAK'S, 2011).

Em relação a lesões do LC a radiografia normalmente é útil em casos graves com envolvimento ósseo, por exemplo, por arrancamento de fragmento ósseo da F2 ou da F3, quando existe formação de entesófitos, ou ainda na presença de radiotransparência nas zonas de origem ou inserção dos ligamentos. Mas na maioria dos casos de desmiste do LC da AIFD, não apresentam alterações radiográficas (TROPE; WHITTON, 2009).

No estudo efetuado por Dyson et al. (2004), 16 (89%) dos 18 cavalos com desmiste do LC da AIFD não apresentaram quaisquer alterações radiográficas da AIFD.

Segundo Turner e Sage (2002) a alteração radiográfica mais comum (11 de 22 casos) foi discreta osteólise ou irregularidade óssea na zona de inserção dos LCs na F3.

No estudo radiográfico de 289 cavalos com diagnóstico de desmiste do LC da AIFD, a alteração mais comum foi entesofitose na origem do ligamento na F2, estando presente em apenas 15 cavalos (5%) (DAKIN et al., 2009).

Mesmo sem a presença de sinais radiográficos, a desmiste do LC da AIFD deve ser considerada como causa importante de claudicação, especialmente dos membros torácicos (DYSON; MURRAY, 2004).

Jones e Dyson (2012) em um estudo com 386 cascos radiografados de 271 cavalos constataram uma associação significativa entre cartilagens ungulares ossificadas e modelamento, mudanças adaptativas ou ambas.

Dyson e Murray (2010) relataram associação entre ossificação das cartilagens ungulares e lesão dos LCs da AIFD.

Acredita-se que as cartilagens ungulares contribuam para a dissipação de energia da concussão (BOWKER, 1998). O motivo da ossificação foi debatido e sugestões como fatores genéticos, desequilíbrio mediolateral do

casco, concussão e conformação foram relevantes (RUOHONIEMI et al., 1993).

2.2.2- Ultrassonografia

Vários trabalhos sugerem que a RM é o procedimento de imagem mais útil para avaliar tecidos moles do casco (DYSON et al., 2004). Infelizmente, essa técnica é cara e ainda não está disponível em muitos lugares. Por outro lado, a ultrassonografia representa uma técnica fácil, e confiável para avaliar anormalidades dos tecidos moles e distúrbios sinoviais.

A técnica de US, uma modalidade segura e não invasiva, pode ser complementar à RM: realizada previamente, como ferramenta de triagem, permitindo selecionar sequências RM e planos de seção para avaliar cuidadosamente os tecidos moles (DENOIX et al., 2011).

Denoix et al. (2011) descreveram que o exame ultrassonográfico é um procedimento de rotina para identificar e documentar lesões articulares em equinos.

Segundo Denoix (1996) e Dyson (2004) as lesões dos ligamentos colaterais do boleto e extremidade distal do dígito necessitam maior abordagem. Entretanto falta uma descrição detalhada da técnica e da aparência normal dos ligamentos na seção transversal e longitudinal (DENOIX et al., 2011).

Estas lesões podem ser diagnosticadas por diferentes modalidades de imagem como Rx, US, TC e RM. Na prática, uma grande quantidade destas lesões pode ser diagnosticada utilizando a técnica de ultrassonografia (DENOIX; CHÂTEAU, 2005).

Na avaliação das estruturas tendíneas e ligamentares recomenda-se a utilização de transdutores lineares, preferencialmente de 7,5 MHz, pois uma frequência elevada proporciona melhor resolução axial e lateral, fato que é

explicado pelo tamanho reduzido dos cristais que compõem a probe, e que, portanto vão permitir melhor foco dos tendões e dos ligamentos. O uso do “*pad*”, muitas vezes necessário na avaliação dos tendões e ligamentos, permite aumentar a distância entre o transdutor e a superfície da pele, colocando estas estruturas numa zona de melhor acesso visual e diminuindo os artefatos que possam eventualmente surgir (ROSE; HODGSON, 2000).

O exame ultrassonográfico dos LCs da AIFD deve ser realizado com transdutores linear de 7.5 a 10MHz. Em alguns casos pode ser utilizado transdutor convexo ou microconvexo de 6 a 7.5MHz para observar os ligamentos mais distalmente dentro do casco (DENOIX et al., 2011).

Na avaliação dos tecidos moles da região coronariana, recomenda-se tricotomia de 2 a 3 cm proximalmente à parede do casco. A pele e o perióplo, que representam boa janela acústica, devem ser limpos com água morna e gel acústico e aplicado a pele, perióplo e probe (DENOIX et al., 2009, 2011).

Inicialmente, a ultrassonografia é realizada com apoio quadrupedal. Por razões ergonômicas e para facilitar o acesso ao espaço entre a parede do casco e a F2, imagens complementares são realizadas rotineiramente com o membro elevado. O membro é colocado nos joelhos do operador, resultando em uma leve flexão do AIFD (DENOIX et al., 2011).

Para avaliação dos LCs, cada ligamento é observado em plano longitudinal e transversal, com o transdutor posicionado na zona dorsolateral e dorsomedial do bordo coronário. Os planos transversais são obtidos colocando o transdutor no bordo coronário com angulações diferentes, permitindo observar a sua origem na F2 e dependendo dos casos até a sua inserção na F3 (DENOIX et al., 2011).

Nestas diferentes angulações o LC apresenta camadas com ecogenicidade diferente, variando de ecogênico à hipoecogênico, podendo ser em pontos mais distais anecogênico. Essas camadas correspondem a diferentes fascículos do LC com orientação específica para as fibras. Os ligamentos são muito sensíveis à angulação da probe e são ecogênicos

apenas se as interfaces de fibra forem perpendiculares ao feixe de ultrassom (DENOIX et al., 2011).

Em um corte transversal, o LC dentro da fossa colateral de inserção na F2 apresenta seção transversal oval (aproximadamente 6 a 9 mm de espessura, 12 a 16 mm de largura e área de seção transversal de 0,6 a 0,9 cm² em um cavalo de 550 kg) e é ecogênico mais proximalmente (DENOIX et al., 2011).

Para o corte longitudinal a probe deve estar perpendicular à superfície de apoio do casco. A coroa sendo mais larga que a quartela, ao colocar a probe proximal à parede do casco faz com que o feixe seja direcionado espontaneamente em uma direção disto-sagital. Com essa orientação, a metade proximal do LC apresenta, neste corte, um padrão regular de fibras ecogênicas paralelas e ainda pode ser visualizado através da porção proximal, delgada da parede do casco. Em uma seção mais palmar, o LC se funde com a cartilagem ungular anecogênica e o LCCo. A posição do casco, isto é, a AIFD estando em flexão ou extensão interfere na aparência ecogênica do LC. O formato do casco e da faixa coronária também, assim o LC lateral é geralmente mais facilmente visibilizado do que o LC medial, pois a parede medial do casco é geralmente mais alta, reduzindo o acesso ao LC medial (DENOIX et al., 2011).

Embora algumas lesões de LCs da AIFD possam ser detectadas ultrassonograficamente, podem ocorrer resultados falsos negativos devido a pouca sensibilidade do ultrassom e a porção limitada do ligamento passível de ser examinada. Esta última é influenciada pela conformação do casco e varia entre membros e entre os lados medial e lateral do casco (DYSON; MURRAY, 2004).

Denoix (1998) em estudo da região coronária demonstrou a associação de lesões dos ligamentos relacionados à AIFD. Estas lesões foram encontradas nas seguintes estruturas: ligamento condrocompedal, ligamento condrocoronal e ligamento anular digital distal. Além disso, lesões foram documentadas em ligamentos do aparato podotrocLEAR incluindo o ligamento

sesamóideo colateral e o ligamento sesamóideo impar (DENOIX; CHÂTEAU, 2005).

2.2.3 – Tomografia Computadorizada

A tomografia computadorizada é uma ferramenta útil para a avaliação de ossos, particularmente em regiões anatômicas complexas e articulares. Possibilita a aquisição de imagem sem sobreposição e a obtenção de imagem tridimensional (3D) (VANDERPERREN et al., 2008; MACHADO et al., 2016).

Lesões do TFDP e LCs da AIFD, bursa do navicular, ligamentos sesamóideos colaterais e ligamento sesamóideo distal são visibilizadas com uma frequência semelhante à identificada pela ressonância magnética (DYSON; MURRAY, 2007).

Van Hemel et al, (2010) relataram que na TC simples, as lesões tendíneas e ligamentares apresentaram-se hipodensas e heterogêneas, com aumento de volume.

Com a TC é possível identificar alterações ósseas patológicas; no entanto, a TC fornece detalhes limitados dos tecidos moles, mesmo com aprimoramento de contraste (BARRET et al, 2018).

Peterson e Bowman, (1988) utilizaram seis membros torácicos de cadáveres equinos hígidos, os quais foram radiografados e submetidos à TC como amostras frescas ou 24 horas após congelamento e descongelamento. Compararam os cortes transversais de TC com cortes anatômicos seccionais e concluíram que a resolução da arquitetura óssea nas imagens em plano transversal foi satisfatória, mas a resolução dos tecidos moles, embora satisfatória para a visualização das principais estruturas, foi relativamente baixa, provavelmente devido à falta de gordura interposta e diferenças na densidade física e no número atômico. Técnicas mais convencionais, como

ultrassom diagnóstico, parecem ser igual ou superior na avaliação de tecidos moles do membro distal equino.

Clearhoudt et al. (2014) avaliaram 10 membros por TC em cortes de 2mm de espessura nos planos sagital e dorsal e observaram que pequenos ligamentos (ligamento impar, condrosesamóideo, condrocoronal e condrocompedal, ligamento palmar da AIFP axial e abaxial) foram visibilizados com dificuldade e não foram identificados em todos os cortes. O LCCo está inserido próximo à origem do LC da AIFD e esta estreita conexão anatômica de algumas estruturas de tecidos moles, como os LCs da AIFD com a cartilagem ungular e o LCCo pode explicar a dificuldade ou a impossibilidade de avaliação e diferenciação de bordos de vários ligamentos em imagens de TC.

2.2.4 - Ressonância Magnética

A RM não usa radiação ionizante para produzir imagens médicas. Produz uma imagem em escala de cinza a partir da excitação de prótons de hidrogênio nos tecidos, com base na liberação de energia mensurável quando os prótons alteram sua orientação em um grande campo magnético. Quanto maior a quantidade de água livre e maior a liberdade rotacional dos prótons de hidrogênio em um tecido, maior a força do sinal gerado por essa estrutura. Portanto, a RM tem alto contraste e resolução intrínseca, resultando em boa distinção anatômica entre diferentes tecidos (tendão, ligamento, cartilagem, osso, líquido articular). O contraste superior dos tecidos moles e os detalhes anatômicos têm alto valor diagnóstico. Além das informações anatômicas, a RM também exibe informações principalmente fisiológicas ou fisiopatológicas. Como uma modalidade de cortes seccionais, a RM é capaz de digitalizar um objeto em qualquer plano (SCHRAMME, 2016).

Como o corpo é composto por cerca de 75% de água, são os prótons de hidrogênio que emitem os sinais que formam a imagem clínica de RM (TUDOR, 2007). Devido à sua composição histológica, os tendões e ligamentos que

contém pouca água, apresentam sinal de baixa intensidade. Quando lesionados há um aumento do contraste pela presença de hemorragia, infiltração celular e edema permitindo o diagnóstico da lesão (MAIR; KINNS, 2005).

Smith (2011) revelou que estudos de RM em cascos de cadáveres equinos hígidos melhoraram a compreensão sobre os detalhes da anatomia do casco. A RM pode identificar alterações em estruturas adicionais como os ligamentos condrosesamoideanos e condrocoronais.

A qualidade da imagem pode ser influenciada por muitos parâmetros diferentes, incluindo tempo, relação sinal / ruído, tamanho do objeto, espessura do corte, campo de visão e outras especificações de imagem (BOLEN et al, 2010).

Os sistemas de alto e baixo campo magnético estão em uso clínico na prática equina, mas a resolução e os detalhes da imagem dependem diretamente da força do campo magnético, o que pode resultar em uma grande diferença na qualidade da imagem entre os sistemas (SCHRAMME, 2016).

Na RM podem ser usadas diferentes sequências enquanto se obtém a imagem de forma a diferenciar o sinal entre as diversas estruturas articulares. São usadas sequências específicas para aumentar o sinal do líquido sinovial permitindo uma melhor identificação da cartilagem articular ou para suprimir o sinal transmitido pela gordura de maneira a melhorar o sinal do líquido inflamatório em determinada lesão (ADAMS; STASHAK'S, 2011).

Jaskólska et al. (2013) consideram muito importante a escolha da sequência na RM. As mais utilizadas para avaliação distal do dígito são as gradiente-eco T1 (GE T1), spin-eco T2 (SET2), sequência da inversão da recuperação (STIR) e gradiente-eco T2 (GE T2), nos planos sagital, transversal e dorsal. E para fazer um diagnóstico confiável, é importante comparar os achados em todas essas sequências.

Na RM de baixo campo, o protocolo básico pode consistir em T1 GE, T2 FSE e STIR nos planos sagital, transversal e dorsal (MAIR E KINNS, 2005).

Os grandes benefícios da RM no estudo das articulações dos equinos são a detecção precoce de alterações no osso subcondral e modificações ao nível da cartilagem articular. Além disso, com esta técnica, é possível detectar lesões na cápsula articular e nos ligamentos, tal como diagnosticar entesofitoses (DENOIX et al., 2001).

Apesar do exame ultrassonográfico ser bastante confiável para detectar lesões nos LCs da AIFD, em 18 cavalos diagnosticados com desmíte de LC da AIFD, 8 (44%) não apresentaram alterações ultrassonográficas, sendo as lesões apenas detectadas por RM (DYSON et al., 2004).

A RM por ser um exame complementar de diagnóstico muito sensível, é preciso considerar que uma pequena assimetria mediolateral de tamanho dos LCs da AIFD e da AIFP tem sido encontrada em cavalos saudáveis, sendo o LC lateral tendencialmente mais comprido (DYSON et al., 2004). Existe grande variabilidade individual da área de secção transversal dos LCs da AIFD (DYSON; MURRAY, 2004). E segundo Murray (2011) há uma discreta margem endosteal e periosteal nos sítios de origem e inserção de cada LC na F2 e F3.

Dyson e Murray (2007) relataram que LCs da AIFD têm sinal fraco e uniforme em toda a sua extensão nas imagens de RM. Contudo, as desmites são caracterizadas tanto por aumento do ligamento lesado, como por sinal intensificado.

Spriet et al (2007) observaram intensidade de sinal heterogêneo do LC em equinos hígidos utilizando-se imagem de RM adquiridas com 0,25T e atribuíram esta heterogenicidade a orientação vertical do isocentro do campo magnético em relação ao LC formando um artefato de ângulo mágico quando inferior a 55°. O artefato de ângulo mágico é reponsável pelo aumento da intensidade de sinal de tendões e ligamentos em sequências de curto tempo de eco (TE) com orientações específicas dos ligamentos, aproximadamente 55°, em relação ao isocentro (Figura3) (HAYES, 1996; ERICSON, 1991).



Figura 3: Posicionamento da peça anatômica em relação ao isocentro do campo magnético ilustrando o efeito do ângulo mágico. Fonte: Arquivo pessoal.

Lesões dos LCs podem ser vistas em associação com lesões da cartilagem ipsilateral da F3, com os ligamentos da cartilagem e com o processo palmar da F3. Lesões dos LCs podem também ser confundidas com lesões do LCCo, que se encontra anexo. Para avaliação da cartilagem e estes ligamentos, e diferencia-los das lesões do CLs a combinação de T2 FSE, DP e STIR é utilizada. Há uma íntima relação entre o LC da AIFD e o LCCo, que transcorre abaxialmente e dorsalmente. (MURRAY, 2011).

Consideráveis procedimentos de validação foram realizados para comparar achados em imagens de RM com achados macroscópicos e histológicos (MURRAY et al. 2005, 2007).

2.3 – Histograma em escala de cinza

A acuidade óptica nos humanos é formada por complexo sistema biológico que possibilita ao homem a visibilização da radiação eletromagnética do espectro visível de uma imagem. Esse processo envolve as funções fisiológicas do olho e seu mecanismo de conversão desta radiação em sinais neuronais e operações de processamento de baixo, médio e alto nível que acontecem em distintas áreas do cérebro (FACON, 2006).

A acuidade visual do olho humano, muitas vezes, é insuficiente para determinar com precisão o espectro de cinza das técnicas de imagem em relação aos tecidos avaliados. Devido a isso, foram criadas técnicas como o Histograma em escala de cinza (HEC) que permite quantificar os tons de cinza da imagem de uma região estudada (ROI) permitindo minimizar possíveis erros de interpretação (SMITH-LEVITIN et al., 1997).

O HEC é considerado uma ferramenta eficiente para quantificar os tons de cinza de uma imagem (LEE et al., 2006).

Os valores em escala de cinza de todos os pixels de uma imagem podem ser representados pelo HEC que captura informações sobre a variação dessa escala, sendo geralmente aplicado para determinar a distribuição dos pixels e os níveis de intensidade, podendo ser facilmente avaliado usando um *software* disponível como parte de um programa PACS no uso geral da imagem digital (COLLINGER et al., 2010). Disponível no programa “*software Image J®*” (*National Institute of Health*).

Os tons de cinza em imagens médicas são alterados em determinadas afecções, fornecendo ao examinador uma análise subjetiva da área estudada. A aplicação do HEC possibilita a quantificação precisa da imagem visibilizada (SCHIE et al., 1998; PILLEN et al., 2009; HUANG et al., 2013; MOSTAFA et al., 2015).

O HEC é uma ferramenta indicada para avaliar estruturas híidas e pode fornecer referências imagenológicas quantitativas quando aplicado em imagens do sistema musculoesquelético (ROSENBERG et al., 2013; HARRIS-LOVE et

al., 2016; SANTOS et al., 2019). Descreve a distribuição dos valores em escala de cinza, que variam de 0 (preto) a 255 (branco) em um ROI, sendo os valores em escala de cinza de todos os pixels dos tendões e ligamentos baseado na densidade e no arranjo estrutural dos feixes de colágeno (CREVIER-DENOIX et al., 2005;).

O emprego do HEC tem sido instituído em vários estudos de imagem musculoesquelética em equinos (NICOLL et al., 1992; TSUKIYAMA et al., 1996; SCHIE et al., 2000; CRIVIER-DENOIX et al., 2005; MOSTAFA et al., 2015; SANTOS et al., 2019).

Pesquisas foram realizadas na medicina utilizando-se o HEC em imagens de US (YU et al., 2012; ISMAIL et al., 2015; WATANABE et al., 2015; Umay et al., 2019), imagens de TC (TAN et al., PREININGER et al., 2012) e RM (ZHOU et al., 2001; MEYER, 2007; TAN et al., 2008; EMBLEN et al., 2008; WATANABE et al., 2015; CAI et al., 2019; ENGSTRON et al., 2019) apresentando aplicabilidade clínica.

Estudos de TC para avaliação do remodelamento ósseo mostraram que o HEC foi preciso para análise quantitativa em fase inicial de remodelamento (PREININGER et al., 2012).

O HEC na análise de imagens de RM possibilita correções de heterogeneidade do espectro de cinza (BRINKMAN et al., 1998; GRANDHAMAL et al., 2017).

Meyer et al. (2007) relataram que o HEC pode ser útil para aplicação em multimodalidades de imagem.

2.4 – Diagnóstico por imagem e estudo de espécimes

Estudos em peças cadavéricas envolvendo as modalidades diagnósticas por imagem vem sendo frequentemente realizados em equinos. Contudo a conservação e logística no descongelamento cadavérico têm sido investigadas

em pesquisas procurando alterações na morfologia dos mesmos (WIDMER et al., 1999).

No cavalo, o uso da RM em membro de cadáver foi validado correlacionando a intensidade de sinal de RM (BROWN; SMELKA, 1995) com estruturas anatômicas e alterações patológicas (PARK et al, 1987)(DENOIX et al, 1993).

O tecido congelado não contém prótons móveis suficientes para gerar um sinal de radiofrequência, assim amostras devem ser descongeladas antes da geração de imagens (WIDMER et al, 1999).

Widmer et al (1999) utilizaram membros de um cavalo Quarto de Milha, radiografado previamente para descartar lesões osteomusculares, amputado proximal ao carpo, pele e casco limpos, com dois ciclos de congelamento (-50°C) para submeter à RM de alto (1,5T) e médio (0,3T) campo. Por avaliação cega (de display e anotações em 1,5T e 0,3T) os autores classificaram todas as imagens em uma escala de 5 pontos (de não diagnóstica à excelente) e obtiveram como resultado excelentes detalhes anatômicos e contraste de tecidos moles em ambas RM (alto e médio) nas imagens de casco ponderadas em T1 nos planos sagital e transversal. Margens ósseas, tendões, ligamentos, enteses, espaços articulares, vasos sanguíneos e gordura foram distintos em todas as imagens. As imagens obtidas pós-descongelamento não foram comprometidas por artefatos relacionados à técnica e apresentaram qualidade diagnóstica de boa à excelente. O recongelamento e descongelamento não alterou a qualidade das imagens. Recomendam após o descongelamento da amostra manter a temperatura ambiente por um período mínimo de 36 a 48 horas para realizar a RM.

A visibilidade e a margem das estruturas anatômicas do dígito e a qualidade geral da imagem não foram alteradas subjetivamente ao longo do tempo em 8 membros torácicos de equinos submetidos à RM pós-mortem (dia 0) e nos subsequentes dias 1, 2, 7, 14, 15, 16 mantidos sob refrigeração a 4°C. Exceto a medula óssea nas sequências STIR e T2. No dia 1 o osso trabecular apareceu ligeiramente hipointenso em comparação com o dia 0 nas imagens

T2 e ligeiramente hiperintenso nas imagens STIR. Como os membros não foram aquecidos à temperatura ambiente, exceto na RM do dia 15, essas alterações do sinal provavelmente refletem a temperatura mais alta dos membros no tempo zero (0) em comparação com a temperatura mais baixa nos exames subsequentes. Um efeito inverso em relação a um sinal de ruído aumentado estatisticamente significativo da medula óssea em imagens ponderadas em T2 entre as imagens do dia 14 (refrigerado) e do dia 15 (ambiente) apóia esta hipótese. (BOLEN et al, 2010).

REFERÊNCIAS

- ADAMS, O.R.; STASHAK'S, T.S. **Lameness in horses**. 6th ed. Oxford: Wiley-Blackwell. 2011, 373-386, 688-692.
- ASHDOWN, R.R. & DONE, S.H. **Color atlas of veterinary anatomy: volume 2 – the horse**. 2nd ed. London: Mosby-Wolfe. 2011.
- BARONE, R. Articulations interphalangiennes. In: **Anatomie Comparée Des Mammifères Domestiques - Tome 2: Arthrologie Et Myologie**, 4th ed. Editions Vigot, Paris. 2000. p. 211-231.
- BARRETT M.F., MANCHON P.T., HERSMAN J., KAWCAK C.E. Magnetic resonance imaging findings of the proximal metacarpus in Quarter Horses used for cutting: retrospective analysis of 32 horses 2009-2012. **Equine Vet Journal**, v. 50, p.172-8, 2018.
- BAYKARA, M.; KOCA, T. T.; DEMIREL, A.; BERK, E. Magnetic resonance imaging evaluation of the median nerve using histogram analysis in carpal tunnel syndrome. **Neurological Sciences and Neurophysiology**, v.35, n.3, p.145-150, 2018.
- BIGGI, M., DYSON, S. Hind foot lameness: results of magnetic resonance evaluation. **18th Annual Meeting of the Italian Association of Equine Veterinarians SIVE**. Bologna, Italy, 2012, February 3-5.
- BOLEN G., AUDIGIE F., SPRIET M., VANDENBERGHE F., BUSONI, V., Qualitative Comparison of 0.27T, 1.5T, and 3T Magnetic Resonance Images of the Normal Equine Foot. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 30, n.1, 2010
- BOLEN, G., HAYE, D., DONDELINGER, R., BUSONI, V. Magnetic resonance signal changes during time in equine limbs refrigerated at 4°C. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 51, n.1, p.19-24, 2010.
- BOWKER, R.M., WULFEN, K.K., SPRINGER, S.E. & LINDER, K.E.. Functional anatomy of the cartilage of the distal phalanx and digital cushion in the equine foot and a haemodynamic flow hypothesis of energy dissipation. **Am. J. Vet. Res.**, v.59, p.961-968, 1998.
- BOWKER, R.M. Functional Anatomy of the Palmar Aspect of the Foot. In: M.W. Ross & S.J. Dyson (Eds.), **Diagnosis and Management of Lameness in the Horse**. 2nd. ed. Philadelphia: Elsevier Health Sciences.; 2011. p.320-323.

- BRINKMANN, B. H.; MANDUCA, A.; ROBB, R. A. Optimized homomorphic unsharp masking for MR grayscale inhomogeneity correction. **IEEE transactions on medical imaging**, v. 17, n. 2, p. 161-171, 1998.
- BROWN, M.A., SMELKA, R.C. **MR imaging. Basic principles and applications**. New York: Wiley-Liss, 1995; 14-16.
- BUDRAS, K.; SACK, W.O.; ROCK, S. **Anatomy of the Horse**. 5th ed. Hannover. Schlütersche; 2009, p. 4,26.
- BUTLER, J.A.; COLLES, C.M.; DYSON, S.J.; KOLD, S.E. & POULOS, P.W. **Clinical radiology of the horse**. 2nd ed. Oxford, Blackwell Science, 2000, 1- 2p.
- CAI, J.; XING, F.; BATRA, A.; LIU, F.; WALTER, G.A.; VANDENBORNE, K.; YANG, L. Texture analysis for muscular dystrophy classification in MRI with improved class activation mapping. **Pattern recognition**, v. 86, p. 368-375, 2019.
- CENTENO, C.; MARKLE, J.; DODSON, E.; STEMPER, I.; WILLIAMS, C.; HYZY, M.; FREEMAN, M. Symptomatic anterior cruciate ligament tears treated with percutaneous injection of autologous bone marrow concentrate and platelet products: a non-controlled registry study. **Journal of translational medicine**, v.16, n.1, p.246, 2018.
- CLAERHOUDT, S., BERGMAN, E.H.J., SAUNDERS, J.H. Computed Tomographic Anatomy of the Equine Foot. **Anatomia Histologia Embryologia**, v.43, n.5, p.395–402, 2014.
- COLAHAN, P.T., MAYHEW, I.G.J., MERRIT, A.M. & MOORE, J.N. **Equine medicine and surgery**. 5th ed. Philadelphia, Mosby Elsevier. 1999.
- COLLINGER, J. L.; FULLERTON B.; IMPINK, B.G.; KOONTZ, A.M.; BONINGER, M.L. Validation of greyscale-based quantitative ultrasound in manual wheelchair users: relationship to established clinical measures of shoulder pathology. **American journal of physical medicine & rehabilitation/Association of Academic Physiatrists**, v. 89, n. 5, p. 390, 010.
- CREVIER-DENOIX, N.; RUEL, Y.; DARDILLAT, C.; JERBI, H.; SANAA, M.; COLLOBERT-LAUGIER, C.; POURCELOT, P. Correlations between mean echogenicity and material properties of normal and diseased equine superficial digital flexor tendons: an in vitro segmental approach. **Journal of biomechanics**, v. 38, n. 11, p. 2212-2220, 2005.

- DAHLGREN, L. A. Pathobiology of tendon and ligament injuries. *Clinical Technique in Equine Practice*, v.6, p. 168-173, 2007.
- DAKIN, S.G., DYSON, S.J., MURRAY, R.C. & TRANQUILLE, C.. Osseous abnormalities associated with collateral desmopathy of the distal interphalangeal joint: part 1. **Equine Veterinary Journal**, v.41, p.786-793, 2009.
- DAVIES, H.M.S., PHILIP, C., **Anatomy and Phisiology of the Equine Digit**. In: FLOYD, A.E. AND MANSMANN, R.A. (Eds). *Equine Podiatry*. 1st ed, Saunders-Elsevier, 2007, 14-17.
- DENOIX, J.M., CREVIER, N., ROGER, B. Magnetic resonance imaging of the equine foot. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.34, p.405-411, 1993.
- DENOIX, J.M. Ultrasonographic examination in the diagnosis of joint disease. In: W.C. McIlwraith and G.W. Trotter. Eds. **Joint Disease in the Horse**, Saunders, Philadelphia.1996. p. 165-202.
- DENOIX, J.M. The collateral ligaments of the distal interphalangeal joint: Anatomy, roles and lesions. **Hoof Care and Lameness**, v.70, p. 29-32, 1998.
- DENOIX, J.M. Functional anatomy of the equine interphalangeal joints. In **Proceedings of the 45th Annual American Association of Equine Practitioners Convention**. EUA, 174-177, 1999.
- DENOIX, J.M. The equine distal limb: **an atlas of clinical anatomy and comparative imaging**, London, Manson Publishing, 2000.
- DENOIX, J.M., AUDIGIÉ, F. & TAPPREST, J. Diagnosis of joint problems causing performance limitation in horses. In **Performance diagnosis of equine joints**, Lindner A. (Ed.). 2001.
- DENOIX, J.M. & CHÂTEAU, H. Biomechanics and etiopathogenesis of equine distal limb injuries. In **Proceedings of the 9th Congress on Equine Medicine & Surgery in Geneva**. 15 dezembro 2005. P1911.1205.
- DENOIX, J.M.; DIDIERLAURENT, D. & AUDIGIÉ F. Diagnosis and management of tendon and ligament injuries of the equine foot. In **Proceedings of the 11th International Congress of World Equine Veterinary Association**, Guarujá, Brasil. 24-27 setembro 2009.

- DENOIX, J.M., BERTONI, L., HEITZMANN, A.G., WERP, N. & AUDIGIÉ, F. Ultrasonographic examination of the collateral ligaments of the distal interphalangeal joint in horses. part a: technique and normal images. **Equine Veterinary Education**, v.23, p.574-580, 2011.
- DYCE, K. M., SACK, W. O. & WENSING, C. J. **Tratado de anatomia veterinária 3ª ed.**, Rio de Janeiro, Elsevier. 2004.
- DYSON, S.J., MURRAY R.C., SCHRAMME & BRANCH M. Collateral desmitis of the distal interphalangeal joint in 18 horses (2001-2002). **Equine Veterinary Journal**, v.36, p.160-166, 2004.
- DYSON, S.J.; MURRAY, R.C. Collateral desmitis of the interphalangeal joint in 62 horses (January 2001-December 2003). In: **50th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners**, Denver, Colorado, 2004.
- DYSON, S.J.; MURRAY, R.C. Magnetic resonance imaging evaluation of 264 horses with foot pain: the podotrochlear apparatus, deep digital flexor tendon and collateral ligaments of the distal interphalangeal joint. **Equine Vet Journal**, v.39, p.340, 2007.
- DYSON, S.J.; MURRAY, R.C. Magnetic resonance imaging of the foot. **Clin Tech Equine Pract.**, v. 6, p.46-61, 2007.
- DYSON, S.J., BROWN, V., COLLINS, S. & MURRAY, R. Is there an association between ossification of the cartilages of the foot and collateral desmopathy of the distal interphalangeal joint or distal phalanx injury? **Equine Vet. J.**, v. 42, p.504-511, 2010.
- DYSON, S.J. & MURRAY, R. Injuries associated with ossification of the cartilages of the foot. **AAEP Proceedings**, v. 56, 2010.
- DYSON, S. J. & NAGY, A. Injuries associated with the cartilages of the foot. **Equine Vet. Educ.**, v.23, p.581–593, 2011.
- DYSON, S.J. Equine Lameness: Clinical judgment meets advanced diagnostic imaging. **AAEP Proceedings**, v.59, 2013.
- EMBLEM, K. E.; NEDREGAARD, B.; NOME, T.; DUE-TONNESSEN, P.; HALD, J.; SCHEIE, D.; BOROTA, O.C.; CVANCAROVA, M.; BJORNERUD, A. Glioma grading by using histogram analysis of blood volume heterogeneity from MR-derived cerebral blood volume maps. **Radiology**, v. 247, n. 3, p. 808-817, 2008.

- ENGSTRÖM, M. In-phase zero TE musculoskeletal imaging. **Magnetic resonance in medicine**, 2019.
- ERICKSON, S. J.; COX, I. H.; HYDE, J. S.; CARRERA, G. F.; STRANDT, J. A.; ESTKOWSKI, L. D. Effect of tendon orientation on MR imaging signal intensity: a manifestation of the "magic angle" phenomenon. **Radiology**, v.181, n.2, p. 389-392, 1991.
- FACON, J. Técnicas de Processamento Digital de Imagens Aplicadas à Área da Saúde. Escola Regional de Informática. 1 ed. Curitiba, 2006.
- GANDHAMAL, A; TABAR, S.; GAJRE, S.; HANI, A.F.M.; KUMAR, D. Local gray level S-curve transformation—a generalized contrast enhancement technique for medical images. **Computers in biology and medicine**, v. 83, p. 120-133, 2017.
- GASCHEN L.; BURGA D.J. Musculoskeletal injury in thoroughbred racehorses: correlation of findings using multiple imaging modalities. **Vet. Clin. Equine**, v.28, p.539-561, 2012.
- HARRIS-LOVE, M. O.; MONFARED R.; ISMAIL, C.; BLACKMAN, M.R.; CLEARLY, K. Quantitative ultrasound: measurement considerations for the assessment of muscular dystrophy and sarcopenia. **Frontiers in aging neuroscience**, v. 6, p. 172, 2014.
- HAYES C.W.; PARELLADA, J. A. The magic angle effect in musculoskeletal MR imaging. **Top Magn Reson Imaging**, v.8, p.51-56, 1996.
- HEYMERING, H. em: <http://neverbluefarm.com/articles/weightbearing.html> acessado em 21/09/19 as 16:45hs.
- HINCHCLIFF, K.W., GEOR, R.J. & KANEPS, A.J. **Equine sports medicine and surgery. 2nd ed.**, Philadelphia, Saunders Elsevier, 2014.
- HUANG, S.; WANG, W. Quantitative diagnostic method for biceps long head tendinitis by using ultrasound. **The Scientific World Journal**, v. 20, 2013.
- JASKÓLSKA, M., ADAMIAK, Z., ZHALNIAROVICH, Y., HOLAK, P., PRZYBOROWSKA, P. Magnetic resonance protocols in equine lameness examination, used sequences, and interpretation. **Polish Journal of Veterinary Sciences**, v.16, n.4, p.803-811, 2013.
- JONES, L.E., & DYSON, S.J. Radiographic characterization of ossification of the ungular cartilages in horses: 271 cases (2005-2012). **J Am Vet Med Assoc**. v. 247, p.801-811, 2015.

- LEE, C. H.; CHOI, J. W.; KIM, K. A.; SEO, T. S.; LEE, J. M.; PARK, C. M. Usefulness of standard deviation on the histogram of ultrasound as a quantitative value for hepatic parenchymal echo texture preliminary study. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 32, n. 12, p. 1817-1826, 2006.
- LINDA B. S. H. **Equine handbook of tendon and ligament injuries**. New Jersey, Wiley Publishing, 2004, 21,22.
- ISMAIL, C.; ISMAIL, C.; ZABAL, J.; HERNANDEZ, H. J.; WOLETZ, P.; MANNING, H.; TEIXEIRA, C.; HARRIS-LOVE, M. O. Diagnostic ultrasound estimates of muscle mass and muscle quality discriminate between women with and without sarcopenia. **Frontiers in Physiology**, v. 6, p. 302, 2015.
- MACHADO, V.M.V., AGUIAR, A.C.S., VIANA, G.F., CROSIGNANI, N.O., FILHO J.N.P. P. Diagnostic value of computed tomography, radiography and ultrasonography in metacarpophalangeal joint disorders in horses. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.68, n.1, p.66-72, 2016.
- MAIR, T.S. & KINNS, J. Deep digital flexor tendonitis in the equine foot diagnosed by low-field magnetic resonance imaging in the standing patient: 18 cases. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.46, p. 458-466, 2005.
- MAIR, T.S. & SHERLOCK, C.S. Collateral desmitis of the distal interphalangeal joint in conjunction with concurrent ossification of the cartilages of the foot in nine horses. **Equine Veterinary Education**, v.20, p. 485-492, 2008.
- MEYER, J. Histogram transformation for inter-modality image registration. In: **2007 IEEE 7th International Symposium on BioInformatics and BioEngineering**. IEEE, p. 1118-1123, 2007.
- MOSTAFA, M.; AL-AKRAA, A.; KHALIL, A. Ultrasonographic assessment of superficial digital flexor tendon (SDFT) core lesion treated with platelet rich plasma (PRP) in donkeys (*Equus Asinus*). **Benha Veterinary Medical Journal**, v. 29 (2), p. 274-282, 2016.
- MURRAY, R.C., BRANCH, M.V., TRANQUILLE, C. AND WOODS, S. Validation of magnetic resonance imaging for measurement of equine articular cartilage and subchondral bone thickness. **Am. J. vet. Res.**, v.66, p. 1999-2005, 2005.

- MURRAY, R.C., DYSON, S.J., BRANCH, M. AND SCHRAMME, M. Validation of magnetic resonance imaging use in equine limbs. **Clin. Tech. equine Pract.**; v.6, p. 26-37, 2007.
- MURRAY, R.C.. **Equine MRI. 1st ed.** Oxford, Wiley-Blackwell, 2011.
- NAGY, A., DYSON, S. J. & MURRAY, R. M. Scintigraphic examination of the cartilages of the foot. **Equine Vet Journal**, v.39, p. 250-256, 2007.
- NICOLL, R. G.; WOOD, A. K. W.; ROTHWELL, T. L. W. Ultrasonographical and pathological studies of equine superficial digital flexor tendons; initial observations, including tissue characterisation by analysis of image grey scale, in a thoroughbred gelding. **Equine veterinary journal**, v. 24, n. 4, p. 318-320, 1992.
- NOMINA ANATOMICA VETERINARIA – 5th Ed (revised version)
Published by the Editorial Committee Hannover (Germany), Columbia, MO (U.S.A.), Ghent (Belgium), Sapporo (Japan) 2012.
- PARK, R.D., NELSON, T.R., HOOPES, J. Magnetic resonance imaging of the normal equine digit and Metacarpophalangeal joint. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.28, p.105-116, 1987.
- PETERSON, P.R., BOWMAN, K.F. Computed Tomographic Anatomy of The Distal Extremity of the Horse. **Veterinary Radiology**, v.29, n.4, p. 147-156, 1988.
- PILLEN, S.; TAK, R. O.; ZWARTS, M. J.; LAMMENS, M. M.; VERRIJP, K. N.; ARTS, I. M.; VERRIPS, A . Skeletal muscle ultrasound: correlation between fibrous tissue and echo intensity. **Ultrasound in medicine & biology**, v. 35, n. 3, p. 443-446, 2009.
- PREININGER, B.; Hesse, B; Rohrbach, D.; Varga, P.; Gerigk, H.; Langer, M.; Peyrin, F.; Perka, C.; Raum, K. Histogram Feature–Based Classification Improves Differentiability of Early Bone Healing Stages From Micro-Computed Tomographic Data. **Journal of computer assisted tomography**, v. 36, n. 4, p. 469-476, 2012.
- ROSENBERG, J. G.; RYAN, E.D.; SOBOLEWSKI, E.J.; SCHARVILLE, M.J.; THOMPSON, B.J.; KING, G.E Reliability of panoramic ultrasound imaging to simultaneously examine muscle size and quality of the medial gastrocnemius. **Muscle & nerve**, v. 49, n. 5, p. 736-740, 2014.
- ROSE, R.J. & HODGSON, D.R. **Manual of equine practice. 2^a ed.** Philadelphia, Saunders Elsevier, 2000.

- RUOHONIEMI, M., TULAMO, R.M. & HACKZELL, M. Radiographic evaluation of ossification of the collateral cartilages of the third phalanx in Finnhorses. **Equine Veterinary Journal**, v.25, p.453-455, 1993.
- RUOHONIEMI, M., LAUKKANEN, H., OJALA, M., KANGASNIEMI, A. & TULAMO, R. Effects of sex and age on the ossification of the collateral cartilages of the distal phalanx of Finnhorse and relationships between ossification and body size and type of horse. **Research in Vet. Science**, v.62, p. 34-38, 1997^a.
- RUOHONIEMI, M., KÄRKKÄINEN, M. & TERVAHARTIALA, P. Evaluation of the variably ossified collateral cartilages of the distal phalanx and adjacent anatomic structures in the Finnhorse with computed tomography and magnetic resonance imaging. **Vet. Radiol. & Ultrasound**, v.38, p. 344-351, 1997b.
- RUOHONIEMI, M., MÄKELÄ, O. AND ESKONEN, T. Clinical significance of ossification of the cartilages of the front feet based on nuclear bone scintigraphy, radiography and lameness examinations in 21 Finnhorses. **Equine vet. Journal**, v.36, p. 143-148, 2004.
- SANTOS, W. A.; VETTORATO, M.C.;FOGAÇA, J.L.; MAZZANTE, N.; OLIVEIRA, F.G.;NOGUEIRA;MACHADO V.M.V. B-mode ultrasonography and gray scale histogram for evaluation of the nuchal ligament in Quarter horse. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 663-667, 2019.
- SCHIE, H.T. V.; BAKKER, E. M.; JONKER, A. M.; WEEREN, P. V. Ultrasonographic tissue characterization of equine superficial digital flexor tendons by means of gray level statistics. **American journal of veterinary research**, v. 61, n. 2, p. 210-219, 2000.
- SCHRAMME, M. Foot Imaging – What has MRI taught us? **3th Congresso Internacional de Podologia Equina**, Segovia, Espanha, May 19-21, 2016.
- SCHWARZE, E. Compendio de anatomia veterinaria: **Introducción a la anatomía veterinaria, Tomo I**, España. Ed. Acriba, 1970.
- SISSON, S.; GROSSMAN, J.D. **Anatomia dos animais domésticos**, 5^aed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1986, 27,28; 267-272;335-336;681.
- SISSON, S. **The anatomy of the domestic animals, vol. 1**. 2ed. Saunders, 1914. p. 229.

- SMITH-LEVITIN, M.; BLICKSTEIN, I.; ALBRECHT-SHACH, A.A. et al.
Quantitative assessment of gray-level perception: observers' accuracy is dependent on density differences. **Ultrasound in Obstetrics & Gynecology**, v. 10, n. 5, p. 346-349, 1997.
- SMITH, M. Magnetic resonance imaging of the foot: What have we learned a decade further on?. **Proceedingg of the 50th British Equine Veterinary Association Congress**. Liverpool, UK, 2011, september 7-10.
- SPRIET, M., MAI, W., MCKNIGHT, A. Assymmetric signal intensity in normal colateral ligaments of the distal interphalangeal jonit in horses with a low-field MRI system due to the magic angle effect. **Vet. Rad. & Ultrasound**, v. 48, n.2, p. 95-100, 2007
- TAN, T. L.; Sim, K. S ; Tan, C. K. ; Chong, A. K.. CT image enhancement by colorization for brain infarct detection. **Faculty of Engineering and Technology, Multimedia University, Jalan Ayer Keroh Lama. Melaka, Malaysia**, 2008.
- TROPE, G. D. & WHITTON, R.C. Medial collateral ligament desmitis of the distal interphalangeal joint in the hindlimb of a horse: treatment with cast immobilization. **Australian Veterinary Journal**, v.87, p. 499-502, 2009.
- TSUKIYAMA, K., ACORDA, J. A., & YAMADA, H. Evaluation of superficial digital flexor tendinitis in racing horses through gray scale histogram analysis of tendon ultrasonograms. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.37, n.1, 46-50, 1996.
- TUDOR, D. Magnetic resonance imaging. **The North American Veterinary Conferency**, January, p. 13-27, 2007.
- TURNER, T.A. & SAGE, A.M. Desmitis of the distal interphalangeal collateral ligaments: 22 cases. In: **Proceedings of the Annual Convention of the AAEP**, v. 48, p. 343-346, 2002.
- UMAY, S. T.; ANALAN, P. D. Gray Scale Histogram Analysis of Carpal Tunnel Syndrome with Ultrasonography. **Current Medical Imaging Reviews**, v. 15, n. 3, p. 334-337, 2019.
- VANDERPERREN, K., GHAYE, B., SNAPS, F. R., & SAUNDERS, J. H I.
Evaluation of computed tomographic anatomy of the equine metacarpophalangeal joint. **American journal of veterinary research**, v. 69, n. 5, p. 631-638, 2008.

- VAN HAMEL S.E., BERGMAN H.J., PUCHALSKI S.M., DE GROOT M.W., VAN WEEREN P.R. Contrast enhanced computed tomographic evaluation of deep digital flexor tendon compared to macroscopic and histologic findings in 23 limbs. **Equine Vet J**, v. 46, p. 300-5, 2014.
- VERSCHOOTEN, F., VAN WAEREBEEK, B., VERBEECK, J. The Ossification of the Cartilages of the Distal Phalanx in the Horse: an anatomical, experimental, radiographic and clinical study. **J. Equine Vet Sci**, vl.16, p.7, 1996.
- WATANABE, T.; NOBUO TERABAYASHI, N.; FUKUOKA, D.; MURAKAMI, H.; ITO, H.; MATSUOKA, T.; SEISHIMA, M. A pilot study to assess Fatty infiltration of the supraspinatus in patients with rotator cuff tears: comparison with magnetic resonance imaging. **Ultrasound in medicine & biology**, v. 41, n. 6, p. 1779-1783, 2015.
- WIDMER, W. R., BUCKWALTER, K. A., HILL, M. A., FESSLER, J. F., & IVANCEVICH, S. A technique for magnetic resonance imaging of equine cadaver specimens. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.40, n.1, p. 10-14, 1999.
- YU, T.; TSAI, W.C.; CHENG, J.W.; WANG, Y.M.; LIANG, F.C.; CHEN, C.H. The effects of aging on quantitative sonographic features of rotator cuff tendons. **Journal of Clinical Ultrasound**, v. 40, n. 8, p. 471-478, 2012.
- ZHOU, L. Q.; Zhu, Y.M ; Bergot, C. ; Laval-Jeantet, A.-M; Bousson, V.; Laredo, J.-D.; Laval-Jeantet, M. A method of radio-frequency inhomogeneity correction for brain tissue segmentation in MRI. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, v. 25, n. 5, p. 379-389, 2001.

CAPÍTULO 2

Trabalho Científico

Estudo imagenológico e anatômico macroscópico seccional do ligamento condrocoronal de equinos

R.C. Ribeiro, A. Hataka, A.L. Filadelpho, V.M.V. Machado

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, Brasil

Diagnostic imaging and cross-sectional anatomy study of the chondrocoronal ligament in horses

R.C. Ribeiro, A. Hataka, A.L. Filadelpho, V.M.V. Machado

School of Veterinary Medicine and Animal Science, UNESP São Paulo State
University, Botucatu, SP, Brazil

Estudo imagenológico e anatômico macroscópico seccional do ligamento condrocoronal em equinos

RESUMO

Diante da escassez de parâmetros anatômicos e imagenológicos para o ligamento condrocoronal (LCCo) o presente estudo teve como objetivo descrever suas características anatômicas, morfológicas e morfométricas realizando-se estudo anatômico macroscópico seccional associado com as técnicas de ultrassonografia (US), tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM). Foram utilizadas vinte (20) peças anatômicas de membros torácicos, sendo 10 do membro direito e 10 do esquerdo, de equinos hípidos, machos e fêmeas adultos, os quais foram submetidos a avaliação pelas modalidades de imagem e posteriormente realizado o estudo macroscópico seccional para avaliação das características anatômicas, morfológicas e morfométricas do LCCo. No estudo anatômico macroscópico observou-se que o corte seccional transversal de aproximadamente 20º possibilitou a distinção e relação do ligamento condrocoronal (LCCo) e ligamento colateral (LC). A abordagem ultrassonográfica dorsal no plano longitudinal permitiu avaliar o LCCo, medindo 1,52mm de espessura, sua êntese na segunda falange (F2) e apresentou-se isoecogênico em relação aos tecidos adjacentes. O LCCo lateral apresentou ângulo de êntese agudo, em 15 peças (93,75%) e o LCCo medial apresentou ângulo nulo em 1 peça (6.25%). Na RM 75% dos LCCos lateral apresentaram ângulo agudo e o LCCo medial ângulo nulo em 25%. As imagens da RM em plano axial nas sequências ponderadas em T1 e T2 comparadas ao corte seccional anatômico diferenciaram o LCCo e LC. O estudo anatômico macroscópico seccional associado aos exames de RM e US possibilitaram a distinção e relação dos LCCo e LC. O exame ultrassonográfico, por ser um exame dinâmico, pode ser considerado uma ferramenta de grande aplicabilidade para avaliação do LCCo, podendo contribuir no diagnóstico das enfermidades dos dígitos em equinos.

Palavra chaves: ligamento condrocoronal, diagnóstico por imagem, anatomia

Diagnostic imagin and cross-seccional anatomy study of the chondrocoronal ligament in horses

ABSTRACT

Given the lack of anatomical and imaging parameters for the chondrocoronal ligament (CcoL), the present study aimed to describe its anatomical, morphological and morphometric characteristics by performing a sectional macroscopic anatomical study associated with ultrasound, computed tomography (CT) and magnetic resonance imagin (MRI). Twenty (20) anatomical specimens of thoracic limbs, 10 right and 10 left, of healthy horses, adult males and females were used, which were subjected to evaluation by imaging modalities and subsequently performed the sectional macroscopic study to evaluate the anatomical characteristics morphological and morphometric aspects of the chondrocoronal ligament. In the macroscopic anatomical study, it was observed that the cross-sectional section of approximately 20° allowed the distinction and relationship of CCoL and colateral ligament (CL). The dorsal ultrasound approach in the longitudinal plane allowed to evaluate the CCoL measuring 1,52mm thick and its enthesi on F2, which was isoecogenic in relation to adjacent tissues. The lateral CCoL presented acute angle of enthesi in 15 pieces (93.75%) and the medial CCoL presented null angle in 1 piece (6.25%). At MRI 75% of lateral CCoL presented acute angle and medial CCoL null angle at 25%. Axial MRI images on T1- and T2-weighted sequences compared to the anatomical sectional view reviewed CCoL and CL. The cross-sectional macroscopic anatomical study associated with MRI and US exams allowed the distinction and relationship of CCoL and CL. The ultrasound examination as a dynamic exam can be considered a tool of great applicability for the assessment of CCoL, and may contribute to the diagnosis of digit diseases in horses.

Keywords: chondrocoronal ligament, imaging diagnosis, anatomy

INTRODUÇÃO

O cavalo ganhou importância econômica por meio do esporte na sociedade contemporânea. Investir em pesquisa nutricional, clínica e técnicas de diagnóstico se tornou uma necessidade.

Um grande desafio é determinar a causa exata de dor nas extremidades distais nos membros dos equinos, considerada a mais frequente localização de lesões responsáveis por claudicações. Tendões e ligamentos, devido às particularidades de sua composição: histológica, fisiologia, biomecânica, limitada capacidade de regeneração e cicatrização são as estruturas frequentemente avaliadas.

A distinção entre tendões e ligamentos é majoritariamente anatômica, em que genericamente os tendões unem o músculo ao osso enquanto os ligamentos unem osso a osso. Embora esta divisão seja feita, diversos estudos revelaram que a biomecânica, a estrutura e a matriz constituinte de ambos são parecidas, porém distintas (HINCHCLIFF et al., 2014). Consistem feixes paralelos de tecido conjuntivo denso, sendo o colágeno tipo I o principal constituinte formando a fibra primária (LINDA, 2004), que apresentam um arranjo específico, não só lhes conferindo força e resistência sob carga, como também elasticidade, sendo estas as suas propriedades mecânicas fundamentais (HINCHCLIFF et al., 2014).

Os ligamentos periarticulares embora tenham composição similar aos tendões são anatomicamente mais complexos, contendo múltiplos feixes de fibras frequentemente em espiral, estando tensos ou relaxados de acordo com a posição da articulação. Além de sustentarem a articulação, os ligamentos fornecem informação proprioceptiva. A cápsula articular funciona de maneira semelhante aos ligamentos periarticulares, sendo frequentemente considerada funcionalmente ela própria um ligamento (HINCHCLIFF et al., 2014).

Segundo Dahlgren (2007) existem diferenças na estrutura dos tendões e ligamentos em relação as fibras de colágeno, pois nos tendões essas fibras estão dispostas em um padrão predominante paralelo, enquanto que nos

ligamentos essas fibras são organizadas de forma mais aleatória e com ligações cruzadas. Observaram também diferença na quantidade total de colágeno do tipo I, pois os ligamentos apresentam 85% e os tendões 95% de colágeno tipo I.

Os ligamentos colaterais (LCs) (medial e lateral) da articulação interfalangeana distal (AIFD) são estruturas fortes e curtas, localizadas simetricamente nas faces dorsomedial e dorsolateral da articulação (BARONE, 2000). Têm uma orientação distopalmar oblíqua com origem na respectiva fossa colateral da segunda falange (F2) e inserem-se na sua fossa colateral da terceira falange (F3). Estão em continuidade dorsalmente com o tendão extensor digital comum (TEDC) e palmarmente com a face dorsal da cartilagem colateral correspondente. A sua porção proximal está revestida pelo bordo coronário, enquanto a porção distal (metade) está incluída no casco (DENOIX, 2000). A sua função é suportar a AIFD nos seus movimentos nos planos sagital, frontal e transversal (DENOIX, 1999).

Segundo Ruohoniemi et al (2004) existem pequenos ligamentos como o condrocoronal, condroungular, condrocompedal e condrosesamóideos conectam as cartilagens ungulares a outras estruturas como falanges, rânula e osso navicular. Entretanto, lesões destes ligamentos não estão bem descritas. Ruohoniemi et al. (1997b) citam que os pontos de inserção destes ligamentos são variáveis de um equino para outro e parecem ser responsáveis pela sua forma. Conferem suporte e ajudam a equalizar as forças concussivas a que estão sujeitas (RUOHONIEMI et al., 1997, 2004; DYSON; NAGY, 2011). São também responsáveis pela transmissão de energia às estruturas envolventes (DYSON et al., 2010).

O LCCo conecta a parte dorsal da cartilagem a face dorsolateral/dorsomedial da F2 e suas fibras unem-se parcialmente ao LC (RUOHONIEMI et al., 1997b; ADAMS; STASHAKS, 2011).

Murray (2011) observou uma íntima relação entre o LC da AIFD e o LCCo, pois transcorre abaxialmente e dorsalmente ao LC. Lesões dos LCs podem também ser confundidas com lesões do LCCo, que se encontra anexo.

Há também importante associação entre a ossificação das cartilagens e as lesões dos LCs (DYSON, 2013).

Lesões dos LCs têm sido reportadas na literatura, porém lesões de outros ligamentos do dígito podem induzir claudicação e ser confundida com uma artropatia da AIFD ou uma síndrome podotrocLEAR (DENOIX, et al, 2009).

Denoix et al. (2009) avaliaram por US e RM a região coronária do casco e encontraram lesões em ligamentos relacionados com a AIFD. Estas lesões envolveram além dos LCs, o LCCo.

A técnica de US, uma modalidade segura e não invasiva, pode ser complementar à RM: realizada previamente, como ferramenta de triagem, permitindo selecionar sequências RM e planos de seção para avaliar cuidadosamente os tecidos moles (DENOIX et al., 2011).

Conforme Denoix (1996) e Dyson (2004) as lesões de ligamentos da extremidade distal do dígito necessitam maior abordagem. Entretanto falta uma descrição detalhada da técnica e da aparência normal dos ligamentos na seção transversal e longitudinal (DENOIX et al., 2011). Estas lesões podem ser diagnosticadas por diferentes modalidades de imagem como Rx, US, TC e RM (DENOIX; CHÂTEAU, 2005). Gaschen; Burga (2012) recomendam uma associação de múltiplas modalidades de imagem para obter uma avaliação precisa da lesão musculoesquelética em cavalos.

Em diferentes angulações o LC apresenta camadas com ecogenicidade diferente, variando de ecogênico á hipoecogênico, podendo ser em pontos mais distais anecogênico. Essas camadas correspondem a diferentes fascículos do LC com orientação específica para as fibras. Os ligamentos são muito sensíveis à angulação da probe e são ecogênicos apenas se as interfaces de fibra forem perpendiculares ao feixe de ultrassom (DENOIX et al., 2011).

Para avaliação dos LCs, cada ligamento é observado em plano longitudinal e transversal, com o transdutor posicionado na zona dorsolateral e dorsomedial do bordo coronário. Os planos transversais são obtidos colocando o transdutor no bordo coronário com angulações diferentes, permitindo

observar a sua origem na F2 e dependendo dos casos até a sua inserção na F3 (DENOIX et al., 2011).

Em um corte transversal, o LC dentro da fossa colateral de inserção na F2 apresenta seção transversal oval (aproximadamente 6 a 9 mm de espessura, 12 a 16 mm de largura e área de seção transversal de 0,6 a 0,9 cm² em um cavalo de 550 kg) e é ecogênico mais proximalmente (DENOIX et al., 2011).

Em uma seção mais palmar, o LC se funde com a cartilagem ungular anecogênica e o LCCo. A posição do casco, isto é, a AIFD estando em flexão ou extensão interfere na aparência ecogênica do LC. O formato do casco e do bordo coronário também, assim o LC lateral é geralmente mais facilmente visibilizado do que o LC medial, pois a parede medial do casco é geralmente mais alta, reduzindo o acesso ao LC medial (DENOIX et al., 2011).

A TC é uma ferramenta útil para avaliação óssea, particularmente de regiões anatômicas complexas e articulares (VANDERPERREN et al., 2008; MACHADO et al., 2016). No entanto, a TC fornece detalhes limitados dos tecidos moles, mesmo com aprimoramento de contraste (BARRET et al, 2018).

Peterson e Bowman (1988) utilizaram seis membros torácicos de cadáveres equinos hígidos, os quais foram radiografados e submetidos à TC 24 horas após congelamento e descongelamento. Compararam os cortes transversais de TC com cortes anatômicos seccionais e concluíram que a resolução da arquitetura óssea nas imagens em plano transversal foi satisfatória, mas a resolução dos tecidos moles, embora satisfatória para a visualização das principais estruturas, foi relativamente baixa, provavelmente devido a falta de gordura interposta e diferenças na densidade física e no número atômico. Técnicas mais convencionais, como ultrassom diagnóstico, parecem ser iguais ou superiores na avaliação de tecidos moles do membro distal equino.

A RM produz uma imagem em escala de cinza a partir da excitação de prótons de hidrogênio nos tecidos em um grande campo magnético. Quanto maior a quantidade de água livre, maior a força do sinal gerado por essa

estrutura. Portanto, a RM tem alto contraste e resolução intrínseca, resultando em boa distinção anatômica entre diferentes tecidos, assim como tendão, ligamento, cartilagem, osso e líquido sinovial (SCHRAMME, 2016).

Devido a sua composição histológica, os tendões e ligamentos que contém pouca água, apresentam sinal de baixa intensidade. Quando lesionados há um aumento do contraste pela presença de hemorragia, infiltração celular e edema permitindo o diagnóstico da lesão (MAIR; KINNS, 2005).

Estudos de RM em cascos de cadáveres equinos hígidos melhoraram a compreensão sobre os detalhes da anatomia do casco (SMITH, 2011). Consideráveis procedimentos de validação foram realizados para comparar achados em imagens de RM com achados macroscópicos e histológicos (MURRAY et al., 2005; 2007).

Na RM podem ser usadas diferentes sequências enquanto se obtém a imagem de forma a diferenciar o sinal entre as diversas estruturas articulares (ADAMS; STASHAK'S, 2011). Jaskólska et al. (2013) consideram muito importante a escolha da sequência na RM. As mais utilizadas para avaliação distal do dígito são as sequências de pulso gradiente eco ponderada em T1, spin eco ponderada em T2 (SE T2), sequência de inversão da recuperação do sinal da gordura (*STIR*) e gradiente eco (T2*GE) nos planos sagital, transversal e dorsal.

Na RM de baixo campo, o protocolo básico pode consistir em T1 GE, T2 FSE e *STIR* nos planos sagital, transversal e dorsal (MAIR; KINNS, 2005).

A RM por ser um exame complementar de diagnóstico muito sensível, é preciso considerar que uma pequena assimetria mediolateral de tamanho dos LCs da AIFD e da AIFP tem sido encontrada em cavalos saudáveis, sendo o LC lateral tendencialmente mais comprido (DYSON et al., 2004). Existe grande variabilidade individual da área de secção transversal dos LCs da AIFD (DYSON; MURRAY, 2004).

Spriet et al. (2007) observaram intensidade de sinal heterogêneo do LC em equinos hígidos utilizando se imagem de RM adquiridas com 0,25T e

atribuíram esta heterogenicidade a orientação vertical do isocentro do campo magnético em relação ao LC formando um artefato de ângulo mágico quando inferior a 55°.

Lesões dos LCs podem ser vistas em associação com lesões da cartilagem ipsilateral da F3, com os ligamentos da cartilagem e com o processo palmar da F3. Lesões dos LCs podem também ser confundidas com lesões do LCCo, que se encontra anexo (MURRAY, 2011).

Dyson e Murray (2010) avaliaram 78 cavalos, com ossificação das cartilagens ungulares, por RM de alto campo (1.5T) e baixo campo magnético (0.27T) e observaram que lesões dos LCCos e condrosesamóideos apresentaram um discreto aumento focal do sinal de intensidade em imagem *Short Tau Inversion Recovery* (STIR) na sua origem na cartilagem.

O tecido congelado não contém prótons móveis suficientes para gerar um sinal de radiofrequência, assim amostras devem ser descongeladas antes da geração de imagens (WIDMER et al, 1999).

Widmer et al. (1999) utilizaram membros de equino congelados/descongelados submetidos à RM de alto (1,5T) e baixo (0,3T) campo e obtiveram como resultado excelentes detalhes anatômicos e contraste de tecidos moles em ambas RM nas imagens de casco ponderadas em T1 nos planos sagital e transversal. As imagens obtidas pós-descongelamento não foram comprometidas por artefatos relacionados à técnica e apresentaram qualidade diagnóstica de boa à excelente.

Davies e Philip (2007) examinaram espécimes e concluíram que os LCCos são delgados, com característica laminar, quando comparado com o LC que apresenta o alinhamento de fibras de colágeno bem mais evidentes. Observaram também que os LCCos localizam-se dorsolateralmente e são contínuos aos anexos fasciais da cartilagem ao osso navicular. Descreveram que pequena porção de filamentos de colágeno ligam a cartilagem diretamente a F2 e, portanto, pode ser descrito com precisão como LCCos. Descrições e nomes inconsistentes desses ligamentos na literatura anatômica podem ser devidos as diferentes rotas de dissecação usadas para investiga-los, ou

possivelmente a diferenças anatômicas entre diferentes tipos ou raças de cavalos.

Diante da escassez de parâmetros anatômicos e imagenológicos para o ligamento condrocoronal o presente estudo teve como objetivo descrever suas características morfológicas e morfométricas associadas com as técnicas de diagnóstico por imagem de ultrassonografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado e está em conformidade com a comissão de ética do uso de animais da Universidade do Estado de São Paulo (CEUA) sob o protocolo 0191/2017. O estudo foi realizado no laboratório de imagem do Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu (FMVZ/UNESP).

ESTUDO ANATÔMICO MACROSCÓPICO SECCIONAL

Foram utilizadas 20 peças para o estudo anatômico macroscópico, seccional.

O procedimento para visualização do LCCo constituiu na realização de cortes metaméricos da região da borda coronal do estojo córneo utilizando uma serra fita (C.A.F®, SFO255) para sua realização. As peças foram visualizadas e fotodocumentadas previamente à fixação em solução aquosa de formol a 10%. A partir do material confeccionado pode se visualizar o LCCo partindo da porção apical da cartilagem ungular (lateral/medial) e se inserindo na depressão existente nas faces lateral e medial da porção distal da F2.

Para melhor identificação do LCCo foi feito um corte transversal com 20° de inclinação no sentido da face coronal (dorsal) do estojo córneo em direção à face palmar na região dos bulbos (Figura 1-3).



Figura 1 - Imagem fotográfica demosntrando vários ângulos de corte do casco para identificação do LCCo. Fonte: arquivo pessoal.



Figura 2 – A: imagem fotográfica da peça seccionada demonstrando o ângulo de secção do bordo coronário para melhor identificação do LCCo. B: Corte anatômico seccional transversal da peça anatômica demonstrando o LCCo e LC. Fonte: arquivo pessoal.



Figura 3 – A, B e C: imagem fotográfica demonstrando sequência de dissecção das peças anatômicas para identificação do LCCo. Fonte: arquivo pessoal.

Na dissecção, para a visualização do LCCo, procedeu-se a retirada da pele na região acima da borda coronal o estojo córneo. Rebateu-se também o tecido conectivo até alcançar a cartilagem ungular. Abriu se uma janela na mesma, próximo a região apical, alcançando se o LC (lat/med), localizado entre a F2 e F3. O LC encontra se na posição vertical e serve de referência para visualização do LCCo que localiza-se em posição horizontal em relação ao LC, imediatamente acima deste (figura 9-A e B).

ESTUDO IMAGENOLÓGICO

Foram utilizadas vinte (20) peças anatômicas de membros torácicos, 10 do membro direito e 10 do membro esquerdo, de equinos, machos e fêmeas, adultos, oriundos de animais sem histórico de afecções do sistema locomotor, destinadas ao exame de necropsia e cedidas pelo Equicenter Hospital Veterinário de Tatuí/SP.

As peças anatômicas para os estudos de imagem foram seccionadas distalmente a articulação carpo-metacarpiana e uma luva de látex foi colocada

proximalmente para evitar perda de líquidos. Posteriormente, ferraduras e cravos foram removidos e as peças foram submetidas ao congelamento a - 17º graus em freezer de uso doméstico por um período de 10 dias.

Após 24 horas de descongelamento cada peça foi lavada com água corrente para remoção de resíduos de corte e sujidades, tricotomizada circunferencialmente na região coronária do casco até 3 cm proximal, na região da AIFP. Após secar, a peça foi submetida aos exames de Rx US, TC e RM (Figura 4).



Figura 4 - Imagem fotográfica da peça anatômica demonstrando área tricotomizada circunferencial na região coronária do casco. Fonte: arquivo pessoal.

As imagens de Rx foram realizadas para critério de exclusão de peça com presença de alterações musculoesqueléticas e, assim, evitar o comprometimento do estudo.

O exame de ultrassonografia foi realizado com o equipamento móvel da marca *Sonoscape*®, modelo S6V, com probe linear multifrequencial 10L1 (5 a

15 MHz). Após preparo da peça, realizou-se a limpeza da pele com álcool hidratado 46° (*Cooperalcool®*) e como meio de contato para transmissão ultrassonográfica foi utilizado gel acústico - *Carbogel®*.

A ultrassonografia modo B foi realizada com o objetivo de identificar o LCCo, diferencia-lo do LC da AIFD e avaliar dimensões como comprimento e largura. As imagens obtidas foram avaliadas em DICOM utilizando-se o *software* do equipamento de US.

No exame US realizou se inicialmente a identificação do ligamento LC posicionando a probe na face dorsolateral e dorsomedial do bordo coronário dorsal 3 cm do plano mediano, em posição entre 2 e 10 horas (considerando 12 horas o plano mediano), nos planos longitudinal e transversal (Figura 5 A e B). Após a identificação o LC no plano transversal deslocou-se a probe em sentido à linha mediana, ultrapassando o limite da fossa colateral da F2 (eminência) e identificou se o LCCo em sua inserção na F2 (lateral/medial). A imagem ultrassonográfica no plano longitudinal do LCCo foi realizada seguindo seu trajeto em direção a cartilagem ungular onde se origina (Figura 5 C).

O plano transversal foi realizado posicionando-se a probe centralizada sobre o LCCo entre o bordo coronário dorsal e a eminência da fossa colateral da F2 e girando 90° em sentido proximal, parasagital ao TEDC.

Para identificação simultanea dos dois LCCos, lateral e medial, no plano longitudinal, posicionou-se a probe dorsalmente, centralizada na linha mediana, perpendicular eixo dorsal das falanges, justaposta a linha horizontal do bordo coronário dorsal (Figura 5 D e E).



Figura 5 – A e B: imagem fotográfica demonstrando abordagem ultrassonográfica para identificação do LC no plano longitudinal e transversal. C: abordagem ultrassonográfica para identificação do LCCo no plano longitudinal. D e E: abordagem dorsal para visibilização do ligamento LCCo medial e lateral no plano longitudinal.

Para o exame de tomografia computadorizada (TC) utilizou-se um tomógrafo da marca Shimadzu modelo SCT 7800 TC Helicoidal de 1 canal. As peças foram submetidas ao exame de TC (17 peças), iniciando-se com o *scout* e aquisição de imagens com 141 cortes transversos de 1mm de espessura, usando 120kVp e 130mAs. As imagens em DICOM foram avaliadas no *software Workstation Clear Canvas®* em coeficiente de atenuação de tecido ósseo e tecidos moles (Figura 6).



Figura 6 – A e B: Imagem fotográfica demonstrando tomógrafo marca Shimadzu modelo SCT 7800 TC Helicoidal de 1 canal e a peça anatômica posicionada na mesa sob o Gantry do equipamento de TC.

O exame de RM foi realizado utilizando-se o equipamento modelo Vet-MR Grande 0,25 tesla (*low-field*) com quatro canais de radiofrequência, da marca Esaote® (Figura 7). As peças anatômicas foram posicionadas no isocentro acopladas a bobina e posicionada na área correspondente à região coronária do casco para melhor alinhamento ao campo magnético. Foram realizadas as sequências de pulso de imagem com espessuras de corte de 0,8, 3,0 e 4,0 mm conforme o Quadro 1. As imagens obtidas em DICOM foram avaliadas utilizando-se o software *Workstation Clear Canvas*®.

Quadro 1: Protocolo de sequências de pulso realizadas no exame de RM.

* Axial spin echo densidade de próton ponderada em T2 (SE DP- T2) - Echo#1 (TR: 4733,33ms; TE: 28ms). 3mm
* Axial spin echo densidade de próton ponderada em T2 (SE DP - T2) - Echo#2 (TR: 4733,33ms; TE:90ms). 3mm
* Axial SE T1 (TR: 500; TE: 26). 3mm
* Dorsal SE T1 (TR: 600; TE: 26) 4mm
* Sagital SE T1 (TR: 600; TE: 26) 4mm
* Dorsal turbo spin echo ponderada em T2 (TR: 4733,33; TE:90), perpendicular ao ligamento colateral TSE T2 (TR: 4433,33; TE: 80). 4mm
* Sagital turbo spin echo ponderada em T2 (TR: 4733,33; TE:90), perpendicular ao ligamento colateral TSE T2 (TR: 4433,33; TE: 80). 4mm
* Axial Short Tau Inversion Recovery (STIR) (TR: 4100; TE: 26). 3mm
* Dorsal Short Tau Inversion Recovery (STIR) (TR: 3000; TE: 26). 4mm
* Sagital Short Tau Inversion Recovery (STIR) (TR: 4000; TE:26). 4mm
* Dorsal fast gradiente echo ponderada em T1 (Turbo 3D T1): (TR: 33.33; TE: 14). Com 0,8mm de espessura



Figura 7 - Imagem fotográfica demonstrando equipamento de RM modelo Esaote Vet-MR grande com a peça anatômica posicionada no isocentro acoplada na bobina. Fonte: arquivo pessoal.

RESULTADOS

ESTUDO ANATÔMICO

Durante a dissecação do LCCo ficou muito claro a dificuldade de separar as fibras do ligamento, porque as mesmas encontram-se entremeadas ao LC (abaxialmente) e a cartilagem unguear (axialmente). Em algumas peças a dificuldade foi ainda maior e esta distinção, macroscopicamente, ficou bem pouco evidente (figura 9 A e B, 10,11).

Observou-se a disposição anatômica relativa entre o LCCo e LC formando um ângulo de aproximadamente 45° (Figura 8-9).



Figura 8 - Ilustração de imagem tomográfica tridimensional demonstrando o LCCo (vermelho) e LC (amarelo) na representação do ângulo entre os LCCo e LC. Fonte: arquivo pessoal.



Figura 9 - A: peça anatômica dissecada demonstrando a identificação do LCCo, LC, TEDC e cartilagem ungular(*) da região coronariana na transição córnea do casco. B: ilustração da peça anatômica dissecada demonstrando o LCCo (vermelho), LC (amarelo) e cartilagem ungular (azul) da região coronariana na transição córnea do casco. Fonte: arquivo pessoal.



Figura 10 - Corte anatômico seccional transversal da peça anatômica demonstrando o LCCo e LC. Fonte: arquivo pessoal.

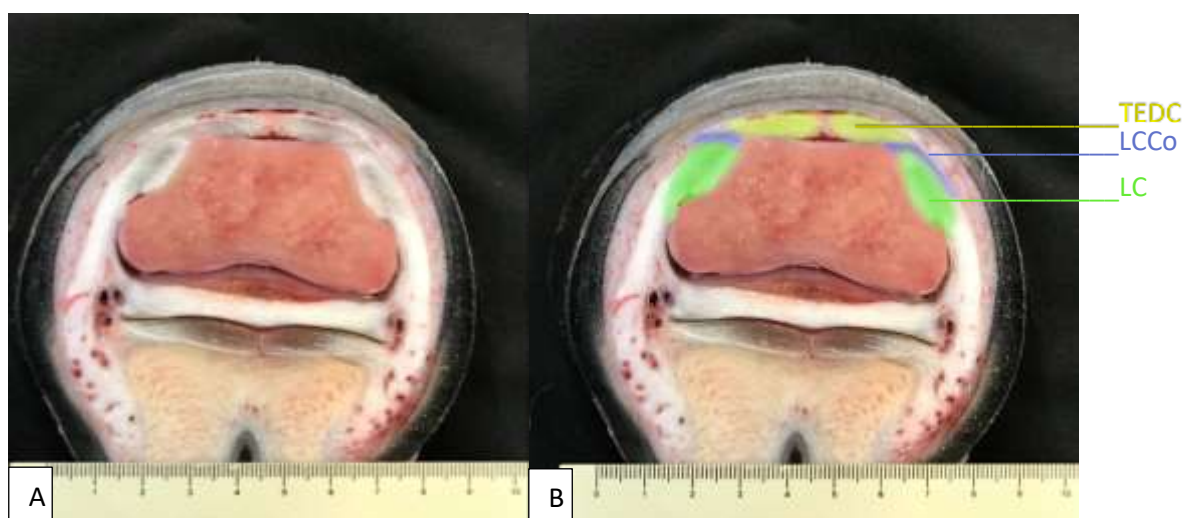


Figura 11 - A: corte anatômico seccional transversal da peça anatômica demonstrando o LCCo, LC e tendão extensor digital comum. B: Imagem ilustrativa do corte anatômico seccional da peça demonstrando o LCCo (azul), LC (verde), TEDC (amarelo). Fonte: arquivo pessoal.

ESTUDO IMAGENOLÓGICO

As peças foram descongeladas previamente aos exames de imagem por 24 horas e não houve interferência na aquisição das imagens nas diferentes modalidades (US, TC e RM).

US

Foram identificados os LCs na fossa colateral da F2, lateral e medial, no plano longitudinal e feito mensuração de sua largura (Figura 12 – A e B) e no plano transversal, mensurando a espessura e largura (Figura 13 – A e B).

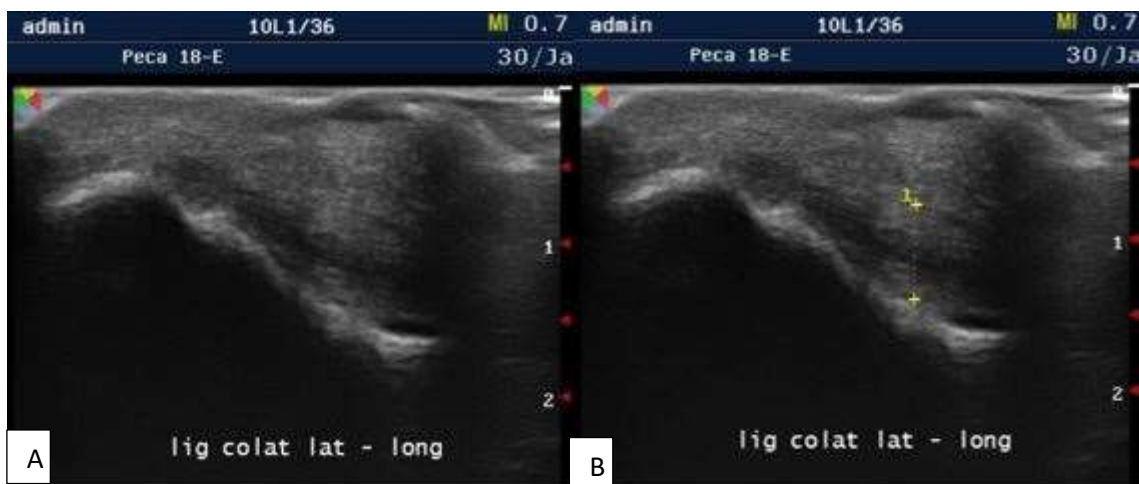


Figura 12 - A: imagem ultrassonográfica do LC lateral em plano longitudinal. B: Imagem ultrassonográfica do LC lateral em plano longitudinal demonstrando mensuração de largura. Fonte: arquivo pessoal.

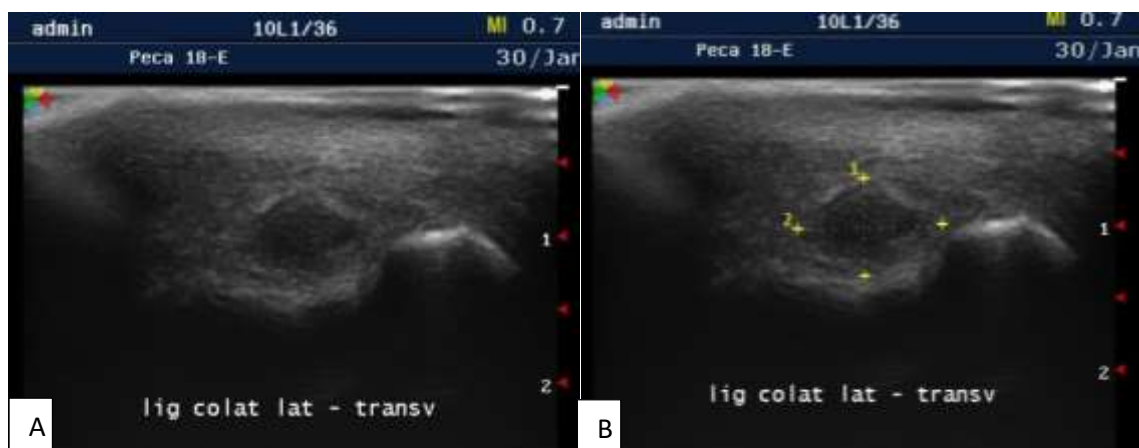


Figura 13 - A: Imagem ultrassonográfica do LC lateral em plano transversal.

B: Imagem ultrassonográfica do LC demonstrando mensuração de espessura e largura. Fonte: arquivo pessoal.

O LCCo foi identificado no plano longitudinal nas faces dorsolateral e dorsomedial da região coronal isoladamente (lat/med) em sua inserção na F2 quando ultrapassou-se o limite da fossa colateral e três mensurações foram realizadas para obter uma média (inserção, médio e até onde era possível sua visualização em direção a cartilagem unguear) (Figura 14 – A e B).

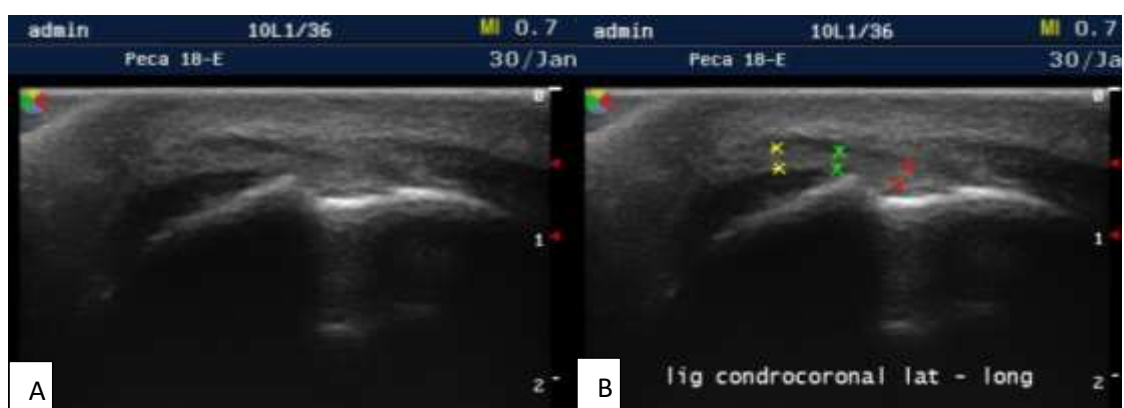


Figura 14 - A: Imagem ultrassonográfica do LCCo lateral em plano longitudinal.

B: Imagem ultrassonográfica do LCCo lat em plano longitudinal demonstrando mensuração de largura (B). Fonte: arquivo pessoal.

O LCCo no plano transversal, obtido com um giro da probe de 90° na inserção da F2, e duas mensurações foram feitas (espessura e largura), porém não foi possível identifica-lo em todas as peças (Figura 15 – A e B).

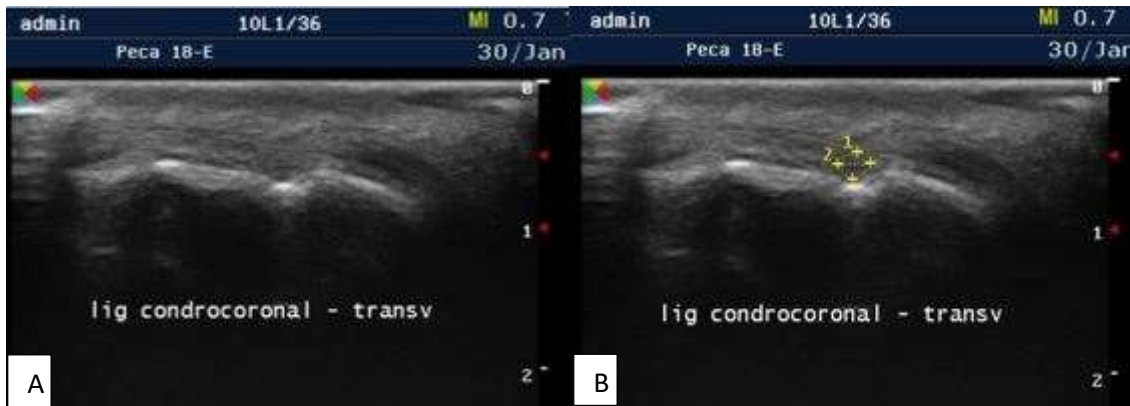


Figura 15 - A: imagem ultrassonográfica do LCCo lateral em plano transversal. B: Imagem ultrassonográfica do LCCo demonstrando mensuração de largura. Fonte: arquivo pessoal.

Após identificação isolada do LCCo e sua inserção na F2, deslocou se a probe palmarmente e verificou se uma relação topográfica com o LC e a cartilagem unguear de mesmo lado (Figura 16).

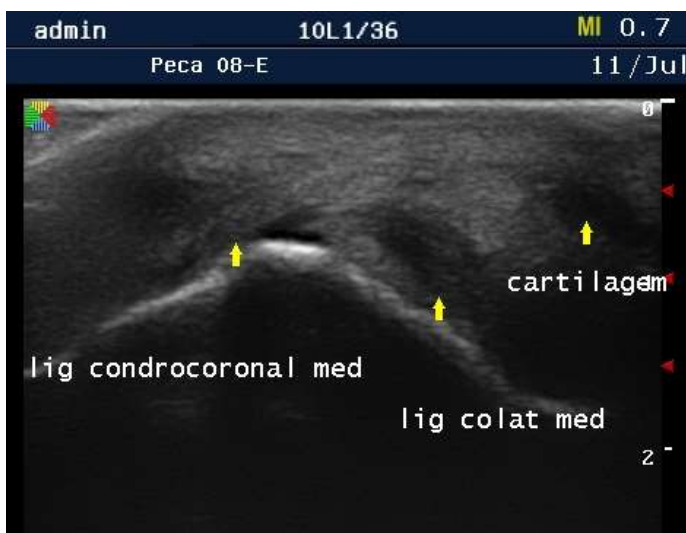


Figura 16 - Imagem ultrassonográfica em plano longitudinal demonstrando o LCCo e LC e cartilagem unguear. Fonte: arquivo pessoal.

Pela abordagem dorsal da região coronária do estojo córneo foi possível visualizar simultaneamente os LCCos lateral e medial em algumas peças. Sua relação topográfica com o TEDC também ficou mais evidente e foi possível notar uma angulação diferente entre os LCCos na entese da F2 (Figura 17).

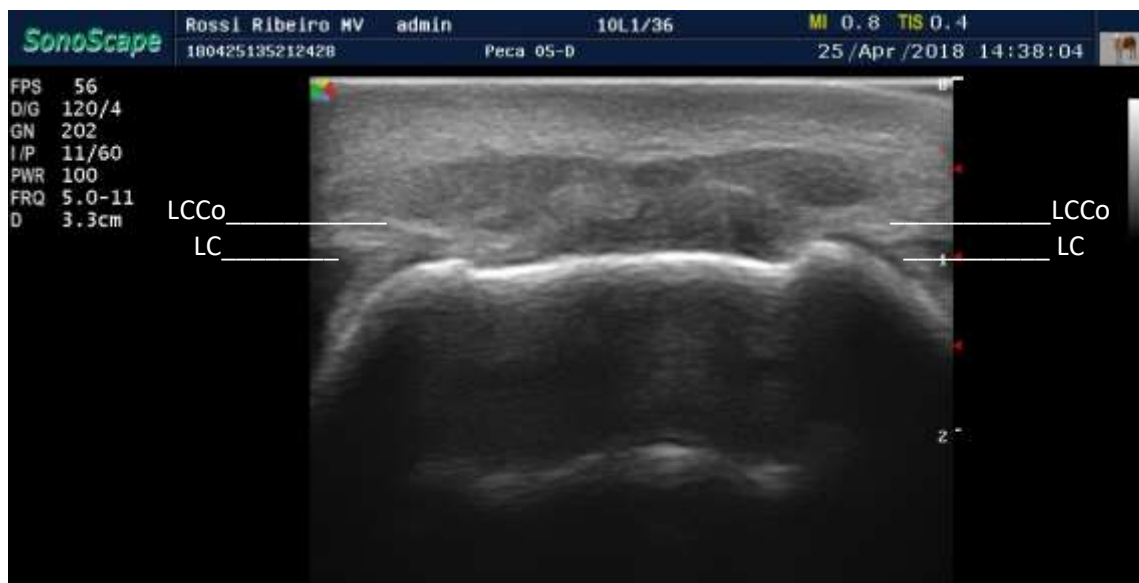


Figura 17 - Imagem ultrassonográfica em plano longitudinal pela abordagem dorsal da região coronária do estojo córneo, demonstrando os LCCos lateral e medial. Fonte: arquivo pessoal.

A imagem ultrassonográfica pela abordagem dorsal comparada ao corte seccional anatômico mostrou evidências da diferenciação entre LCCo e LC (Figura 18).

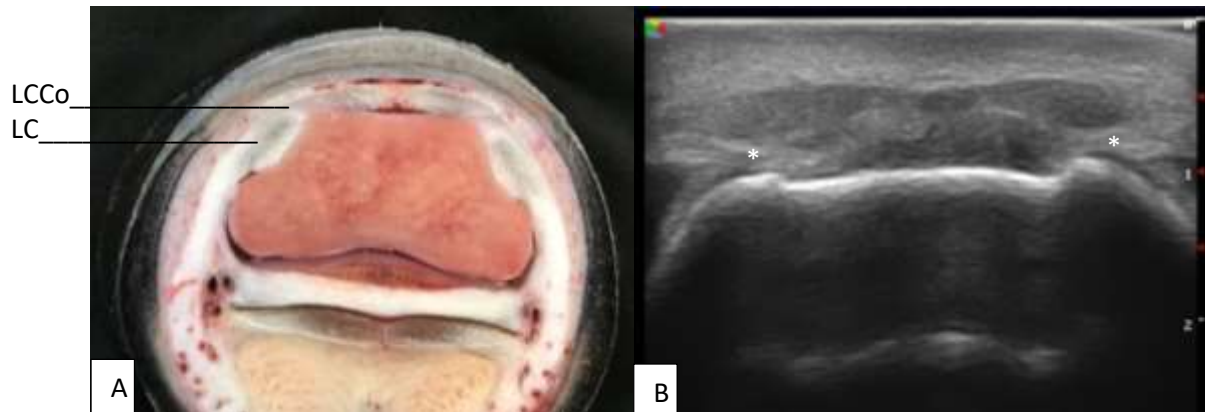


Figura 18 – A: Corte anatômico seccional transversal da peça anatômica demonstrando a identificação do LCCo lateral e medial. B: imagem ultrassonográfica em plano longitudinal pela abordagem dorsal da região coronária do estojo córneo, demonstrando os LCCos lateral e medial (*). Fonte: arquivo pessoal.

A flexão da AIFD melhorou a visibilização do LCCo e a diferenciação das estruturas adjacentes (Figura 19). Adicionalmente, observou se na imagem ultrassonográfica dinâmica (flexão e extensão da AIFD) que as duas estruturas, LCCo e LC, apresentaram movimentos assíncronicos.



Figura 19 - A e B: Imagem fotográfica demonstrando abordagem ultrassonográfica dorsal para visualização do LCCo com a AIFD flexionada. Fonte: arquivo pessoal.

O Quadro 2 ilustra a frequência e porcentagem da ecogenicidade dos LCs e LCCos no exame ultrassonográfico dos membros torácicos.

Quadro 2: Frequência e porcentagem (%) de ecogenicidade dos LCs e LCCos no exame ultrassonográfico dos membros torácicos

Estrutura	Ecogenicidade (US)	
Frequência e Porcentagem (%)	Hipoecogênico no centro e hiperecogênico nos bordos	Isoecogênico em relação aos tecidos adjacentes.
LC lat	20 100%	0 0.00
LC med	20 100%	0 0.00
LCco lat	0 0.00	20 100%
LCco med	0 0.00	20 100%

Conforme o Quadro 2, nas 20 peças submetidas ao exame ultrassonográfico, os LCs lateral e medial apresentaram aspecto hipoecogênico no centro e hiperecogênico nos bordos (heterogêneo). Já, os LCCos lateral e medial apresentaram características isoecogênicas em relação aos tecidos adjacentes.

O Quadro 3 ilustra a frequência e porcentagem (%) do ângulo de entese do LCCo.

Quadro 3: Frequência e porcentagem (%) do ângulo de entese do LCCo no exame ultrassonográfico pela abordagem dorsal dos membros torácicos.

Estrutura	Ângulo de entese LCCo (US)	
Frequência e Porcentagem (%)	Nulo	Agudo
LCCo lat	1	15
	6.25%	93.75%
LCCo med	15	1
	93.75%	6.25%

Conforme o Quadro 3, das 20 peças avaliadas pelo exame ultrassonográfico, o LCCo lateral apresentou ângulo de entese agudo, em 15 peças (93,75%) e nulo em apenas 1 peça (6,25%). Já o LCCo medial, 15 peças (93,75%) apresentaram ângulo de entese nulo e 1 peça (6,25%) agudo.

TC

O exame de TC na janela óssea e janela de tecidos moles demonstrou as silhuetas ósseas do aspecto dorsolateral e dorsomedial, as fossas colaterais da F2 e F3. Porém os LCCos e LCs não foram precisamente visibilizados (Figura 20 e 21).

Na imagem tridimensional (3D) evidenciou as enteses dos ligamentos e assim as relações topográficas do LCCo com o LC, F2, cartilagem ungueal e estojo córneo (Figura 22).

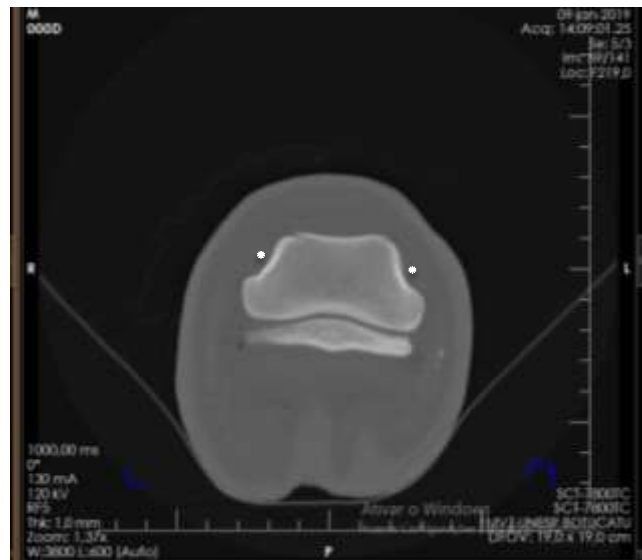


Figura 20 - Imagem de TC em janela óssea no plano axial demonstrando as fossas colaterais (*). Fonte: arquivo pessoal.

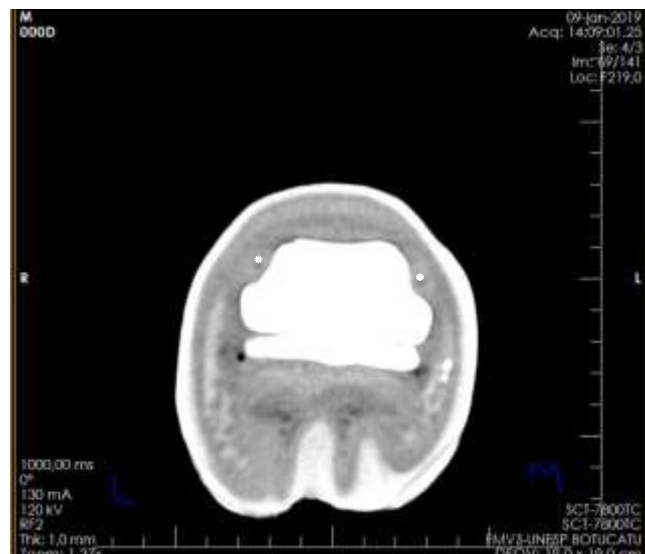


Figura 21 - Imagem de TC em janela de tecidos moles no plano axial demonstrando as fossas colaterais (*). Fonte: arquivo pessoal.

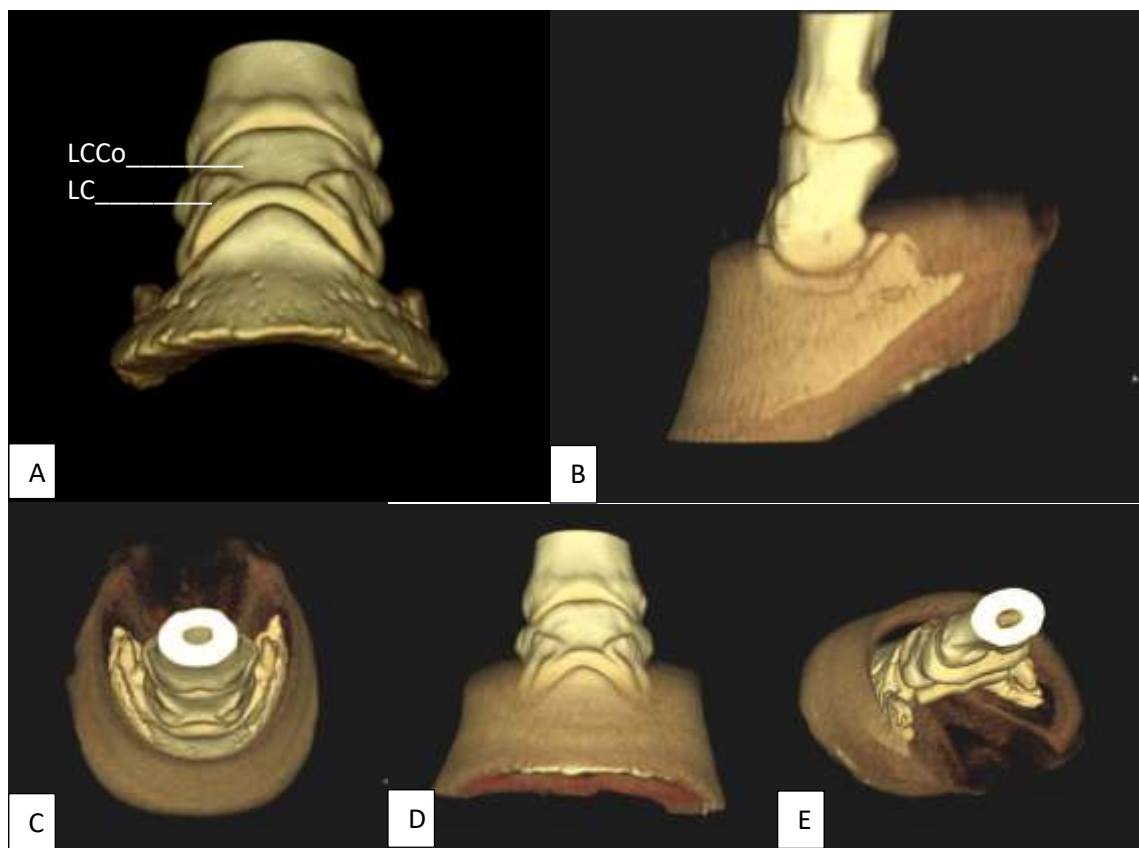


Figura 22 - Imagem tomográfica tridimensional (3D) demonstrando o aspecto dorsal (A) e lateral (B) da fossa colateral de F2 e eminência óssea em topografia de entese do LCCo e sua relação com o estojo córneo (C,D,E).
Fonte: arquivo pessoal.

RM

As imagens de RM nas sequências T1 e T2, no plano axial, permitiu melhor visibilização do LCCo e diferenciação das estruturas adjacentes, em relação as outras sequências executadas. Permitiu também visibilizar os ângulos de enteses na F2 (Figura 23).



Figura 23 - Imagem de RM na sequência ponderada em T2 em plano axial demonstrando os ligamentos LCCo e LC. Fonte: arquivo pessoal.

As imagens no plano sagital permitiram a visualização do LCCo quando analisada em conjunto com o plano axial com o uso da ferramenta *spatial locator* que simultaneamente localiza a mesma estrutura em planos diferentes (Figura 24). No plano dorsal o LCCo não foi visualizado (Figura 25).

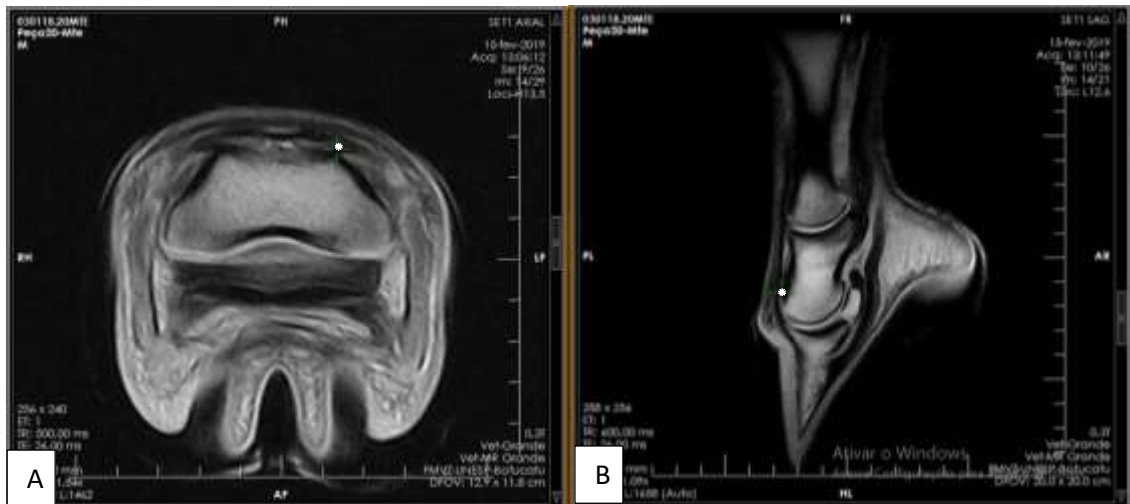


Figura 24 - A: imagem de RM na sequência ponderada em T1 em plano axial demonstrando o LCCo por ferramenta “*spatial locator*”(*). B: imagem de RM na sequência ponderada em T1 em plano sagital demonstrando o LCCo por ferramenta “*spatial locator*”(*). Fonte: arquivo pessoal.

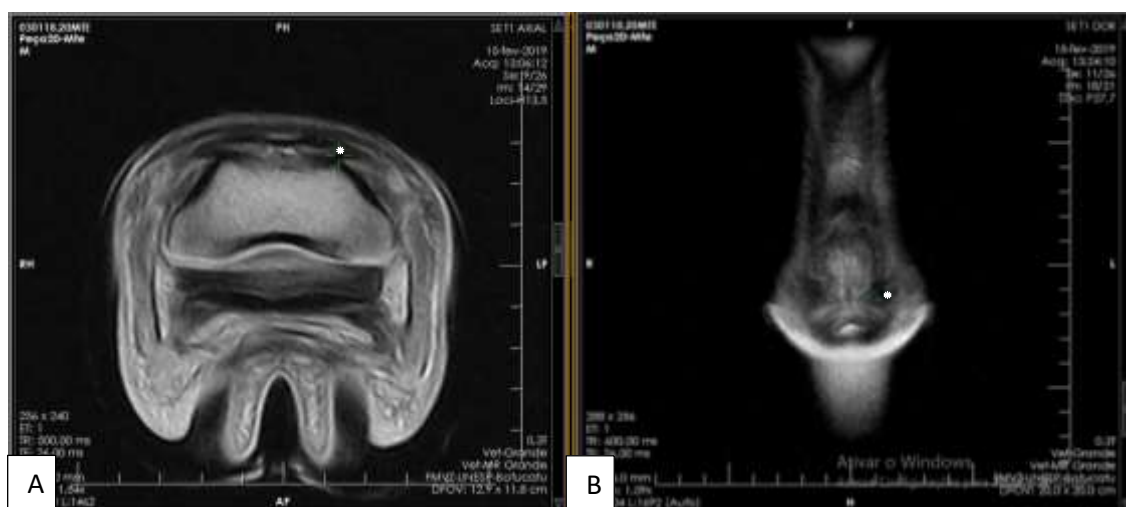


Figura 25 - A: imagem de RM na sequência ponderada em T1 em plano axial demonstrando o LCCo identificados por ferramenta “*spatial locator*”(*). B: imagem de RM na sequência ponderada em T1 em plano e dorsal (B) demonstrando o LCCo identificados por ferramenta “*spatial locator*”(*). Fonte: arquivo pessoal.

O Quadro 4 ilustra a frequência e porcentagem (%) das sequências de pulsos realizados no exame de RM (Intensidade de sinal T1 e T2 axial, Intensidade de sinal turbo 3D T1, T2 dorsal e STIR dorsal) nas peças dos membros torácicos.

Quadro 4: Frequência e porcentagem (%) das sequências de pulsos realizados no exame de RM (Intensidade de sinal T1 e T2 axial, turbo 3D T1, T2 dorsal e STIR dorsal) nas peças dos membros torácicos.

Intensidade de sinal T1 axial			Intensidade de sinal T2 axial	
Frequência e Porcentagem (%)	Heterogêneo (hiper e hipo)	Hiposinal na origem da P2, demais é heterogêneo	Heterogêneo (hiper e hipo)	Hiposinal na origem da P2, demais é heterogêneo
LC lat	14	0	20	0
	100%	0.00	100%	0.00
LC med	14	0	20	0
	100%	0.00	100%	0.00
LCCo lat	0	14	0	20
	0.00	100%	0.00	100%
LCCo med	0	14	0	20
	0.00	100%	0.00	100%
Turbo 3D T1 dorsal			T2 dorsal	STIR dorsal
Frequência e Porcentagem (%)	Heterogêneo (hiper e hipo)	Hiposinal	Hiposinal	Hiposinal
LC lat	19	1	20	20
	95%	5%	100%	100%
LC med	19	1	20	20
	95%	5%	100%	100%

Conforme o Quadro 4, em 14 peças submetidas ao exame de RM na sequência de intensidade de sinal T1 axial, os LCs lateral e medial apresentaram aspecto heterogêneo (hipersinal e hiposinal), totalizando 100% e os LCCos lateral e medial apresentaram características de hiposinal na origem na F2, totalizando 100%.

Nas 20 peças submetidas à sequência T2 axial, os LCs lateral e medial apresentaram aspecto heterogêneo (hipersinal e hiposinal), totalizando 100%. E os LCCos lateral e medial apresentaram características de hiposinal na origem na F2, totalizando 100%.

Na sequência turbo 3D T1 dorsal, os LCs lateral e medial, 95% (19 peças), apresentaram aspecto heterogêneo (hipersinal e hiposinal) e apenas 5% (1 peça) apresentou em hiposinal.

Em relação às sequências T2 dorsal e STIR dorsal, os LCs lateral e medial apresentaram hiposinal, totalizando 100%.

Os LCCos lateral e medial não são bem visibilizados nas sequências: turbo 3D T1 dorsal, T2 dorsal e STIR dorsal (Figura 25).

O Quadro 5 ilustra o ângulo de entese dos LCCo (lateral/medial) F2 em RM.

Quadro 5: Frequência e porcentagem do ângulo de entese dos LCCo (lateral/medial) na F2 dos membros torácicos no exame de RM.

Estrutura	Ângulo na topografia de entese dos LCCos na F2 (axial T1 e T2)	
	Nulo	Agudo
Frequência		
LCCo lat	5	15
	25%	75%
LCCo med	14	6
	70%	30%

Conforme o Quadro 5, na modalidade de imagem de RM, 75% do LCCo lateral apresentaram ângulo de entese agudo e 25% nulo. Já o LCCo medial 70% apresentaram ângulo de entese nulo e 30% agudo.

O Quadro 6 ilustra largura longitudinal, transversal e espessura (mm) dos LC (lateral/medial) e LCCo (lateral/medial) no US.

Quadro 6: Largura longitudinal, transversal e espessura (mm) dos LC (lateral/medial) e LCCo (lateral/medial) na modalidade de imagem de US

Largura Longitudinal (mm)			Espessura Transversal		Largura Transversal (mm)	
	N	média (desvPad)	N	média (desvPad)	N	média (desvPad)
LC lat	20	6,2 (1,01) ^a	20	6,35 (0,91) ^a	20	11,86 (1,49) ^a
LC med	20	6,66 (0,75) ^a	19	6,26 (0,88) ^a	19	12,24 (1,71) ^a
LCCo Lat	20	1,52 (0,23) ^b	14	2,12 (0,56) ^b	14	3,52 (1,31) ^b
LCCo Med	20	1,52 (0,28) ^b	12	1,92 (0,53) ^b	12	3,05 (0,67) ^b

Analisando o membro direito e o esquerdo conjuntamente no exame ultrassonográfico (Quadro 6), observou-se diferença significativa na largura longitudinal (mm) entre o LC lateral e o LCCo lateral, e entre o LC medial e o LCCo medial ($p < 0,05$). No entanto, o LC lateral não diferenciou do LC medial, assim como, o LCCo lateral e medial respectivamente ($p > 0,05$). A média da largura no plano longitudinal dos LCs lateral/medial foi de 6mm e dos LCCos lateral/medial foi de 1,52mm.

Nas variáveis largura no plano transversal (mm) e espessura no plano transversal (mm) averiguou diferença significativa entre o LC lateral e o LCCo lateral e entre o LC medial e o LCCo medial ($p < 0,05$). Porém, o LC lateral não diferenciou do LC medial, assim como, o LCCo lateral e medial respectivamente ($p > 0,05$).

No plano transversal, o LC lateral teve média de 6,35mm x 11,86mm (espessura x largura) e o LC medial teve média de 6,26mm x 12,24mm

(espessura x largura). Já o LCCo lateral teve a média de 2,12mm x 3,52mm (espessura x largura) e o LCCo medial 1,92mm x 3,05mm (espessura x largura).

As imagens da RM em plano axial comparadas ao corte seccional anatômico mostraram evidências da diferenciação entre LCCo e LC (figura 26).

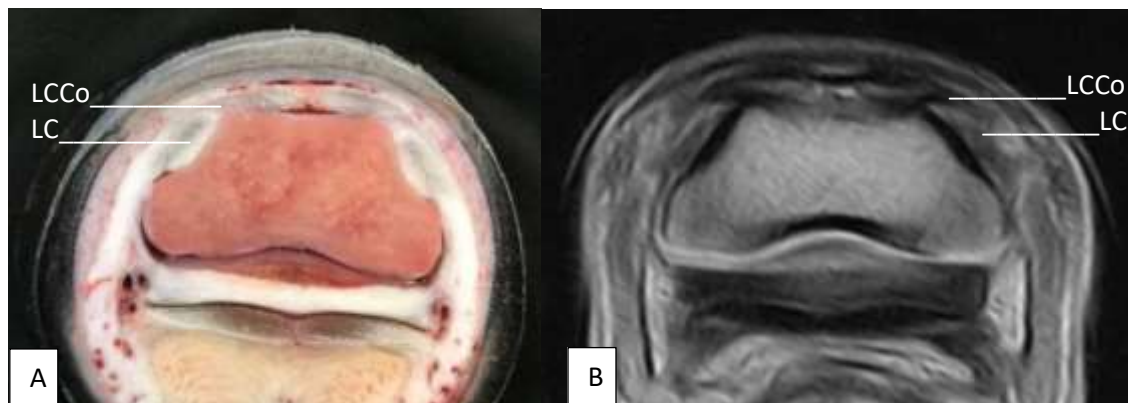


Figura 26 – A: Corte anatômico seccional identificando LCCo e LC. B: imagem de RM na sequência ponderada em T1 em corte axial identificando o LCCo e LC). Fonte: arquivo pessoal.

DISCUSSÃO

Para identificação do LCCo inicialmente realizou-se a dissecação do LC nas fossas colaterais da F2 e F3, duas estruturas curtas nas faces dorsolateral e dorsomedial da região coronária do estojo córneo. Observou-se sua relação topográfica com o LCCo, TEDC e demais estruturas adjacentes nos cortes anatômicos seccionais. Barone (2000) na análise dos LCs da AIFD também observou que são estruturas fortes e curtas, localizadas simetricamente nas faces dorsomedial e dorsolateral da articulação. Denoix (2000) mostrou ter uma orientação distopalmar oblíqua com origem na respectiva fossa colateral da F2 e inserção na fossa colateral da F3. Estão em continuidade dorsalmente com o

TEDC e palmarmente com a face dorsal da cartilagem ungular correspondente. A sua porção proximal está revestida pelo bordo coronário, enquanto a porção distal (metade) está incluída no casco. Foi possível observar esta relação topográfica e identificar o LCCo em posição dorsoabaxial ao LC como descrito por Murray (2011) e com inserção na transposição da eminência da fossa colateral da F2 pelo corte seccional transversal de aproximadamente 20° do estudo anatômico.

O LCCo conecta a parte dorsal da cartilagem a face dorsolateral/dorsomedial da F2 e suas fibras unem-se parcialmente ao LC (RUOHONIEMI et al., 1997b; ADAMS; STASHAKS, 2011). Esta união de fibras foi observada na dissecação do presente estudo, porém ficou muito claro a dificuldade de separar as fibras do ligamento, porque as mesmas encontravam-se entremeadas ao LC (abaxialmente) e a cartilagem ungular (axialmente). Em algumas peças a dificuldade foi ainda maior e esta distinção, macroscopicamente, ficou pouco evidente.

Davies e Philip (2007) examinaram espécimes e concluíram que os LCCos são delgados, com característica laminar, quando comparado com o LC que apresenta o alinhamento de fibras de colágeno bem mais evidentes, e em sua extensão se adere fortemente à cartilagem. Observaram também que os LCCos localizam-se dorsolateralmente e são contínuos aos anexos fasciais da cartilagem ao osso navicular. Descreveram que pequena porção de filamentos de colágeno ligam a cartilagem diretamente a F2 e, portanto, pode ser descrito com precisão como LCCos. Descrições e nomes inconsistentes desses ligamentos na literatura anatômica podem ser devidos as diferentes rotas de dissecação usadas para investiga-los, ou possivelmente a diferenças anatômicas entre diferentes tipos ou raças de cavalos.

As peças foram descongeladas previamente aos exames de imagem por 24 horas e não houve interferência na aquisição das imagens nas diferentes modalidades (US, TC e RM). Widmer et al. (1999) utilizaram membros de equino congelados/descongelados submetidos à RM de alto (1,5T) e baixo (0,3T) campo e obtiveram como resultado excelentes detalhes anatômicos e

contraste de tecidos moles em ambas RM nas imagens de casco ponderadas em T1 nos planos sagital e transversal. As imagens obtidas pós-descongelamento não foram comprometidas por artefatos relacionados à técnica e apresentaram qualidade diagnóstica de boa à excelente.

Uma abordagem ultrassonográfica com visibilização e mensuração dos LCCo e LC foi registrada nos planos longitudinal e transversal corroborando com Denoix et al (2011) que relataram falta de descrição detalhada da técnica e da aparência normal dos ligamentos na seção transversal e longitudinal. Além da US, a avaliação por TC e RM mostrou resultados adicionais para descrição dos ligamentos, como Gaschen; Burga (2012) recomendam a associação de múltiplas modalidades de imagem para obter uma avaliação precisa da lesão musculoesquelética em cavalos.

O LCCo apresentou isoecogenicidade em relação aos tecidos adjacentes e o LC apresentou hiperecogenicidade na periferia e hipoecogenicidade no centro, isto é, heterogêneo. Fato explicável por Denoix et al (2011), pois o LC em diferentes angulações apresenta camadas com ecogenicidade diferente, variando de ecogênico a hipoecogênico, podendo apresentar-se anecóico em regiões mais distais. Essas camadas correspondem a diferentes fascículos do LC com orientação específica para as fibras. Os ligamentos são muito sensíveis à angulação da probe e são ecogênicos apenas se as interfaces de fibra forem perpendiculares ao feixe de ultrassom.

Nas mensurações do plano longitudinal o LCCo apresentou media de 1,52mm de largura e o LC teve média de 6mm. No plano transversal a media do LC foi de 6mm de espessura x 12mm de largura. Resultados semelhantes aos de Denoix et al (2011) em corte transversal, o LC dentro da fossa colateral de inserção na F2 apresentou seção transversal de aproximadamente 6 a 9 mm de espessura e 12 a 16 mm de largura.

No plano transversal conforme o Quadro 6, a mensuração pode apresentar variações e esse fato pode ser atribuído à dificuldade de aquisição da imagem ultrassonográfica na região coronal devido a diferentes

conformações do casco e possível interposição do LCCo com o LC. Assim ressalta-se o plano longitudinal para a visualização e mensuração do LCCo.

O LC foi avaliado sem flexão da AIFD, como recomendam Denoix et al (2011) pois a AIFD estando em flexão ou extensão interfere na aparência ecogênica do LC. Entretanto o LCCo na abordagem dorsal foi avaliado em flexão da AIFD. A flexão possibilitou melhor visualização do LCCo com maior exposição da face coronal, sem interferir na ecogenicidade, pois apesar de inserir nas proximidades do LC e apresentar íntima relação, sua origem é na cartilagem ungular que está localizada na extremidade palmar e sob flexão produz distanciamento e tensão suficiente para não interferir na ecogenicidade do LCCo. Além do LCCo estar localizado mais palmar em relação ao LC, ele estabelece conexões com o próprio LC, cartilagem e todo o tecido conectivo da face dorsolateral como citou Davies e Philip (2007).

A flexão da AIFD melhorou a visualização do LCCo e a diferenciação das estruturas adjacentes (figura 19). Adicionalmente, observou-se na imagem ultrassonográfica dinâmica (flexão e extensão da AIFD) que as duas estruturas, LCCo e LC, apresentaram movimentos assíncronos.

A abordagem dorsal longitudinal permitiu avaliar o ângulo de entese dos LCCos na F2 e conforme demonstrado no Quadro 3, das 20 peças avaliadas pelo exame ultrassonográfico, o LCCo lateral apresentou ângulo de entese agudo, em 15 peças (93,75%) e nulo em apenas 1 peça (6,25%). Já o LCCo medial, 15 peças (93,75%) apresentaram ângulo de entese nulo e 1 peça (6,25%) agudo. Resultado semelhante foi observado na RM (Quadro 5) em que 75% dos LCCos lateral apresentaram ângulo agudo e 25% nulo. Já os LCCos medial 70% apresentaram ângulo nulo e 30% agudo. Uma hipótese deste resultado pode estar relacionada na descrição de uma pequena assimetria mediolateral de tamanho dos LCs da AIFD e da AIFP que tem sido encontrada em cavalos saudáveis, sendo o LC lateral tendencialmente mais comprido (DYSON et al., 2004) e o LCCo apresentar uma íntima relação com o LC (MURRAY (2011) e a eminência da fossa colateral lateral ser mais pronunciada que a medial.

O exame de TC tanto em janela óssea quanto em janela de tecidos moles não apresentou relevância quanto aos aspectos de imagem para os ligamentos hígidos. Clearhoudt et al. (2014) também avaliaram 10 membros por TC e observaram que pequenos ligamentos (ligamento impar, condroesamóideo, condrocoronal e condrocompedal, ligamento palmar da AIFP axial e abaxial) foram visibilizados com dificuldade e não foram identificados em todos os cortes. O LCCo está inserido próximo à origem do LC da AIFD e esta estreita conexão anatômica de algumas estruturas de tecidos moles, como os LCs da AIFD com a cartilagem ungular e o LCCo pode também explicar a dificuldade ou a impossibilidade de avaliação e diferenciação de bordos de vários ligamentos em imagens de TC.

Porém, a reconstrução de imagem tridimensional (3D) auxiliou na interpretação das relações topográficas do LCCo com o LC, F2, cartilagem ungular e estojo córneo, quando associada a outras modalidades diagnósticas como US e RM. Assim considerando-se que a TC é classificada como ferramenta útil para avaliação óssea e articular pela aquisição de imagem sem sobreposição de estruturas e reconstrução de imagem tridimensional (3D) (VANDERPERREN et al., 2008; MACHADO et al., 2016). No entanto fornece detalhes limitados dos tecidos moles, mesmo com aprimoramento de contraste (BARRET et al, 2018).

As imagens da RM em plano axial comparadas ao corte seccional anatômico mostraram evidências da diferenciação entre LCCo e LC, como mostrou Smith (2011) e Murray et al (2005, 2007) nos estudos de RM em cascos de cadáveres equinos hígidos que melhoraram a compreensão sobre os detalhes da anatomia do casco.

Jaskólska et al (2013) consideram muito importante a escolha da sequência na RM. As mais utilizadas para avaliação distal do dígito são T1 GE, T2 FSE, STIR e T2*GE, nos planos sagital, transversal e dorsal. Na RM de baixo campo, o protocolo básico pode consistir em T1 GE, T2 FSE e STIR nos planos sagital, transversal e dorsal (MAIR E KINNS, 2005). Neste estudo as imagens de RM nas sequências T1 e T2, no plano axial, permitiu melhor

visibilização do LCCo e diferenciação das estruturas adjacentes, em relação as outras sequencias executadas. Permitiu também visibilizar os ângulos de enteses na F2.

As imagens no plano sagital permitiram a visibilização do LCCo quando analisada em associação com o plano axial com o uso da ferramenta *spatial locator* que simultaneamente localiza a mesma estrutura em planos diferentes. Os LCCos lateral e medial não foram bem visibilizados nas sequências: turbo 3D T1 dorsal, T2 dorsal e STIR dorsal. Assim ressalta se os planos axiais para visibilização do LCCo.

Na sequência de T1 e T2 axial, os LCs, lateral e medial, apresentaram intensidade de sinal heterogêneo (hipersinal e hiposinal) e os LCCos, lateral e medial, apresentaram hiposinal na inserção na F2. Esta heterogenicidade de sinal do LC pode estar relacionada á formação de artefato de ângulo mágico, como observado por Spriet et al. (2007), a intensidade de sinal heterogêneo do LC em equinos hípidos em imagem de RM adquiridas com 0,25T foi atribuída á orientação vertical do isocentro do campo magnético em relação ao LC formando um artefato de ângulo mágico quando inferior a 55°. Uma hipótese da intensidade de sinal próximo a origem do LCCo na cartilagem ser heterogêneo pode ser devido a interposição com LC e assim também estar sujeito a formação do ângulo mágico como artefato.

No estudo anatômico seccional, o melhor corte para visualização do LCCo foi o corte seccional transversal em ângulo 20°, pelo fato do ligamento ser muito delgado e de difícil dissecção. O Exame radiográfico não contribuiu para visibilização do LCCo, apenas para exclusão de alterações que comprometessem o estudo.

Como o LCCo é pouco espesso e com estreitas relações anatômicas com outras estruturas circunvizinhas, a US permitiu melhor visibilização de suas ênteses, ângulos e relações com o LC, cartilagem e fossas colaterais da F2, por ser um exame dinâmico em relação a RM. Marcadamente foi possível notar o movimento assincrônico entre LCCo e LC. Com relação ao ângulo de êntese do LCCo na F2 a US foi mais específica por permitir a acomodação da

probe na face coronal em flexão e identificação simultânea dos dois LCCos, e assim maior percentagem de identificação dos ângulos em relação a RM.

Na RM, devido a aquisição de imagens seccionais e o LCCo ser muito delgado e curto, disposto anatomicamente no ângulo dorsolateral da região coronal, não foi possível a visualização do LCCo em todas as sequências de pulso. O acoplamento da peça a bobina em relação ao isocentro do magneto pode não ser perfeita. Isto pode estar relacionado ao resultado encontrado da proporção do ângulo de entese do LCCo lateral ser 75% agudo e o LCCo medial ser 25% nulo. Diferente da US que mostrou uma resultados superiores, sendo respectivamente 94% e 6%.

Na US foi possível a mensuração do LCCo no plano longitudinal, medindo 1,52mm de espessura, pois sua extensão foi melhor visualizada do que na RM, principalmente pela flexão e exposição da face coronal. Porém a mensuração no plano transversal foi considerada pouco praticável. Na RM os cortes axiais foram de 3mm e devido ao LCCo ser curto e angulado a visualização de sua extensão se tornou difícil em todos os cortes. Entretanto, na RM obteve-se maior detalhamento das estruturas anatômicas e um panorama mais amplo das relações topográficas do casco.

A TC em imagem 3D não evidenciou se os ligamentos especificamente, mas mostrou topograficamente as eminências das fossas colaterais da F2 e suas diferenças de tamanho, principalmente da lateral que é mais evidente, ajudando a correlacionar ao ângulo de entese do LCCo lateral ser mais agudo.

Por fim, quando comparados o corte anatômico seccional transversal com imagens de US em plano longitudinal pela abordagem dorsal e imagem de RM em plano axial T1 e T2, temos a completa diferenciação do LCCo e LC por meios de diagnóstico por imagem multimodal.

CONCLUSÃO

O estudo anatômico macroscópico seccional associado aos exames de RM e US possibilitaram a distinção e relação dos LCCo e LC.

As imagens de RM nas sequências T1 e T2 no plano axial permitiram melhor visualização do LCCo.

A abordagem ultrassonográfica do bordo coronário dorsal com o membro em flexão permitiu melhor visualização do LCCo sem interferir com o padrão de ecogenicidade e possibilitou o desenvolvimento de protocolos inéditos de avaliação do ligamento condrocoronal.

O exame ultrassonográfico pode ser considerado uma ferramenta de grande aplicabilidade para avaliação distinta do LCCo e LC, podendo contribuir no diagnóstico das enfermidades dos dígitos em equinos.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, O.R.; STASHAK'S, T.S. **Lameness in horses**. 6th ed. Oxford: Wiley-Blackwell. 2011, 373-386, 688-692.
- BARRETT M.F., MANCHON P.T., HERSMAN J., KAWCAK C.E. Magnetic resonance imaging findings of the proximal metacarpus in Quarter Horses used for cutting: retrospective analysis of 32 horses 2009-2012. **Equine Vet Journal**, v.50, p.172-8, 2018.
- CLAERHOUDT, S.; BERGMAN, E. H. J.; SAUNDERS, J. H. Computed tomographic anatomy of the equine foot. **anatomia, histologia, embryologia**, v. 43, n. 5, p. 395-402, 2014.
- BARONE, R. Articulations interphalangiennes. In: **Anatomie Comparée Des Mammifères Domestiques** - Tome 2: Arthrologie Et Myologie, 4th ed. Editions Vigot, Paris. 2000. p. 211-231.
- DAHLGREN, L. A. Pathobiology of tendon and ligament injuries. *Clinical Technique in Equine Practice*, v.6, p. 168-173, 2007.
- DENOIX, J.M. Ultrasonographic examination in the diagnosis of joint disease. In: W.C. McIlwraith and G.W. Trotter. Eds. **Joint Disease in the Horse**, Saunders, Philadelphia.1996. p. 165-202.
- DENOIX, J.M. Functional anatomy of the equine interphalangeal joints. In **Proceedings of the 45th Annual American Association of Equine Practitioners Convention**. EUA, 174-177, 1999.
- DENOIX, J.M. The equine distal limb: **an atlas of clinical anatomy and comparative imaging**, London, Manson Publishing, 2000.
- DYSON, S.J., MURRAY R.C., SCHRAMME & BRANCH M. Collateral desmitis of the distal interphalangeal joint in 18 horses (2001-2002). **Equine Veterinary Journal**, v.36, p.160-166, 2004.
- DENOIX, J.M. & CHÂTEAU, H. Biomechanics and etiopathogenesis of equine distal limb injuries. In: **Proceedings of the 9th Congress on Equine Medicine & Surgery in Geneva**. 15 dezembro 2005. P1911.1205.
- DENOIX, J.M.; DIDIERLAURENT, D. & AUDIGIÉ F. Diagnosis and management of tendon and ligament injuries of the equine foot. In: **Proceedings of the 11th Internacional Congress of World Equine Veterinary Association**, Guarujá, Brasil. 24-27 setembro 2009.

- DYSON, S.J., BROWN, V., COLLINS, S. & MURRAY, R. Is there an association between ossification of the cartilages of the foot and collateral desmopathy of the distal interphalangeal joint or distal phalanx injury? **Equine Vet. Journal**, v.42, p. 2010. p.504-511.
- DYSON, S.J. & MURRAY, R. Injuries associated with ossification of the cartilages of the foot. AAEP Proceedings. Vol. 56, 2010.
- DYSON, S. J. & NAGY, A. Injuries associated with the cartilages of the foot. **Equine Vet. Educ.**, v.23, p.581–593, 2011.
- DYSON, S.J. **Equine Lameness**: Clinical judgment meets advanced diagnostic imaging. AAEP Proceedings. Vol. 59, 2013.
- GASCHEN L.; BURGA D.J. Musculoskeletal injury in thoroughbred racehorses: correlation of findings using multiple imaging modalities. **Vet. Clin. Equine**, v.28, p.539-561, 2012.
- HINCHCLIFF, K.W., GEOR, R.J. & KANEPS, A.J. **Equine sports medicine and surgery**. 2nd ed., Philadelphia, Saunders Elsevier, 2014.
- JASKÓLSKA, M., ADAMIAK, Z., ZHALNIAROVICH, Y., HOLAK, P., PRZYBOROWSKA, P. Magnetic resonance protocols in equine lameness examination, used sequences, and interpretation. Polish Journal of Veterinary Sciences, v.16, n.4, p.803-811, 2013.
- LINDA B. S. **Howell equine handbook of tendon and ligament injuries**. New Jersey, Wiley Publishing, 2004, 21,22.
- MACHADO, V.M.V., AGUIAR, A.C.S., VIANA, G.F., CROSIGNANI, N.O., FILHO J.N.P. P. Diagnostic value of computed tomography, radiography and ultrasonography in metacarpophalangeal joint disorders in horses. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.68, n.1, p.66-72, 2016.
- MAIR, T.S. & KINNS, J. Deep digital flexor tendonitis in the equine foot diagnosed by low-field magnetic resonance imaging in the standing patient: 18 cases. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46, 458-466, 2005.
- MURRAY, R.C., BRANCH, M.V., TRANQUILLE, C. AND WOODS, S. Validation of magnetic resonance imaging for measurement of equine articular cartilage and subchondral bone thickness. **Am. J. vet. Res.**, v. 66, p. 1999-2005, 2005.
- MURRAY, R.C., DYSON, S.J., BRANCH, M. AND SCHRAMME, M. Validation of magnetic resonance imaging use in equine limbs. **Clin. Tech. equine Pract.**, v.6, p. 26-37, 2007.

- MURRAY, R.C.. **Equine MRI**. 1St ed. Oxford, Wiley-Blackwell, 2011.
- RUOHONIEMI, M., KÄRKKÄINEN, M. & TERVAHARTIALA, P. Evaluation of the variably ossified collateral cartilages of the distal phalanx and adjacent anatomic structures in the Finnhorse with computed tomography and magnetic resonance imaging. **Vet. Radiol. & Ultrasound**, v.38, p.344-351, 1997b.
- RUOHONIEMI, M., MÄKELÄ, O. AND ESKONEN, T. Clinical significance of ossification of the cartilages of the front feet based on nuclear bone scintigraphy, radiography and lameness examinations in 21 Finnhorses. **Equine vet. Journal**, v.36, p. 143-148, 2004.
- SMITH, M. Magnetic resonance imaging of the foot: What have we learned a decade further on?. **Proceedingg of the 50th British Equine Veterinary Association Congress**. Liverpool, UK, 2011, september 7-10.
- SPRIET, M., MAI, W., MCKNIGHT, A. Assimmetric signal intensity in normal colateral ligaments of the distal interphalangeal jonit in horses with a low-field MRI system due to the magic angle effect. **Vet. Rad. & Ultrasound**, v.l 48, n.2, p. 95-100, 2007
- TULAMO, R. Effects of sex and age on the ossification of the collateral cartilages of the distal phalanx of Finnhorse and relationships between ossification and body size and type of horse. **Research in Vet. Sci.**, v.62, p.34-38, 1997a.
- WIDMER, W. R., BUCKWALTER, K. A., HILL, M. A., FESSLER, J. F., & IVANCEVICH, S. A technique for magnetic resonance imaging of equine cadaver specimens. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.40, n.1, p. 10-14, 1999.

CAPÍTULO 3

Trabalho Científico

Avaliação dos ligamentos condrocoronal e colateral de equinos por histograma em escala de cinza em técnicas de diagnóstico por imagem

R.C. Ribeiro, J. L. Fogaça, M. Vetorato, A. Hataka, A.L. Filadelpho, V.M.V. Machado

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, Brasil

Evaluation of equine chondrocoronal and collateral ligaments by grayscale histogram on imaging modalities

School of Veterinary Medicine and Animal Science, UNESP São Paulo State University
Botucatu, SP, Brazil

Avaliação dos ligamentos condrocoronal e colateral de equinos por histograma em escala de cinza em técnicas de diagnóstico por imagem

RESUMO

Os ligamentos do dígito equino são importantes para a estabilidade articular, porém são susceptíveis a lesões como desmites e rupturas. Aos ligamentos colaterais (LCs) da articulação interfalangeana distal (AIFD) são atribuídos muitos destes diagnósticos. Intimamente relacionado ao LC está o ligamento condrocoronal (LCCo), que deve ser diferenciado como estrutura anatômica e quanto as suas implicações clínicas. Considerando-se a importância do ligamento condrocoronal este estudo teve como objetivo realizar o histograma em escala de cinza (HEC) nas imagens de ressonância magnética (RM), ultrassonografia (US), tomografia computadorizada (TC) para auxiliar na distinção dos ligamentos LCCo e LC. Foram realizados exames de ressonância magnética (RM), ultrassonografia (US) e tomografia computadorizada (TC) em vinte peças anatômicas dos membros torácicos de equinos. Os resultados do HEC mostraram diferença entre os ligamentos LC e LCCo no US, na sequencias T1 e T2 da RM e em janela de tecidos moles da TC. Observou-se diferença entre o LCCo e o LC na escala de cinza da ecogenicidade da imagem ultrassonográfica em modo-B, densidade da imagem de TC em janela de tecidos moles e intensidade de sinal da imagem de RM nas sequencias T1 e T2 axial. O HEC permite uma avaliação quantitativa dos tons de cinza nas imagens diagnósticas eficaz para identificar mudanças sutis imperceptíveis a acuidade óptica do olho humano.

Palavras chave: ligamento, equino, histograma, imagem

Evaluation of equine chondrocoronal and collateral ligaments by grayscale histogram on imaging modalities

ABSTRACT

Equine digit ligaments are important for joint stability, but are susceptible to injuries such as desmitis and rupture. The collateral ligaments (CLs) of the distal interphalangeal joint (AIFD) are attributed to many of these diagnoses. Closely related to the CL is the chondrocoronal ligament (CCoL), which should be differentiated as anatomical structure and its clinical implications. Considering the importance of the chondrocoronal ligament, this study aimed to perform the gray scale histogram (GSH) on magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound (US), computed tomography (CT) to assist in the distinction of the ligaments LC and CCoL. Magnetic resonance imaging (MRI), ultrasound (US) and computed tomography (CT) were performed on twenty specimens of the equine thoracic limbs. The results of the GSH showed differences between the ligaments LC and CCoL in the US, in T1 and T2 MRI sequences and in soft tissue window of CT. There was difference between the CCoL and CL in the gray scale of the echogenicity of the B-mode ultrasound image, soft tissue window CT image density, and MRI signal intensity in the axial T1 and T2 sequences. GSH enables a quantitative assessment of grayscale in diagnostic imaging to effectively identify subtle changes imperceptible to the optical acuity of the human eye.

Keywords: ligament, equine, histogram, image

INTRODUÇÃO

As cartilagens ungulares são conectadas por pequenos ligamentos a outras estruturas, assim como, a ranilha, falanges e osso navicular. Estes ligamentos incluem o condroungular, condrocoronal, condrocompedal e condrosesamoídeos. Entretanto lesões destes ligamentos não têm sido muito descritas (RUOHONIEMI et al., 2004).

A distinção entre tendões e ligamentos é maioritariamente anatômica, em que genericamente os tendões unem o músculo ao osso enquanto os ligamentos unem osso com osso. Embora esta divisão seja feita, diversos estudos revelaram que a biomecânica, a estrutura e a matriz constituinte de ambos são parecidas, porém distintas (HINCHCLIFF et al., 2014). Consistem feixes paralelos de tecido conjuntivo denso, sendo o colágeno tipo I o principal constituinte formando a fibra primária (LINDA, 2004), que apresentam um arranjo específico, não só lhes conferindo força e resistência sob carga, como também elasticidade, sendo estas as suas propriedades mecânicas fundamentais (HINCHCLIFF et al., 2014).

O LCCo conecta a parte dorsal da cartilagem ungular a face dorsolateral/dorsomedial da segunda falange (F2) e suas fibras unem-se parcialmente ao ligamento colateral (LC) (RUOHONIEMI et al., 1997b; ADAMS; STASHAKS, 2011). Davies e Philip (2007) examinaram espécimes e concluíram que os LCCos são delgados, com característica laminar, quando comparado com o LC da AIFD, que apresenta o alinhamento de fibras de colágeno bem mais evidentes. Observaram também que os LCCos apresentam apenas uma porção dos filamentos de colágeno que ligam a cartilagem diretamente à F2 e, portanto, pode ser descrita com precisão como LCCos. Descrições e nomes inconsistentes desses ligamentos na literatura anatômica podem ser devidos as diferentes rotas de dissecação usadas para investigá-los, ou possivelmente a diferenças anatômicas entre diferentes tipos ou raças de equinos.

Clearhoudt et al. (2014) observaram que pequenos ligamentos, como o ligamento impar, condrosesamóideo, LCCo e condrocompedal, ligamento palmar da AIFP axial e abaxial foram visibilizados com dificuldade e não foram identificados em todos os cortes em exames em estudos de TC.

Há uma íntima relação entre o LC da AIFD e o LCCo, pois transcorre abaxialmente e dorsalmente ao LC (MURRAY, 2011).

Lesões dos CLs podem também ser confundidas com lesões do LCCo, que se encontra anexo. Há também importante associação entre a ossificação das cartilagens e as lesões dos CLs (DYSON, 2013).

Segundo Denoix et al. (2009) em avaliações da região coronária do casco utilizando-se exames de US e RM foram encontradas lesões em ligamentos relacionados com a AIFD. Estas lesões envolveram além dos ligamentos colaterais, o ligamento condrocoronal.

A técnica de US, uma modalidade segura e não invasiva, pode ser complementar a RM, sendo realizada previamente como ferramenta de triagem, permitindo selecionar sequências de RM e planos de secção para avaliar cuidadosamente os tecidos moles (DENOIX et al., 2011).

Gaschen & Burga (2012) recomendam a associação de múltiplas modalidades de imagem para obter uma avaliação precisa de lesões musculoesqueléticas em equinos.

A TC é uma ferramenta útil para a avaliação de regiões anatômicas complexas (VANDERPERREN et al., 2008; MACHADO et al., 2016). No entanto, a TC fornece detalhes limitados dos tecidos moles, mesmo com aprimoramento de contraste (BARRET et al, 2018).

Na RM devido a sua composição histológica, os tendões e ligamentos que contém pouca água, apresentam um sinal de baixa intensidade. Quando lesionados há um aumento do contraste pela presença de hemorragia, infiltração celular e edema permitindo o diagnóstico da lesão (MAIR; KINNS, 2005).

Widmer et al (1999) ao avaliar peças anatômicas do casco de equinos pos-congelamento utilizando-se RM de alto (1,5T) e baixo (0,3T) obtiveram

imagens com detalhes anatômicos e contraste de tecidos moles precisos em ambas as técnicas de RM, nas sequências ponderadas em T1 nos planos sagital e transversal. Concluíram que as imagens não foram comprometidas por artefatos relacionados a técnica e apresentaram boa qualidade diagnóstica.

Spriet et al (2007) observaram intensidade de sinal assimétrico do LC em equinos hípidos utilizando se imagem de RM adquiridas com 0,25T e atribuíram esta assimetria á orientação vertical do isocentro do campo magnético em relação ao LC formando um artefato de ângulo mágico quando inferior a 55°.

A adequação de cada modalidade de imagem é altamente dependente da característica do tecido da região de interesse (ROI) avaliada, bem como a sensibilidade da modalidade para visibilização tecidual (GANDHAMAL et al., 2017)

A acuidade visual do olho humano, muitas vezes, é insuficiente para determinar com precisão o espectro de cinza das técnicas de imagem em relação aos tecidos avaliados. Devido a isso, foram criadas técnicas como o Histograma em escala de cinza (HEC) que permitem quantificar os tons de cinza da imagem de uma região estudada (ROI) permitindo minimizar possíveis erros de interpretação (SMITH-LEVITIN et al., 1997).

O HEC é considerado um ferramenta eficiente para quantificar os tons de cinza de uma imagem (LEE et al., 2006;).

Os valores em escala de cinza de todos os pixels de uma imagem podem ser representados pelo HEC que captura informações sobre a variação dessa escala, sendo geralmente aplicado para determinar a distribuição dos pixels e os níveis de intensidade, podendo ser facilmente avaliado usando um software disponível como parte de um programa PACS (*Picture Archive Communications System*) no uso geral da imagem digital (COLLINGER et al., 2010).

Os tons de cinza em imagens médicas são alterados em determinadas afecções, fornecendo ao examinador uma análise subjetiva da área estudada e a aplicação do HEC possibilita a quantificação precisa da imagem visibilizada

(SCHIE et al.,2000; PILLEN et al., 2009; HUANG et al., 2013; MOSTAFA et al., 2015).

O HEC é uma ferramenta indicada para avaliar estruturas híbridas e pode fornecer referências imagenológicas quantitativas quando aplicado em imagens do sistema musculoesquelético (ROSENBERG et al., 2013; HARRIS-LOVE et al., 2016; SANTOS et al., 2019). Descreve a distribuição dos valores em escala de cinza, que variam de 0 (preto) a 255 (branco) em uma região de interesse (ROI), sendo os valores em escala de cinza de todos os pixels dos tendões e ligamentos baseado na densidade e no arranjo estrutural dos feixes de colágeno (CREVIER-DENOIX et al., 2005;).

O emprego do HEC tem sido instituído em vários estudos de imagem musculoesquelética em equinos (NICOLL et al., 1992; TSUKIYAMA et al., 1996; SCHIE et al.,1998, CRIVIER-DENOIX et al., 2005; MOSTAFA et al., 2015; SANTOS et al., 2019).

Pesquisas realizadas na medicina utilizaram o HEC em imagens de ultrassonográficas (YU et al., 2012; ISMAIL et al., 2015; WATANABE et al., 2015; Umay et al., 2019;), imagens de tomografia computadorizada (TAN et al., PREININGER et al., 2012) e ressonância magnética (ZHOU et al., 2001; MEYER, 2007; TAN et al., 2008; EMBLEN et al, 2008; WATANABE et al., 2015; CAI et al., 2019; ENGSTRON et al., 2019) apresentando aplicabilidade clínica.

Estudos de TC para avaliação do remodelamento ósseo mostraram que o HEC foi preciso para análise quantitativa em fase inicial de remodelamento (PREININGER et al., 2012).

O HEC na análise de imagens de RM possibilita correções de heterogeneidade do espectro de cinza (BRINKMAN et al., 1998; GRANDHAMAL et al., 2017).

Baykara et al.(2018) na avaliação do nervo mediano em pacientes humanos com síndrome do túnel do carpo em imagens de RM e HEC observaram resultados superiores na escala de cinza quando comparados àquelas imagens sem o uso do HEC.

Centeno, et al. (2018) realizaram RM em 23 pacientes humanos pré e pós tratamento com células tronco em lesões do ligamento cruzado anterior e utilizaram o Image J® para o monitoramento pós tratamento. Obtiveram resultado com escalas de cinza próximas as do grupo controle.

Meyer et al. (2007) relataram que o HEC pode ser útil para aplicação em multimodalidades de imagem.

Considerando-se a importância do LCCo este estudo teve como objetivo realizar o HEC nas imagens de RM, US, TC para auxiliar na diferenciação dos ligamentos LCCo e LC.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi analisado, aprovado e está em conformidade com a comissão de ética do uso de animais da Universidade do Estado de São Paulo (CEUA) sob o protocolo 0191/2017. O estudo foi realizado no laboratório de imagem do Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu (FMVZ/UNESP).

Foram utilizadas vinte (20) peças anatômicas de membros torácicos, 10 membros direito e 10 membros esquerdo, de equinos, machos e fêmeas, adultos, oriundos de animais sem histórico de afecções locomotoras, destinadas ao exame de necropsia e cedidas pelo Equicenter Hospital Veterinário de Tatuí/SP.

As peças anatômicas para os estudos de imagem foram seccionadas distalmente à articulação carpo-metacarpiana e uma luva de látex foi colocada proximalmente para evitar perda de líquidos. Posteriormente, ferraduras e cravos foram removidos e as peças foram submetidas ao congelamento a - 17º graus em freezer de uso doméstico por um período de 10 dias.

Após 24 horas de descongelamento as peças foram tricotomizadas circunferencialmente na região coronária do casco até 3 cm proximalmente, na região da AIFP, e submetidas aos exames de RX, US, TC e RM (Figura 1).



Figura 1 - Imagem fotográfica da peça anatômica demonstrando área tricotomizada circunferencial na região coronária do casco até 3 cm proximal na região da AIFP. Fonte: arquivo pessoal.

As imagens de RX foram obtidas com a finalidade de para orientar a interpretação da RM e TC e descartar alguma peça com afecções consideráveis).

O exame de ultrassonografia foi realizado com o equipamento móvel da marca *Sonoscape*[®], modelo S6V, com transdutor linear multifrequencial 10L1 (5 a 15 MHz). Após preparo da peça realizou a limpeza pele com álcool hidratado 46° (*Cooperalcool*[®]) e como meio de contato para transmissão ultrassonográfica foi utilizado gel acústico - *Carbogel*[®].

A ultrassonografia modo B foi utilizada com o objetivo de identificar o LCCo, diferencia-lo do LC da AIFD e mensurar dimensões como comprimento e largura. As imagens obtidas foram avaliadas em DICOM no *software* do equipamento de US.

No exame US realizou-se inicialmente a identificação do LC posicionando a probe na face dorsolateral e dorsomedial do bordo coronário dorsal, a 3 cm do plano mediano, em posição de 2 e 10 horas (considerando 12

horas o plano mediano), nos planos longitudinal e transversal (Figura 2 A e B). Identificado o LC no plano transversal deslocou se a probe em sentido à linha mediana, ultrapassando o limite da fossa colateral da F2 e identificando se o LCCo em sua inserção na F2. Identificado o LCCo (lateral/medial) a imagem US no plano longitudinal foi realizada seguindo seu trajeto em direção à cartilagem ungular onde se origina. (Figura 2 C).

O plano transversal foi realizado posicionando se a probe centralizada sobre o LCCo entre o bordo coronário dorsal e a fossa colateral da F2 e girando 90° em sentido proximal, parasagital ao tendão extensor digital comum.

Para identificação simultanea dos LCCos, lateral e medial, posicionou se a probe dorsalmente, centralizada na linha mediana, perpendicular eixo dorsal das falanges, justaposta ao bordo coronário dorsal (Figura 2 D e E).



Figura 2 - A e B: imagem fotográfica demonstrando abordagem ultrassonográfica para identificação do LC no plano longitudinal e transversal. C: abordagem ultrassonográfica para identificação do LCCo no plano longitudinal. D e E : abordagem dorsal para visualização do ligamento LCCo medial e lateral. Fonte: arquivo pessoal.

Utilizou-se um tomógrafo da marca Shimadzu modelo SCT 7800 TC Helicoidal de 1 detector. Dentre as 20 peças, apenas 17 foram submetidas ao exame de TC, iniciando se com o *scout* no *gantry* e obtido imagens com 141 cortes transversos de 1mm de espessura, usando 120kVp e 130mAs. As imagens em DICOM foram avaliadas no *software workstation Clear Canvas®* em janela de tecido ósseo e janela de tecidos moles (Figura 3).



Figura 3 - Imagem fotográfica demonstrando tomógrafo marca Shimadzu modelo SCT 7800 TC Helicoidal de 1 canal e a peça anatômica posicionada na mesa sob o *gantry* do equipamento de TC. Fonte: arquivo pessoal.

O exame de RM foi realizado pelo equipamento Vet-MR Grande 0,25 tesla (low-field) com quatro canais de radiofrequência, da marca *Esaote®* (Figura 4). As peças foram posicionadas no isocentro com bobina posicionada na área correspondente à região coronária do casco para melhor alinhamento ao campo magnético e se deu início ao exame de RM. As imagens obtidas nas sequências de pulso de imagem com espessura de corte de 0,8; 3,0 e 4,0 mm conforme a Tabela 1.

As séries de imagens foram obtidas em DICOM foram avaliadas no software *Workstation Clear Canvas®*.

Quadro 1: Protocolo de sequências de pulso realizadas no exame de RM

* Axial spin echo densidade de próton ponderada em T2 (SE DP- T2) - Echo#1 (TR: 4733,33ms; TE: 28ms). 3mm
* Axial spin echo densidade de próton ponderada em T2 (SE DP - T2) - Echo#2 (TR: 4733,33ms; TE:90ms). 3mm
* Axial SE T1 (TR: 500; TE: 26). 3mm
* Dorsal SE T1 (TR: 600; TE: 26) 4mm
* Sagital SE T1 (TR: 600; TE: 26) 4mm
* Dorsal turbo spin echo ponderada em T2 (TR: 4733,33; TE:90), perpendicular ao ligamento colateral TSE T2 (TR: 4433,33; TE: 80). 4mm
* Sagital turbo spin echo ponderada em T2 (TR: 4733,33; TE:90), perpendicular ao ligamento colateral TSE T2 (TR: 4433,33; TE: 80). 4mm
* Axial Short Tau Inversion Recovery (STIR) (TR: 4100; TE: 26). 3mm
* Dorsal Short Tau Inversion Recovery (STIR) (TR: 3000; TE: 26). 4mm
* Sagital Short Tau Inversion Recovery (STIR) (TR: 4000; TE:26). 4mm
* Dorsal fast gradiente echo ponderada em T1 (Turbo 3D T1): (TR: 33.33; TE: 14). Com 0,8mm de espessura



Figura 4 - Imagem fotográfica demonstrando equipamento de RM modelo Esaote Vet-MR grande com a peça anatômica posicionada no isocentro acoplada na bobina. Fonte: arquivo pessoal.

As imagens foram avaliadas pelo software *Image J*® (*National Institutes of Health*) utilizando a ferramenta do histograma em escala de cinza (HEC). Neste obteve-se as variáveis *Count* (quantidade de pixels selecionados para leitura), *Mean* (intensidade de brilho correspondente a amostra) e *StdDev* (grau de variação da intensidade de brilho).

O tamanho amostral (*Count*) para a ultrassonografia, foram atribuído 600-1200 pixels para o LC lateral e medial nos planos longitudinal e transversal, e 400-800 pixels para os LCCos medial e lateral no plano longitudinal. Quanto às imagens tomográficas foi 100-400, no LC lateral e medial e LCCos medial e lateral, tanto pra janela de tecido ósseo e moles. Já a RM o HEC foi de 100–400 pixels nas imagens de Spin Eco T1 e Spin Eco DP T2 dos LCs medial e lateral, e dos LCCos medial e lateral (Tabela 2).

Adicionalmente, mensurou-se pelo software *Synapse Pacs*® (*Software Program System*, Fujifilm, Tóquio, Japão) a Unidade Hounsfield (H.U) correspondente às mesmas estruturas avaliadas no exame tomográfico.

Quadro 2 – Tamanho amostral (*Count*) do HEC nas imagens de US, RM e TC

US
Lig. colateral lateral na longitudinal Count 600-1200
Lig. colateral lateral na transversal Count 600-1200
Lig. colateral medial na longitudinal Count 600-1200
Lig colateral medial na transversal Count 600-1200
Lig condrocoronal lateral na longitudinal Count 400-800
Lig condrocoronal medial na longitudinal Count 400-800
TC
Lig. Colateral lateral e medial Count 100-400
Lig. Condrocoronal lateral e medial 100-400
RM (Spin Eco T1 e Spin Eco DP T2)
Lig. Colateral lateral e medial Count 100-400
Lig. Condrocoronal lateral e medial 100-400

Para as medições do HEC:

US: Selecionou-se duas áreas (uma central e outra periférica) circunscritas correspondentes aos LCs lateral e medial nos planos longitudinal e transversal (Figura 5 A e B). Selecionou-se uma área circunscrita correspondente aos LCCOs, lateral e medial, no plano longitudinal, acima da eminência da fossa colateral da F2 (Figura 5 C e D).



Figura 5 - A e B: HEC em imagens de US nos LCs lateral e medial nos planos longitudinal e transversal. C e D: HEC em imagens de US nos LCCOs, lateral e medial, no plano longitudinal. Fonte: arquivo pessoal.

TC: Selecionou-se as áreas circunscritas correspondentes aos LCs e LCCos, lateral e medial, em janela acústica óssea e de tecidos moles (Figura 6).

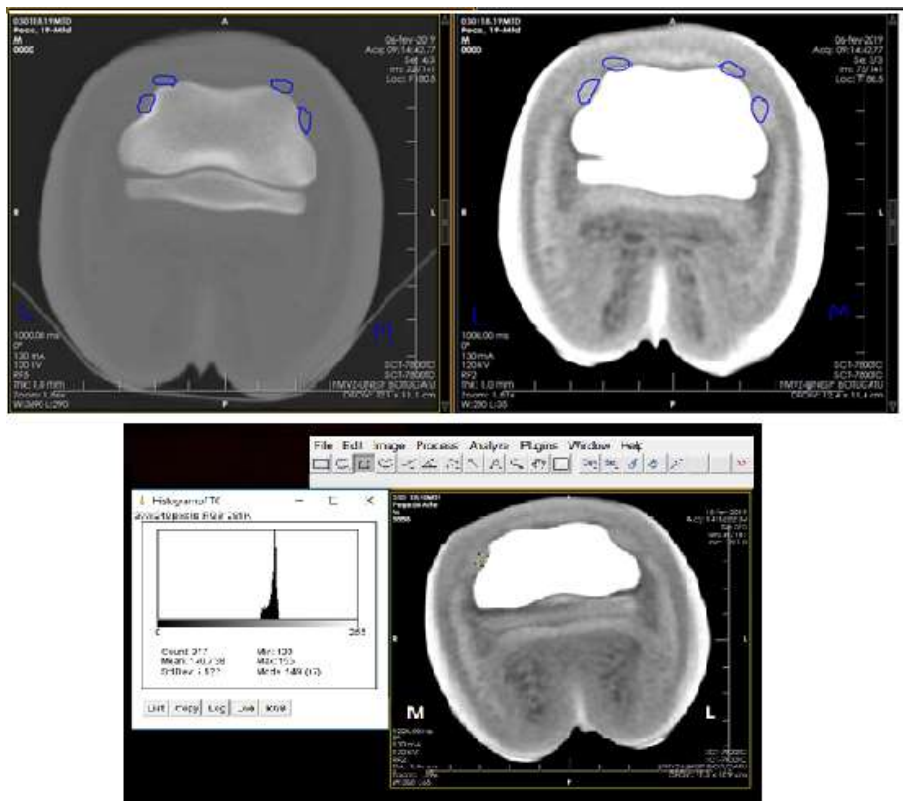


Figura 6 - HEC em imagens de TC em janelas de tecido ósseo e tecidos moles nos LCs e LCCos, lateral e medial. Fonte: arquivo pessoal.

RM: Selecionou-se áreas circunscritas correspondentes aos LCs e LCCos, lateral e medial, nas sequências SE T1 axial e SE-DP T2 echo #1 axial (Figura 7).

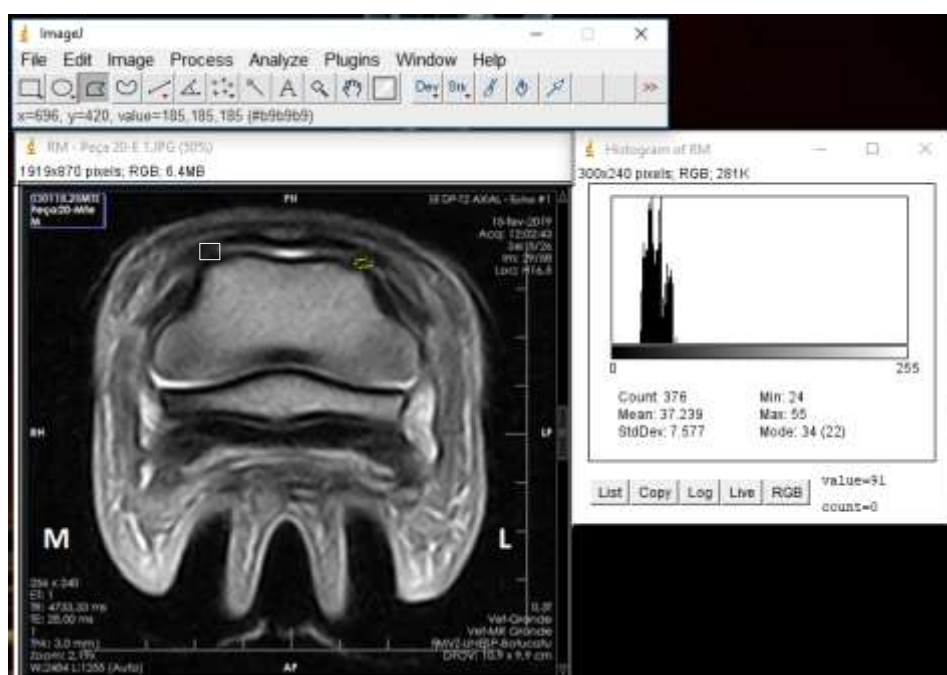


Figura 7 - HEC em imagens de RM em sequência T2 axial no LCCo, lateral e medial. Fonte: arquivo pessoal.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A distribuição das variáveis foi avaliada com teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e análises gráficas (Histograma, Q-Q Plot). A Análise de Variância Para Medidas Repetidas (ANOVA) para confrontar as médias das variáveis do histograma (mean e stddev) e as mensurações feitas pelo ultrassom, TC e RM. As análises foram feitas com o auxílio do *Statistical Analysis Software – SAS* versão 9.3 (SAS Institute, 2011). Foram consideradas diferenças estatísticas quando $p < 0,05$. As representações gráficas foram elaboradas com o software Graphpad Prism 5.0 (GraphPad, 2007).

RESULTADOS

O Quadro 3 ilustra a média e o desvio padrão das variáveis do HEC nas imagens de US nos ligamentos LCs e LCCos.

Quadro 3: Média e desvio padrão das variáveis do histograma em escala de cinza (HEC) nas imagens de US (plano longitudinal) nos LCs e LCCos de equinos.

Plano	Membro	Variáveis	LC lateral	LC medial	LCCo lateral	LCCo medial
Longitudinal	Direito + esquerdo	Mean	43,1 (14,4) ^a	47,7 (19,9) ^a	78,3 (27,2) ^b	75,5 (23,8) ^b
		StdDev	15,6 (7,5) ^a	16,2 (7) ^a	10,6 (2,9) ^b	12,2 (4,5) ^b
	Direito	Mean	36,1 (11,2) ^a	43,9 (14,7) ^a	69,3 (21,3) ^b	72,3 (17,9) ^b
		StdDev	12,9 (5,1)	15,4 (5,4)	10,6 (3,8)	11,7 (3,4)
	Esquerdo	Mean	50,1 (14,2) ^a	51,4 (24,3) ^a	87,2 (30,5) ^b	78,6 (29,2) ^b
		StdDev	18,2 (8,8) ^a	17 (8,6) ^{ab}	10,6 (1,7) ^b	12,8 (5,6) ^{ab}

Analisando o membro direito e o esquerdo conjuntamente (n=20) foi averiguado que o LC lateral diferenciou-se do LCCo lateral nas variáveis *Mean* e *StdDev* ($p < 0,05$) e notou-se a mesma informação entre o LC medial e o LCCo medial ($p < 0,05$). No entanto, não foi constatada diferença significativa entre o LC lateral e o LC medial ($p > 0,05$) e também não houve diferença entre o LCCo lateral e o LCCo medial ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Para o membro direito e esquerdo isoladamente a variável *Mean* demonstrou diferença significativa ($p < 0,05$) entre o LC lateral e o LCCo lateral, também, averiguou esta diferença entre o LC medial e o LCCo medial ($p < 0,05$). No entanto, não foi constatada diferença significativa entre o LC lateral e o LC medial ($p > 0,05$) e também não houve diferença entre o LCCo lateral e o LCCo medial ($p > 0,05$).

Baseado no *StdDev* que se refere a variação de intensidade de brilho observou que os ligamentos apresentaram aspectos heterogêneos.

O Quadro 4 ilustra a média e o desvio padrão das variáveis do HEC nas imagens de US nos ligamentos LCs nos planos longitudinal e transversal.

Quadro 4: Média e desvio padrão das variáveis do histograma em escala de cinza (HEC) nas imagens de US no plano longitudinal e transversal, para avaliação do LC lateral e medial de equinos.

	Variáveis	LC lateral	LC medial
Longitudinal	Mean	43,1 (14,4) ^a	47,7 (19,9) ^a
	StdDev	15,6 (7,5)	16,2 (7)
Transversal	Mean	61,3 (22,7) ^b	56,8 (21,6) ^b
	StdDev	18,7 (5,4)	15,8 (4,4)

No plano longitudinal e transversal (Quadro 4) averiguou-se que o LC lateral não apresentou diferença significativa nos tons de cinza com o LC medial ($p>0,05$). No entanto, o plano transversal apresentou ecogenicidade maior (Média $61,3\pm22,7$) comparado com o longitudinal (média $43,1\pm14,4$).

O Quadro 5 ilustra a média e o desvio padrão das variáveis do HEC nas imagens de TC nos LCs e LCCos.

Quadro 5: Média e desvio padrão das variáveis do histograma em escala de cinza (HEC) nas imagens de TC (janela óssea e tecidos moles) nos LCs e LCCos de equinos.

Janela	Membro	Váriaveis	LC lat	LC med	LCCo lat	LCCo med
Ósseo	Direito + esquerdo	Mean	97,4 (7,4)	97,5 (8,1)	96,9 (7,5)	97,2 (7,8)
		StdDev	3,8 (1,2) ^a	4,1 (1,4) ^{ab}	5,7 (2,6) ^b	5,5 (2,9) ^{ab}
	Direito	Mean	96,4 (7,2)	96,4 (7,6)	95,9 (6,8)	94,9 (7,4)
		StdDev	4,2 (1,3)	4,1 (1,3)	5,6 (2,8)	4,4 (1,2)
	Esquerdo	Mean	98,2 (8)	98,5 (8,9)	97,8 (8,4)	99,2 (8)
		StdDev	3,4 (0,8) ^a	4,1 (1,7) ^{ab}	5,8 (2,6) ^{ab}	6,5 (3,6) ^b
Janela	Membro	Váriaveis	LC lat	LC med	LCCo lat	LCCo med
Moles	Direito + esquerdo	Mean	171,3 (9,8) ^a	173 (10,4) ^a	160 (13,4) ^b	160,3 (13,2) ^b
		StdDev	8,2 (3,6) ^{ab}	7,4 (4,3) ^a	11,8 (3,9) ^c	10,9 (3,6) ^{bc}
	Direito	Mean	173,9 (7,6) ^{ab}	176,8 (5,8) ^a	164,5 (8,5) ^b	166,7 (8) ^{ab}
		StdDev	8,9 (3,2) ^{ab}	7,1 (3,5) ^a	12,8 (5,1) ^b	10,7 (3,7) ^{ab}
	Esquerdo	Mean	169 (11,3) ^a	169,7 (12,6) ^a	156 (16,1) ^b	154,6 (14,6) ^b
		StdDev	7,6 (4)	7,7 (5,1)	10,9 (2,5)	11,1 (3,7)

Para a janela óssea no membro direito e o esquerdo conjuntamente (direito + esquerdo) (N=17) e isoladamente, a variável *Mean* não apresentou significância estatística entre os ligamentos, o que indica que os tons de cinza são semelhantes entre os ligamentos, não permitindo uma identificação diferenciada. Baseado no *StdDev* observou que os ligamentos apresentaram aspectos heterogêneos (Quadro 5).

Para a janela de tecidos moles avaliando a amostra de membros direito e o esquerdo conjuntamente (N=17) foi observado que as variáveis *Mean* e *StdDev* apresentaram diferença entre o LC lateral e o LCCo lateral ($p < 0,05$), e o mesmo foi observado entre o LC medial e o LCCo medial ($p < 0,05$). Entretanto, não foi averiguada diferença significativa entre o LC lateral e o LC medial ($p > 0,05$) e também não foi constatado diferença entre o LCCo lateral e o LCCo medial ($p > 0,05$).

Para o membro esquerdo, o LC lateral diferiu do LCCo lateral na variável *Mean* ($p<0,05$), assim como, o LC medial e LCCo medial respectivamente ($p<0,05$). Todavia, o LC lateral foi similar com o LC medial ($p>0,05$) e o mesmo com LCCo lateral e medial.

Na TC, a intensidade de brilho (*Mean*) e o grau de variação (*StdDev*) foram representativos, o que indica que esta modalidade de imagem no janelamento de partes moles, junto ao HEC, permite avaliar com precisão os ligamentos. O Quadro 6 ilustra a média e o desvio padrão das variáveis do HEC nas imagens de RM nos LCs e LCCos.

Quadro 6: Média e desvio padrão das variáveis do histograma em escala de cinza (HEC) nas imagens de RM (sequencia: T1 e T2) nos LCs e LCCos de equinos.

Sequência	Membro	Variáveis	LC lat	LC med	LCCo lat	LCCo med
T1	Direito + esquerdo	Mean	57,8 (27) ^a	54,7(30,8) ^a	32,5 (17,4) ^b	34,4 (15,2) ^b
		StdDev	17 (10,5)	20,6 (10,8)	14,1 (10,8)	11 (4,5)
	Direito	Mean	66,2 (20)	53,9 (31,7)	37,1 (19,6)	41,8 (17,8)
		StdDev	20,5(12,4)	22,5 (12,7)	17 (11,3)	11,3 (4,3)
	Esquerdo	Mean	49,3(31,9)	55,6 (32,3)	27,9 (14,9)	27,1 (7,9)
		StdDev	13,4 (7,6)	18,8 (9,2)	11,1 (10,1)	10,8 (5)
Sequência	Membro	Variáveis	LC lat	LC med	LCCo lat	LCco med
T2	Direito + esquerdo	Mean	67 (30,1) ^a	75,7 (33,3) ^a	42,9 (19,6) ^b	40,5 (13) ^b
		StdDev	21,3 (24)	20 (7,4)	14 (9)	11 (6,7)
	Direito	Mean	67,9(27,6)	73,4 (30)	52,8 (21,2)	45,8 (14,3)
		StdDev	27,4 (32)	20,9 (7,6)	18,6 (9,7)	11,7 (8,4)
	Esquerdo	Mean	65,9(34,4) ^{ab}	78,2 (38,4) ^a	31,9 (9,8) ^c	33,9 (7,6) ^{bc}
		StdDev	14,6 (6,7)	19,1 (7,6)	8,8 (4,6)	10,2 (4)

Analisando o membro direito e esquerdo conjuntamente (n=14), observou-se diferença significativa ($p<0,05$) no *Mean* entre o LC lateral e o LCCo lateral na sequência T1, e entre o LC medial e o LCCo medial. O LC lateral não diferenciou do LC medial, assim como, o LCCo lateral e medial respectivamente ($p>0,05$). Já para os membros individualmente, não houve diferença significativa entre os ligamentos, isto se deve ao fato de reduzir a quantidade de peças na análise (direito n=7, esquerdo n=7) (Quadro 4).

Em relação a sequência T2 para os membros em conjunto (n=19), notou-se diferença significativa ($p<0,05$) em *Mean* entre o LC lateral e o LCCo lateral, e o mesmo entre o LC medial e o LCCo medial. Já, o LC lateral não diferenciou do LC medial, assim como, o LCCo lateral e medial respectivamente ($p>0,05$).

Para o membro direito, não houve diferença entre os ligamentos, no entanto, o membro esquerdo, demonstrou diferença entre o LC lateral e o LCCo lateral ($p<0,05$) e o mesmo foi observado entre o LC medial e o LCCo medial ($p<0,05$). Também foi observado em T2 que o LC lateral não divergiu do LC medial, assim como, o LCCo lateral e medial respectivamente ($p>0,05$).

Baseado no *StdDev* observou que os ligamentos apresentaram aspectos heterogêneos.

DISCUSSÃO

Há uma íntima relação entre o LC da AIFD e o LCCo, que transcorre abaxialmente e dorsalmente ao LC (MURRAY 2011) e, assim lesões dos LCs podem também ser confundidas com lesões do LCCo. Considerando essa topografia o principal objetivo deste estudo foi avaliar as características de ecogenicidade no exame ultrassonográfico, coeficiente de atenuação na TC e intensidade e sinal na RM dos ligamentos condrocoronal e colateral por histograma em escala de cinza.

Na análise ultrassonográfica observou-se que o LCCo apresentava-se isoecogênico em relação aos tecidos adjacentes e o LC apresentava-se hiperecótico na periferia e hipoeecótico no centro.

Ao avaliar as imagens pelo HEC evidenciou-se diferença significativa entre os dois ligamentos, mostrando-se heterogêneos. O LCCo apresentou ecogenicidade superior ao LC. Isto se deve a fatores como o LC apresentar diferentes camadas de ecogenicidade em diferentes angulações, variando de ecogênico à hipoeecogênico, como reporta Denoix et al (2011) que essas camadas correspondem a diferentes fascículos do LC com orientação específica para as fibras, sendo estes ligamentos muito sensíveis à angulação da probe e são ecogênicos apenas se as interfaces de fibra forem perpendiculares ao feixe de ultrassom. Os valores de ecogenicidade de cada ligamento demonstram que uma mudança sutil dos tons de cinza é de difícil detecção para a capacidade subótima do olho humano, mas detectável pelo HEC, corroborando com Smith-Levitin et al (1997) que descrevem a ocorrência de variações na análise da densidade de cores inter e intraobservadores, por fatores como luminosidade do ambiente, brilho do monitor, fadiga, abertura das pálpebras, cor dos olhos e idade do observador.

Clearhoudt et al. (2014) observaram que pequenos ligamentos (ligamento impar, condrosesamóideo, condrocoronal e condrocompedal, ligamento palmar da AIFP axial e abaxial) foram visibilizados com dificuldade e não foram identificados em todos os cortes de TC. No presente estudo, o coeficiente de atenuação em janela óssea da TC não apresentou significância estatística entre os ligamentos, o que indica que os tons de cinza são semelhantes, não permitindo uma identificação diferenciada. Porém, em janela de tecidos moles foi observado que as variáveis *Mean* e *StdDev* apresentaram diferença entre o LCCo e LC ($p < 0,05$). Segundo Barret et al (2018) a TC fornece detalhes limitados dos tecidos moles, mesmo com aprimoramento de contraste. Peterson e Bowman, (1988) relatam que a resolução dos tecidos moles, embora satisfatória para a visualização das principais estruturas, é

relativamente baixa, provavelmente devido à falta de gordura interposta e diferenças insuficientes na densidade física e no número atômico.

Na imagem de RM, devido à sua composição histológica, os tendões e ligamentos que contém pouca água, apresentam um sinal de baixa intensidade (MAIR; KINNS, 2005). Na avaliação das imagens de RM deste estudo o LCCo apresentou hiposinal na inserção da F2 e heterogêneo em sua extensão à cartilagem unguear e o LC apresentou-se heterogêneo.

A qualidade da imagem pode ser influenciada por muitos parâmetros diferentes, incluindo tempo, relação sinal /ruído, tamanho do objeto, espessura do corte, campo de visão e outras especificações de imagem (BOLEN et al, 2010). O plano axial nas sequências T1 e T2 e 3mm de espessura promoveram melhor visualização dos ligamentos LCCo e LC.

No exame de RM o HEC demonstrou diferença significativa ($p < 0,05$) no *Mean* entre o LCCo e o LC nas sequências T1 e T2 axial. O LC apresentou intensidade de sinal superior ao LCCo. Dyson e Murray (2007) citaram que os LCs da AIFD têm sinal fraco e uniforme em toda a sua extensão nas imagens de RM. Entretanto, esta diferença de sinal observada pode ser atribuída ao artefato de ângulo mágico assim como visualizado por Spriet et al (2007) que observaram intensidade de sinal heterogêneo do LC em equinos hígidos, em RM de baixo campo, devido a orientação vertical do isocentro do campo magnético em relação ao LC formando um artefato de ângulo mágico quando inferior a 55°.

O HEC é uma ferramenta indicada para análise de estruturas híginas e pode fornecer referências imagenológicas quantitativas quando aplicado em imagens do sistema musculoesquelético (ROSENBERG et al., 2013; HARRIS-LOVE et al., 2016; SANTOS et al., 2019). No presente estudo obteve-se análise quantitativa da escala de cinza do LCCo e LC em relação a ecogenicidade na imagem ultrassonográfica em modo-B, densidade na imagem de TC em janela de tecidos moles e intensidade de sinal na imagem de RM nas sequências T1 e T2 axial.

CONCLUSÃO

Existe diferença entre o LCCo e o LC na escala de cinza da ecogenicidade da imagem ultrassonografia modo-B, densidade da imagem de TC em janela de tecidos moles e intensidade de sinal da imagem de RM nas sequencias T1 e T2 axial.

O HEC permite uma avaliação quantitativa dos tons de cinza nas imagens diagnósticas eficaz para identificar mudanças sutis imperceptíveis a acuidade óptica do olho humano.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, O.R.; STASHAK'S, T.S. **Lameness in horses. 6th ed.** Oxford: Wiley-Blackwell. 2011,373-386, 688-692.
- BARRETT M.F., MANCHON P.T., HERSMAN J., KAWCAK C.E. Magnetic resonance imaging findings of the proximal metacarpus in Quarter Horses used for cutting: retrospective analysis of 32 horses 2009-2012. **Equine Vet Journal**, v. 50:172-8, 2018.
- BRINKMANN, B. H.; MANDUCA, A.; ROBB, R. A. Optimized homomorphic unsharp masking for MR grayscale inhomogeneity correction. **IEEE transactions on medical imaging**, v. 17, n. 2, p. 161-171, 1998.
- CAI, J.; XING, F.;BATRA, A.;LIU, F.;WALTER, G.A.;VANDENBORNE, K.;YANG, L. Texture analysis for muscular dystrophy classification in MRI with improved class activation mapping. **Pattern recognition**, v. 86, p. 368-375, 2019.
- CLAERHOUDT, S., BERGMAN, E.H.J., SAUNDERS, J.H. Computed Tomographic Anatomy of the Equine Foot. **Anatomia Histologia Embryologia**, v. 43, n.5, p. 395–402, 2014.
- COLLINGER, J. L.; FULLERTON B.; IMPINK, B.G.; KOONTZ, A.M.; BONINGER, M.L. Validation of greyscale-based quantitative ultrasound in manual wheelchair users: relationship to established clinical measures of shoulder pathology. **American journal of physical medicine & rehabilitation/Association of Academic Physiatrists**, v. 89, n. 5, p. 390, 2010.
- CREVIER-DENOIX, N.; RUEL, Y.; DARDILLAT, C.; JERBI, H.; SANAA, M.; COLLOBERT-LAUGIER, C.; POURCELOT, P. Correlations between mean echogenicity and material properties of normal and diseased equine superficial digital flexor tendons: an in vitro segmental approach. **Journal of biomechanics**, v. 38, n. 11, p. 2212-2220, 2005.
- DAVIES, H.M.S., PHILIP, C., Anatomy and Phisiology of the Equine Digit. In: FLOYD, A.E. AND MANSMANN, R.A. (Eds). **Equine Podiatry. 1st ed**, Saunders-Elsevier, 2007, 14-17.

- DENOIX, J.M., BERTONI, L., HEITZMANN, A.G., WERPY, N. & AUDIGIÉ, F. Ultrasonographic examination of the collateral ligaments of the distal interphalangeal joint in horses. part a: technique and normal images. **Equine Veterinary Education**, v.23, p. 574-580, 2011.
- DYSON, S.J. Equine Lameness: Clinical judgment meets advanced diagnostic imaging. **AAEP Proceedings**, v. 59, 2013.
- EMBLEM, K. E.; NEDREGAARD, B.; NOME, T.; DUE-TONNESSEN, P.; HALD, J.; SCHEIE, D.; BOROTA, O.C.; CVANCAROVA, M.; BJORNERUD, A. Glioma grading by using histogram analysis of blood volume heterogeneity from MR-derived cerebral blood volume maps. **Radiology**, v. 247, n. 3, p. 808-817, 2008.
- ENGSTRÖM, M. In-phase zero TE musculoskeletal imaging. **Magnetic resonance in medicine**, 2019.
- FACON, J. Técnicas de Processamento Digital de Imagens Aplicadas à Área da Saúde. Escola Regional de Informática. 1 ed. Curitiba, 2006.
- HARRIS-LOVE, M. O.; **MONFARED R.; ISMAIL, C.; BLACKMAN, M.R.; CLEARY, K.** Quantitative ultrasound: measurement considerations for the assessment of muscular dystrophy and sarcopenia. **Frontiers in aging neuroscience**, v. 6, p. 172, 2014.
- HUANG, S.; WANG, W. Quantitative diagnostic method for biceps long head tendinitis by using ultrasound. **The Scientific World Journal**, v. 20, 2013.
- GANDHAMAL, A; TABAR, S.; GAJRE, S.; HANI, A.F.M.; KUMAR, D. Local gray level S-curve transformation—a generalized contrast enhancement technique for medical images. **Computers in biology and medicine**, v. 83, p. 120-133, 2017.
- GASCHEN L.; BURBA D.J. Musculoskeletal injury in thoroughbred racehorses: correlation of findings using multiple imaging modalities. **Vet. Clin. Equine**, v.28, p.539-561, 2012.
- GRAPHPAD SOFTWARE, Inc. 2007. **Prism (Data analysis software system)**, version 5.0 Software e Guia do Usuário. Disponível em: <http://www.graphpad.com>
- HINCHCLIFF, K.W., GEOR, R.J. & KANEPS, A.J. **Equine sports medicine and surgery**. 2nd ed., Philadelphia, Saunders Elsevier, 2014.

- ISMAIL, C.; ISMAIL, C.; ZABAL, J.; HERNANDEZ, H. J.; WOLETZ, P.; MANNING, H.; TEIXEIRA, C.; HARRIS-LOVE, M. O. Diagnostic ultrasound estimates of muscle mass and muscle quality discriminate between women with and without sarcopenia. **Frontiers in Physiology**, v. 6, p. 302, 2015.
- LEE, C. H.; CHOI, J. W.; KIM, K. A.; SEO, T. S.; LEE, J. M.; PARK, C. M. Usefulness of standard deviation on the histogram of ultrasound as a quantitative value for hepatic parenchymal echo texture preliminary study. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 32, n. 12, p. 1817-1826, 2006.
- LINDA B. S. H. **equine handbook of tendon and ligament injuries**. New Jersey, Wiley Publishing, 2004, 21,22.
- MACHADO, V.M.V., AGUIAR, A.C.S., VIANA, G.F., CROSIGNANI, N.O., FILHO J.N.P. P. Diagnostic value of computed tomography, radiography and ultrasonography in metacarpophalangeal joint disorders in horses. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.68, n.1, p.66-72, 2016.
- MAIR, T.S. & KINNS, J. Deep digital flexor tendonitis in the equine foot diagnosed by low-field magnetic resonance imaging in the standing patient: 18 cases. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.46, 458-466, 2005.
- MEYER, J. Histogram transformation for inter-modality image registration. In: **2007 IEEE 7th International Symposium on BioInformatics and BioEngineering. IEEE**, p. 1118-1123, 2007.
- MOSTAFA, M.; AL-AKRAA, A.; KHALIL, A. Ultrasonographic assessment of superficial digital flexor tendon (SDFT) core lesion treated with platelet rich plasma (PRP) in donkeys (Equus Asinus). **Benha Veterinary Medical Journal**, v. 29 (2), p. 274-282, 2016.
- MURRAY, R.C.. **Equine MRI**. 1st ed. Oxford, Wiley-Blackwell, 2011.
- NICOLL, R. G.; WOOD, A. K. W.; ROTHWELL, T. L. W. Ultrasonographical and pathological studies of equine superficial digital flexor tendons; initial observations, including tissue characterisation by analysis of image grey scale, in a thoroughbred gelding. **Equine veterinary journal**, v. 24, n. 4, p. 318-320, 1992.
- PETERSON, P.R., BOWMAN, K.F. Computed Tomographic Anatomy of The Distal Extremity of the Horse. **Veterinary Radiology**, v. 29, n. 4, p. 147-156, 1988..

- PILLEN, S.; TAK, R. O.; ZWARTS, M. J.; LAMMENS, M. M.; VERRIJP, K. N.; ARTS, I. M.; VERRIPS, A. Skeletal muscle ultrasound: correlation between fibrous tissue and echo intensity. **Ultrasound in medicine & biology**, v. 35, n. 3, p. 443-446, 2009.
- PREININGER, B.; Hesse, B.; Rohrbach, D.; Varga, P.; Gerigk, H.; Langer, M.; Peyrin, F.; Perka, C.; Raum, K. Histogram Feature–Based Classification Improves Differentiability of Early Bone Healing Stages From Micro-Computed Tomographic Data. **Journal of computer assisted tomography**, v. 36, n. 4, p. 469-476, 2012.
- ROSENBERG, J. G.; RYAN, E.D.; SOBOLEWSKI, E.J.; SCHARVILLE, M.J.; THOMPSON, B.J.; KING, G.E Reliability of panoramic ultrasound imaging to simultaneously examine muscle size and quality of the medial gastrocnemius. **Muscle & nerve**, v. 49, n. 5, p. 736-740, 2014.
- RUOHONIEMI, M., KÄRKKÄINEN, M. & TERVAHARTIALA, P. Evaluation of the variably ossified collateral cartilages of the distal phalanx and adjacent anatomic structures in the Finnhorse with computed tomography and magnetic resonance imaging. **Vet. Radiol. & Ultrasound**, v.38, p.344-351, 1997b.
- RUOHONIEMI, M., MÄKELÄ, O. AND ESKONEN, T. Clinical significance of ossification of the cartilages of the front feet based on nuclear bone scintigraphy, radiography and lameness examinations in 21 Finnhorses. **Equine vet. J**, v.36, p.143-148, 2004.
- SANTOS, W. A.; VETTORATO, M.C.; FOGAÇA, J.L.; MAZZANTE, N.; OLIVEIRA, F.G.; NOGUEIRA; MACHADO V.M.V. B-mode ultrasonography and gray scale histogram for evaluation of the nuchal ligament in Quarter horse. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 663-667, 2019.
- SCHIE, H.T. V.; BAKKER, E. M.; JONKER, A. M.; WEEREN, P. V. Ultrasonographic tissue characterization of equine superficial digital flexor tendons by means of gray level statistics. **American journal of veterinary research**, v. 61, n. 2, p. 210-219, 2000.
- SMITH-LEVITIN, M.; BLICKSTEIN, I.; ALBRECHT-SHACH, A.A. et al. Quantitative assessment of gray-level perception: observers' accuracy is dependent on density differences. **Ultrasound in Obstetrics & Gynecology**, v. 10, n. 5, p. 346-349, 1997.
- SPRIET, M., MAI, W., MCKNIGHT, A. Assymmetric signal intensity in normal collateral ligaments of the distal interphalangeal joint in horses with a low-field MRI system due to the magic angle effect. **Vet. Rad. & Ultrasound**, v. 48, n.2, p. 95-100, 2007.

- TAN, T. L.; **Sim, K. S. ; Tan, C. K. ; Chong, A. K.** CT image enhancement by colorization for brain infarct detection. **Faculty of Engineering and Technology, Multimedia University, Jalan Ayer Keroh Lama. Melaka, Malaysia, 2008.**
- TSUKIYAMA, K., ACORDA, J. A., & YAMADA, H. Evaluation of superficial digital flexor tendinitis in racing horses through gray scale histogram analysis of tendon ultrasonograms. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 37, n.1, p. 46-50, 1996.
- UMAY, S. T.; ANALAN, P. D. Gray Scale Histogram Analysis of Carpal Tunnel Syndrome with Ultrasonography. **Current Medical Imaging Reviews**, v. 15, n. 3, p. 334-337, 2019.
- VANDERPERREN, K., GHAYE, B., SNAPS, F. R., & SAUNDERS, J. H I. Evaluation of computed tomographic anatomy of the equine metacarpophalangeal joint. **American journal of veterinary research**, v. 69, n. 5, p. 631-638, 2008.
- WATANABE, T.; NOBUO TERABAYASHI, N.; FUKUOKA, D.; MURAKAMI, H.; ITO, H.; MATSUOKA, T.; SEISHIMA, M. A pilot study to assess Fatty infiltration of the supraspinatus in patients with rotator cuff tears: comparison with magnetic resonance imaging. **Ultrasound in medicine & biology**, v. 41, n. 6, p. 1779-1783, 2015.
- WIDMER, W. R., BUCKWALTER, K. A., HILL, M. A., FESSLER, J. F., & IVANCEVICH, S. A technique for magnetic resonance imaging of equine cadaver specimens. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 40,n.1, p. 10-14,1999.
- YU, T.; TSAI, W.C.; CHENG, J.W.; WANG, Y.M.; LIANG, F.C.; CHEN, C.H. The effects of aging on quantitative sonographic features of rotator cuff tendons. **Journal of Clinical Ultrasound**, v. 40, n. 8, p. 471-478, 2012.
- ZHOU, L. Q.; Zhu, Y.M ; Bergot, C. ; Laval-Jeantet, A.-M; Bousson, V.; Laredo, J.-D.; Laval-Jeantet, M. A method of radio-frequency inhomogeneity correction for brain tissue segmentation in MRI. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, v. 25, n. 5, p. 379-389, 2001.

ANEXOS

FABRICANTES:

Emissor de Rx JOB®, porta 100HF - Japão

Sistema Leonardo mini DR, OR Thecnologies® - com detector de imagem Perkiin Elmer® 35x43cm. - Alemanha

Ultrassom *Sonoscape*®, modelo S6V, com transdutor linear multifrequencial 10L1 (5 a 15 MHz). - China.

Tomógrafo computadorizado Shimadzu®, modelo SCT 7800 TC Helicoidal de 1 detector - Japão

Ressonância Magnética: Vet-MR Grande 0,25 tesla (low-field) com quatro canais de radiofrequência, marca *Esaote*® - Itália

Alcool hidratado 46º, Cooperalcool® - Brasil

Gel acústico - *Carbogel*® - Brasil

Clear Canvas® Workstation- version 2.0.12729.37986 SP1 – Toronto - Canadá

SAS Institute. 2011. SAS/STAT User's Guide. Version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC.

ImageJ ® (National Institutes of Health)

Synapse Pacs ® (Software Program System, Fujifilm, Tóquio, Japão)