



ICBAS | INSTITUTO DE CIÊNCIAS
BIOMÉDICAS ABEL SALAZAR
**SCHOOL OF MEDICINE AND
BIOMEDICAL SCIENCES**

Relatório Final de Estágio
Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

**Importância da ressonância magnética no diagnóstico de
lesões de tecidos moles no casco e osso navicular**

Diana Patrícia Santos Costa

Orientador: Professor Doutor Tiago de Melo Silva Ramos Pereira

Coorientadores: Dra. Kami Vickerman e Dra. Joana Ramos

Porto, 2023



ICBAS | INSTITUTO DE CIÊNCIAS
BIOMÉDICAS ABEL SALAZAR
**SCHOOL OF MEDICINE AND
BIOMEDICAL SCIENCES**

Relatório Final de Estágio
Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

**Importância da ressonância magnética no diagnóstico de
lesões de tecidos moles no casco e osso navicular**

Diana Patrícia Santos Costa

Orientador: Professor Doutor Tiago de Melo Silva Ramos Pereira

Coorientadores: Dra. Kami Vickerman e Dra. Joana Ramos

Porto, 2023

RESUMO

O estágio curricular que estive na origem deste relatório final de estágio foi realizado na área de Medicina e Cirurgia de Equinos e teve a duração de 16 semanas.

As primeiras 6 semanas decorreram no *Pioneer Equine Hospital*, na Califórnia. Neste hospital acompanhei as consultas diárias, que tinham uma forte componente desportiva e odontológica, onde fazia rotações entre os diversos médicos. Para além disso, também auxiliei e acompanhei os exames físicos e tratamentos diários dos cavalos internados, assim como o serviço de urgência do hospital que funcionava 24h, tanto em serviço ambulatorio como hospitalar. Neste hospital, tive a possibilidade de aprender e consolidar os meus conhecimentos na minha principal área de interesse, medicina desportiva, devido à sua grande casuística e experiência dos médicos veterinários que acompanhei. O hospital encontra-se equipado com ótimos meios de diagnóstico e tratamento, desde ressonância magnética, TAC, laser, ondas choque, entre muitos outros e ainda oferecia serviços de quiroprática e acupuntura por uma veterinária especialista.

As restantes 10 semanas foram passadas no Hospital de Referencia La Equina, em Málaga. Neste hospital estive responsável pela monitorização e tratamentos dos cavalos internados. Acompanhei também as consultas e cirurgias diárias, onde as componentes cirúrgica e desportiva tinham um grande peso e fui parte integrante do serviço de urgência que, mais uma vez, funcionava 24h.

O tema deste relatório surgiu durante uma das rondas matinais, onde eram discutidos os casos clínicos dos animais internados, em que ressaltávamos o quão limitante era a utilização de meios de diagnóstico convencionais, como radiografia e ecografia, numa região, com pouco acesso imagiológico, como o casco. Sendo a minha área de interesse a medicina desportiva e a ressonância magnética não ser um assunto abordado durante o curso, a possibilidade de avaliar a capacidade que a ressonância magnética tem no diagnóstico de lesões de tecidos moles no casco em comparação com os meios mais comumente utilizados, suscitou-me interesse.

Palavras-chave: Casco; Diagnóstico; Lesão; Ressonância Magnética

CASUÍSTICA DO ESTÁGIO

Tabela de Casuísta

Casuística	Pioneer	La Equina
Sistema Músculo-esquelético		
Abcesso casco	4	1
Bursite sética	3	
Contração do TFDS	1	
Defeito aprumos	9	
Desmite do LSB	3	1
Desmopatia do ligamento acessório do TFDP	2	
Esparavão ósseo	3	
Fratura	1	5
Fratura mandibular		1
Laceração	9	1
Laminite	3	1
Miosite pós-cirúrgica		1
Osteoartrite	>20	10
Osteocondrite dissecante		4
Síndrome navicular	5	1
Sinovite sética	1	2
Tendinite do TFDP	1	2
Tendinite do TFDS	2	2
Total	47	32
Sistema Respiratório		
Enfisema subcutâneo		1
Hemiplegia laríngea esquerda		4
Pleuropneumonia		1
Quisto paranasal		1
Sinusite	2	1
Total	2	8
Sistema Digestivo		
Cólica cirúrgica ¹	1	10
Cólica médica ¹	20	15
Enterite	2	
Gastrite	2	
Hérnia inguinal	1	1
Hérnia umbilical	1	
Obstrução esofágica	3	
Peritonite sética		1
Úlcera gástrica	3	
Total	33	27
Sistema oftalmológico		
<i>Corpora nigra</i>	1	

Queratoconjuntivite seca	1	
Úlcera corneal		2
Total	2	2
Neonatologia		
Persistência do uraco		1
Rutura de bexiga		1
Síndrome de não adaptação do poldro	1	
Total	1	2
Sistema Dermatológico		
Urticária	1	
Total	1	0
Oncologia		
Carcinoma de células escamosas	4	
Linfoma	1	
Melanoma	5	
Sarcóide	5	
Total	15	0
Sistema génito-urinária		
Cistite	1	
Distócia	1	
Tumor teca granulosa	1	
Total	3	0
Infeciosas		
Botulismo	1	
Gurma	2	
Linfadenite caseosa	2	
Total	5	0
Odontologia		
Fratura dentária	3	3
Hiperplasia gengival	1	
Total	4	3
Total	114	74

¹ A diferenciação entre cólica médica e cirúrgica está relacionada com a opção terapêutica e não com o diagnóstico específico da patologia gastrointestinal.

Tabela de Procedimentos

Procedimentos	<i>Pioneer</i>	<i>La Equina</i>
Abdominocentese	4	2
Acupuntura	7	
Algaliação	2	9
Análise líquido sinovial	2	5
Artroscopia		10
Biopsia	1	

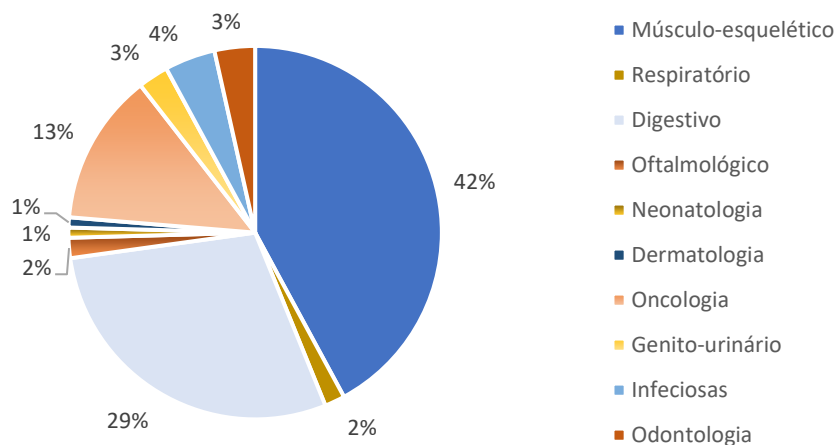
Bloqueio articular	2	7
Bloqueio perineural	>20	>20
Broncoscopia	1	
Castração	2	1
Cirurgia de osteossíntese mandibular		2
Cirurgia de correção de hérnia inguinal		1
Cirurgia de correção de hérnia umbilical	1	
Cirurgia remoção corpo estranho	3	1
Citologia aspirativa	1	
Citoscopia	1	
Crioterapia de tumor	3	
Curetagem fístula		1
Drenagem seroma		1
Ecografia abdominal	6	>20
Ecografia membro	8	>20
Ecografia sistema reprodutor	6	1
Ecografia torácica	3	8
Endoscopia	2	4
Eutanásia	7	9
Exame de ato de compra	6	5
Exame de claudicação	>20	11
Extração dentária	12	2
Gastrosocopia	7	
Grosagem de dentes	>20	
Infiltração intraarticular	>20	11
Injeção intralesional	1	1
Laringoplastia e ventriculectomia		4
Laser de tumor	2	
Lavagem articular		12
Lavagem bolsas guturais	3	
Lavagem de seios paranasais		14
Lavagem do canal nasolacrimal	1	
Lavagem peritoneal		3
Lavagem torácica		3
Mesoterapia		1
Neurectomia		1
Ozonoterapia		10
Penso	>20	>20
Perfusão regional		3
Quiroprática	6	
Radiografia abdómen	4	1
Radiografia abdominal	5	
Radiografia cabeça	5	3
Radiografia de membro	>20	>20

Radiografia tórax	8	1
Ressonância magnética	6	1
Terapia com ondas choque extracorporais	3	
Sinoscopia		1
Tomossíntese de membro		3
Trepanação seios		3
Vacinação	>20	1
Total	129	158

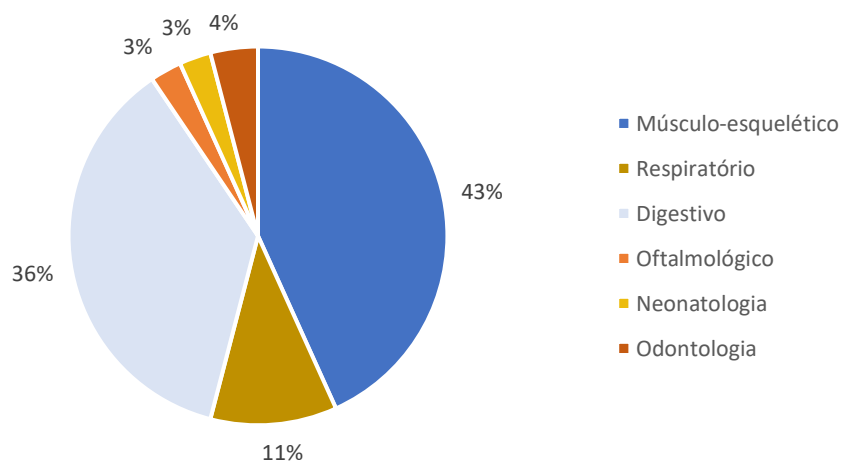
Estatística da casuística



Pioneer Equine Hospital



Hospital de Referencia La Equina



AGRADECIMENTOS

Primeiro de tudo, o mais especial obrigado aos meus pais por me terem proporcionado todas as oportunidades e por me terem feito ver que vale sempre a pena tentar.

Um obrigado ao Professor Tiago Pereira, meu orientador, por toda a ajuda e disponibilidade, não só na elaboração deste relatório, mas também durante o período de estágio.

Um obrigado aos meus coorientadores, Dra. Joana e Dra. Kami, e a todo o corpo clínico, em especial, ao António, ao Dr. Juan Morán, ao Dr. Miguel Valdés e ao Dr. Dave Mcdonald, por toda a partilha de conhecimento.

Um obrigado ao ICBAS por ter sido casa.

Um obrigado aos meus colegas de estágio, por terem tornado este período ainda mais divertido, em especial à Bea por não me ter deixado desistir do sonho.

Um obrigado aos meus colegas da faculdade, por todas as noites de festa e de estudo.

Um obrigado aos meus amigos por terem aceitado todas as minhas ausências aos longo destes 6 anos.

Um obrigado ao Ricardo por estar sempre lá.

Um obrigado a todos que de alguma forma fizeram parte deste percurso tão bonito.

ÍNDICE

Resumo.....	i
Casuística do estágio	ii
Agradecimentos	vi
Índice.....	vii
1. Introdução	1
2. Imagem por ressonância magnética	2
2.1. Princípios biofísicos	2
2.2. Parâmetros de contraste	3
2.3. Sequências de pulso.....	5
3. Anatomia do casco	6
4. Patofisiologia.....	8
4.1. Tendão flexor digital profundo	8
4.2. Ligamentos colaterais da articulação interfalângica distal.....	9
4.3. Ligamentos sesamóideus colaterais	9
4.4. Ligamento sesamóideu ímpar	10
4.5. Osso navicular	10
5. Diagnóstico por ressonância magnética	11
5.1. Tendão flexor digital profundo.....	11
5.2. Ligamentos colaterais da articulação interfalângica distal.....	12
5.3. Ligamentos sesamóideus colaterais	13
5.4. Ligamento sesamóideu ímpar	13
5.5 Osso navicular	14
6. Importância da ressonância magnética.....	15
6.1. Ecografia vs. MRI.....	16
6.2. Radiografia vs. MRI	17
6.3. MRI vs. histopatologia.....	18
7. Caso clínico.....	20
7.1. Discussão caso clínico.....	26
8. Conclusão	28
Referências	29

ABREVIATURAS

¹H	Hidrogénio
AID	Articulação interfalângica distal
aMRI	Imagem por ressonância magnética de alto campo
bMRI	Imagem por ressonância magnética de baixo campo
DP	Densidade de prótons
F1	Primeira falange
F2	Segunda falange
F3	Terceira falange
FSE	Fast Spin eco
GRE	Gradiente eco
IV	Intravenoso
LC	Ligamentos colaterais da articulação interfalângica distal
LI	Ligamento sesamóideu ímpar
LSC	Ligamento sesamóideu colateral
MHz	Mega Hertz
ml	Mililitros
MRI	Imagem por ressonância magnética
PRP	Plasma rico em plaquetas
RF	Radiofrequência
SE	Spin eco
STIR	Sequência de recuperação invertida
T	Tesla
T1	Tempo de recuperação do vetor longitudinal
T2	Tempo de perda do vetor transversal
TAC	Tomografia axial computadorizada
TE	Tempo de eco
TFDP	Tendão flexor digital profundo
TR	Tempo de repetição
VME	Vetor de magnetização efetiva

1. INTRODUÇÃO

Desde a introdução do diagnóstico por imagem de ressonância magnética (MRI), em 1980 na medicina humana, que esta técnica tem provado ser imprescindível, tanto para a prática clínica, desde a deteção de doença até à monitorização do tratamento, como para investigação biomédica (Bolas, 2011; Martinez, 2018; National Institutes of Health, 2013). Esta ferramenta diagnóstica não-invasiva permite adquirir imagens anatómicas com uma elevada resolução e com melhor contraste de tecidos moles, como músculos, ligamentos e tendões, quando comparada com outros métodos imagiológicos, como tomografia axial computadorizada (TAC), ecografia e radiografia (Hovet et al., 2017; National Institutes of Health, 2013). Adicionalmente, devido à sua elevada capacidade de penetração e ao facto de permitir explorar vários tipos de contraste no mesmo tecido garante uma melhor análise e interpretação da imagem o que potencializa a deteção de tecidos lesionados (Martinez, 2018).

Na prática equina, a ressonância magnética começou a ser utilizada no final dos anos 90, principalmente para investigação de dor nos membros. Desde então, que a utilização desta técnica tem vindo a crescer e é hoje considerada a técnica imagiológica *gold-standard* para o diagnóstico de lesões em tendões e ligamentos, o que permitiu uma grande evolução no diagnóstico de claudicações (Bolas, 2011; Zubrod & Barrett, 2007).

É estimado que a dor no casco seja a maior causa de claudicação em cavalos, levando a incapacidade, diminuição do bem-estar, perdas económicas e eventualmente uma diminuição da longevidade do cavalo. Na maioria dos casos, a patologia do casco tem uma etiologia multifatorial, com a presença de vários tecidos afetados e, por isso, de forma a ter um melhor prognóstico é necessário entender todas estas interações lesionais (Holzhauer et al., 2017).

A MRI tem ainda um papel mais fulcral no diagnóstico de lesões especificamente no casco, visto que, devido às suas características anatómicas, o seu interior é muitas vezes inacessível com outras técnicas imagiológicas ou o detalhe da informação que se recebe não é suficiente para permitir uma avaliação conclusiva das lesões.

2. IMAGEM POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

A MRI é baseada na interação entre os núcleos dos átomos (prótons) e os campos magnéticos externos a estes, ou seja, a atividade eletromagnética dos núcleos atômicos gerará um sinal elétrico capaz de ser traduzido em imagem (Bolas, 2011).

Sendo o hidrogênio (^1H) o átomo mais prevalente na água e na gordura, que constitui a maior parte dos tecidos biológicos, este acaba por ser o elemento mais utilizado na captação de sinal (Bitar et al., 2006; Bolas, 2011).

Nesta técnica imagiológica, realizada em equinos sob sedação ou anestesia geral, são produzidas imagens numa escala de cinzentos com uma variação de contraste que resulta do nível de intensidade gerado pelo tecido e que varia consoante a natureza e propriedades moleculares deste, mas também consoante as sequências de pulso escolhidas pelo utilizador, explicadas *a posteriori* (National Institutes of Health, 2013). Deste modo, tecidos com menor número de átomos de ^1H ou tecidos em que estes se encontrem mais fortemente ligados à molécula, produzem um sinal menos intenso e, por esta razão, osso cortical e tendões aparecem a preto na imagem (Murray & Werpy, 2011). Da mesma forma, quando há lesões nos tecidos com alterações na estrutura, composição bioquímica e distribuição da água serão observadas alterações na aparência da imagem (Murray & Werpy, 2011).

Na interpretação de uma MRI é importante ter em consideração o plano anatómico, a ponderação e a sequência utilizadas, termos abaixo clarificados.

2.1. Princípios biofísicos

Sem interferência de campos magnéticos externos suficientemente fortes, todos os núcleos apresentam um movimento de rotação sobre o seu próprio eixo, denominado de spin. No entanto, como estes apresentam direções e sentidos diferentes entre si, não há criação de um campo magnético próprio, uma vez que os seus vetores acabam por se anular (Bitar et al., 2006).

Quando se submete um corpo a um campo magnético externo, há um alinhamento destes vetores de magnetização no eixo paralelo e antiparalelo ao do campo do equipamento gerador (Bitar et al., 2006). *Spins* de alta energia vão ser orientados no sentido oposto ao campo magnético, pois este não é suficientemente forte para o colocar no seu sentido, e *spins* de baixa energia são orientados no mesmo sentido do campo. Após a sua soma vetorial é criado o vetor de magnetização efetivo (VME), onde será posteriormente aplicado o pulso de radiofrequência (RF) (Bitar et al., 2006).

O VME apresenta a mesma direção e sentido do campo magnético principal, mas apresenta também movimento em torno do seu próprio eixo, a que se chama de movimento de precessão. A frequência deste movimento de precessão é calculada através da Equação de *Larmor*, $\omega_0 = B_0 \times \gamma$, em que ω_0 é a frequência de precessão, B_0 é força do campo magnético externo (T) e γ é a constante giromagnética (42,57MHz/T) (Martinez, 2018).

Depois de calculada a frequência de precessão, é emitido um pulso de RF com a mesma frequência da precessão, de forma a provocar ressonância com oscilação e realinhamento do VME. Assim, o vetor desloca-se do eixo longitudinal para o eixo transversal, criando um ângulo de inclinação que varia consoante a amplitude e a duração do pulso emitido (Martinez, 2018). Neste momento, os prótons encontram-se todos na mesma fase e por isso há emissão de sinal elétrico que induz corrente na bobine presente no paciente (Bitar et al., 2006; Bolas, 2011).

Quando o pulso de RF é desligado, os sensores de ressonância magnética são capazes de detetar a energia libertada à medida que os núcleos se realinham com o campo magnético externo (eixo longitudinal) e deixam de emitir sinal. O tempo necessário para que se realinhem com o campo magnético, bem como a quantidade de energia libertada, muda dependendo do ambiente e da natureza química das moléculas, o que cria os contrastes na imagem (National Institutes of Health, 2013).

Desta forma, com diferentes tempos entre pulsos RF e com diferentes tempos para a recolha de sinal é possível alterar a aparência da imagem recebida (Bolas, 2011).

2.2. Parâmetros de contraste

Os diversos tons de cinzento, que caracterizam a MRI, são dependentes de características intrínsecas aos diferentes tecidos e de parâmetros que são controlados pelo equipamento de ressonância, extrínsecos.

Relativamente aos fatores intrínsecos, os diferentes tecidos emitem sinais diferentes, visto que, devido às suas propriedades moleculares distintas possuem tempos de relaxamento próprios após a emissão do pulso de RF. Esta relaxamento ocorre tanto no eixo longitudinal como transversal. Por um lado, o vetor de magnetização longitudinal é recuperado, enquanto o núcleo liberta energia para o ambiente, realinhando-se com o VME, e este tempo é denominado T1. Por outro, o vetor de magnetização transversal é perdido devido às interações das forças eletromagnéticas criadas pelos *spins* entre os próprios núcleos, e este tempo é chamado de T2 (Bitar et al., 2006). Para além disto, a maior densidade do tecido em núcleos ^1H também torna a aparência do tecido mais brilhante na imagem (Bitar et al., 2006; Bolas, 2011).

A gordura apresenta T1 e T2 mais curtos que a água, que por sua vez, tem T1 e T2 consideravelmente longos (Bitar et al., 2006). De uma forma geral, tecidos sólidos tem um T2 mais curto e tecidos líquidos T2 mais longo (maior teor em água). Nos gases, como há poucas oportunidades para interações, o T1 e T2 podem ser bastante longos, chegando a ser de segundos a minutos, enquanto nos tecidos, a unidade de medida é normalmente milissegundos. Nos casos de tecidos com maior T1 e T2 o sinal elétrico é mantido por mais tempo (Bolas, 2011).

No que toca aos fatores extrínsecos, e tendo em consideração as características anteriormente mencionadas, há dois parâmetros chave para a criação de imagem, o tempo de repetição (TR) e o tempo de eco (TE). O TR corresponde ao tempo entre a emissão de dois pulsos de RF consecutivos e o TE o tempo entre a emissão do pulso de RF e a recolha de sinal (Bitar et al., 2006).

Neste seguimento, aparecem os conceitos de imagens ponderadas em T1, T2 e densidade de prótons (DP). As imagens ponderadas em T1 possuem um TR e TE curtos e são ideais para representações anatómicas. As imagens ponderadas em T2 possuem TR e TE longos e, como tal, são muito úteis para o diagnóstico de lesões, visto que, muitos dos tecidos lesionados têm um aumento do teor em água, e, por isso, os fluídos aparecem mais brilhantes nas áreas afetadas com esta ponderação (Bitar et al., 2006). Ponderações em DP tem TR longos e TE curtos e são vantajosas tanto para representações anatómicas como para diagnóstico de lesões (Bolas, 2011).

Como mostra a tabela 1, nas imagens ponderadas em T1, como o TR e TE são curtos, a água não tem oportunidade de recuperar e emitir sinal, já que possui T1 e T2 longos e por isso aparece a preto na imagem. Por outro lado, a gordura é excitada repetidamente e gera um sinal muito intenso, e por essa razão é mostrada a branco. Para uma melhor definição da componente líquida é necessário aumentar o TE, ponderação em T2, mas, desta forma, tecidos com maior componente lipídica vão decair o sinal (Bolas, 2011). Os tendões tem aparência preta em todas as ponderações e os ligamentos variam entre preto e cinzento escuro, consoante a sequência de pulso, a composição e a organização das fibras de cada ligamento específico (Zubrod & Barrett, 2007).

Agentes de contraste, que contenham Gadolínio, podem ser administrados por via intravenosa (IV) antes ou durante o exame para aumentar a velocidade a que os prótons se realinham com o campo magnético inicial, ou seja, diminuir o T1. Quanto mais rápido estes prótons se realinharem, mais branca será a imagem (Bley et al., 2010; National Institutes of Health, 2013).

Tabela 1 - Intensidade de sinal dos tecidos em imagem ponderadas em T1 e T2 (Adaptado de Bitar et al., 2006)

Ponderação	Cor	Tecido
T1	Preto	Osso, tendões, ligamentos
	Cinzentos-escuro	Fluido, tendões, ligamentos, cartilagem
	Cinzentos-claro	Músculo, cartilagem
	Branco	Gordura, medula óssea
T2	Preto	Osso
	Cinzentos-escuro	Músculo, tendões, ligamentos e cartilagem
	Cinzentos-claro	Gordura, medula óssea
	Branco	Fluido, gordura

2.3. Sequências de pulso

As sequências de pulso podem ser definidas pelas diferentes formas de emissão de gradientes e pulsos de RF, com vista à aquisição de imagens com características diferentes. Existem dois tipos fundamentais de sequências, *Spin-Eco* (SE) e *Gradiente-Eco* (GRE) (Bitar et al., 2006). Para cada uma destas, são acrescentadas variações à fórmula base, de forma a enfatizar ou suprimir determinados tipos de tecidos desejados (Bolas, 2011).

As sequências GRE, SE e *Fast Spin Eco* (FSE) podem ser ponderadas tanto em T1, T2 e DP. As imagens GRE têm a vantagem de diminuir o tempo de aquisição relativamente às FSE, mas, são mais suscetíveis a artefactos e têm menos contraste entre tecidos moles do que sequências SE, o que poderá ser um problema na delimitação de tecidos moles adjacentes (Zubrod & Barrett, 2007).

Nas sequências GRE é aplicado um pulso de RF com um ângulo inferior a 90°, este ângulo de inclinação curto que permite diminuir o TR, resultando em exames com tempos mais curtos, sendo que, esta é uma sequência altamente sensível a artefactos de suscetibilidade magnética como, calcificações, sangramentos, metal, doenças granulomatosas, depósitos de hemossiderina, entre outros. No entanto, como os depósitos de sangue são suscetíveis a artefactos, pode ser um indicador do trajeto de lesões (Bolas, 2011).

Existem ainda, várias sequências que permitem anular o sinal da gordura e desta forma, o contraste, resolução e visibilidade de lesões é potenciado, já que o facto de a gordura ter uma aparência branca em muitas das importantes sequências utilizadas pode ocultar a presença de edema ou inflamação (Bley et al., 2010). Uma dessas

sequências é a sequência de recuperação invertida (STIR), onde há a aplicação de um pulso de 180°, que inverte a orientação dos núcleos, seguido de uma série de pulsos de 90 e 180°. Durante o relaxamento da sua inversão completa, o sistema passa por um ponto onde o sinal detetado é nulo. Como o T1 da gordura é mais curto, a magnetização desta chega ao ponto nulo enquanto os restantes tecidos ainda emitem sinal. Assim, ao ser escolhido um tempo de inversão específico, o sinal da gordura consegue ser suprimido. As imagens em STIR são muito utilizadas para o sistema músculo-esquelético devido à sua capacidade de diferenciar fluído na presença de gordura, tanto em tecidos moles, como em osso. No que toca ao osso, esta sequência, pelo facto de mostrar medula óssea, permite o diagnóstico de fraturas que estariam ocultas (Bitar et al., 2006; Bolas, 2011; Zubrod & Barrett, 2007). Outra sequência com cancelamento de sinal de gordura é *water excitation*, onde o pico de sinal da água é excitado, em vez de suprimir o pico da gordura. Nesta sequência, a emissão de pulsos de RF, com determinados ângulos, é separada pelo tempo necessário para que o ângulo de precessão da gordura se encontre nos 180° em relação à água e que o vetor dos átomos de gordura se situe no plano longitudinal, enquanto o da água no plano transversal. Desta forma, a ressonância da água é seletivamente excitada, enquanto a ressonância da gordura não é afetada (Bley et al., 2010).

3. ANATOMIA DO CASCO

Ao nível do casco podem ser observadas, parte distal da segunda falange (F2), a terceira falange (F3) e o osso sesamóide distal, também denominado navicular, ventralmente à F3. A articulação interfalângica distal (AID) é constituída pelas superfícies articulares de F2, F3 e ainda o osso navicular que, contrariamente às restantes articulações, este sesamóide articula com as superfícies articulares de ambas as falanges e desta forma é parte integrante da articulação (Baxter, 2011b; Dyce et al., 2018)

A terceira falange, apresenta forma de cunha sendo dorsalmente convexa, contactando com a derme que a une à parede do casco. Tanto a superfície parietal como a superfície solar são bastante porosas de forma a permitir a passagem de pequenas artérias que garantem a irrigação, que vem desde o interior do osso até ao tecido dérmico. Caudalmente, de cada um dos seus lados, esta possui os processos palmares laterais e mediais, respetivamente, que são marcados pelos ramos terminais das artérias e nervos digitais e de onde se estendem as cartilagens colaterais. Cada cartilagem colateral é perfurada na sua porção palmar por vários *forâmenes* que permitem a passagem de vasos que conectam o plexo venoso palmar com o plexo

venoso coronário. As extensões dorsais destas cartilagens encontram-se ligadas à porção dorsal dos ligamentos colaterais da AID pelos ligamentos condrocoronais (Davies & Philip, 2007). Entre as cartilagens, encontra-se a almofada digital, constituída por fibras elásticas e de colágeno, tecido adiposo e pequenas porções de fibrocartilagem, cuja principal função é amortecer as forças concussivas das estruturas adjacentes a esta, ou seja, o osso navicular e o tendão flexor digital profundo (TFDP) (Baxter, 2011b). Proximodorsalmente aos processos palmares estão presentes depressões que dão lugar às inserções dos ligamentos colaterais das AID (LC), responsáveis por ligar F2 a F3, representadas na figura 2. Tanto a superfície parietal, como a superfície solar são também bastante porosas de forma a permitir a passagem de pequenas artérias que garantem a irrigação que vem desde o interior do osso até ao tecido dérmico (Budras, 2009). O tendão extensor digital comum corre dorsalmente sobre as falanges proximais e insere-se dorsoproximalmente ao nível da F3, num acidente ósseo denominado processo extensor (Dyce et al., 2018).

O osso navicular, com a sua forma de barco, apresenta no seu bordo proximal forâmenes para a passagem de vasos e nervos. No seu bordo distal, possui uma pequena e alongada faceta articular que articula com F3, palmar à qual também se encontram mais *forâmen*. O osso navicular é suportado na sua posição por três ligamentos, dois ligamentos sesamóideus/naviculares colaterais (LSC) e um ligamento ímpar (LI),

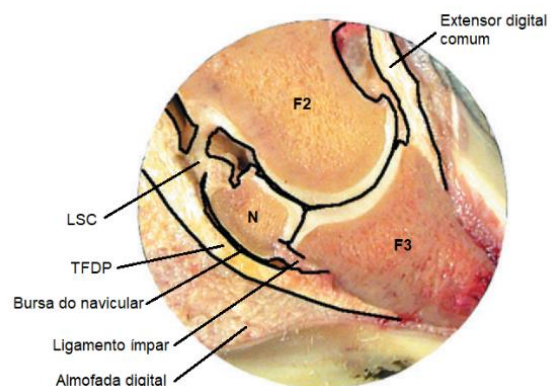


Figura 1 – Secção sagital do casco (adaptado de Davies & Philip, 2007).

representados na figura 1 e 2. Os LSC saem de F1, passam os bordos medial e lateral de F2, onde também possuem inserções, e inserem-se no bordo proximal do navicular, com uma forma de “U”, distalmente, a estabilização deste osso é feita pelo LI, que se estende desde o bordo distal do navicular até à superfície flexora de F3 (Dyce et al., 2018).

Palmarmente às estruturas ósseas corre o TFDP, com origem ao nível do carpo, que percorre toda a superfície distal e palmar do membro. Quando se dirige para a falange distal é envolvido pelo ligamento anular distal e continua o seu trajeto até à inserção na superfície flexora de F3. O tendão muda a sua direção aquando da passagem sob o osso navicular. A bursa do navicular, que se encontra entreposta entre o TFDP e a superfície flexora do osso navicular, providencia uma diminuição da fricção causada pelo movimento do tendão sobre o osso (Baxter, 2011b; Budras, 2009).

O ligamento anular digital distal começa no bordos medial e lateral de F1 e ao nível do casco envolve o TFDP até à sua inserção em F3, separando o TFDP da almofada digital (Dyce et al., 2018).

Todas estas estruturas são protegidas pelo casco, formado por tecido epitelial queratinizado que cobre a derme e que estabelece seguimento com a o tecido dérmico do restante membro ao nível do bordo coronário (Dyce et al., 2018).

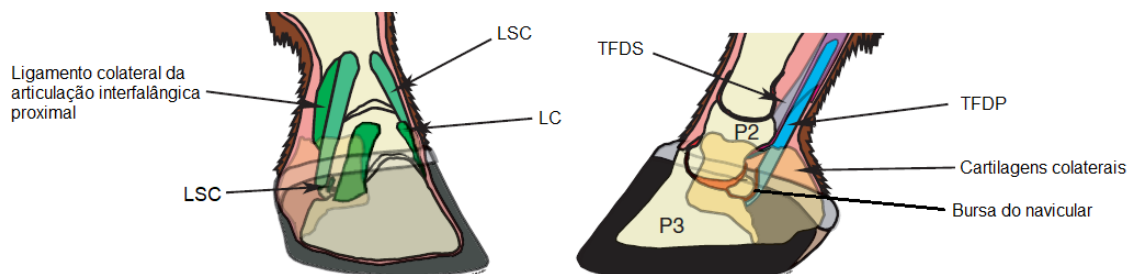


Figura 2 – Vista craniolateral e lateral do membro anterior direito em estação (adaptado de Davies & Philip, 2007)

4. PATOFISIOLOGIA

4.1. Tendão flexor digital profundo

O TFDP é o tecido mole mais comumente lesionado no casco, e estas lesões podem ser encontradas quer ao nível da sua inserção em F3, quer ao nível do osso navicular ou dos LSC, pelo que, o local mais frequente é ao nível do osso navicular, na sua superfície distal e proximal. Estas lesões podem ser nucleares, ruturas sagitais e parassagitais, lesões do dorsal ou fibrilação e ruturas dorsais. As lesões podem envolver um ou ambos os lobos do TDFD, embora, o mais comum seja que apenas um lobo esteja afetado (Baxter, 2011a; Dyson & Murray, 2007).

A ocorrência de forças excessivas, repetitivas ou trauma no aspeto palmar do membro e síndrome do navicular são condições que contribuem para o aparecimento de lesões do TFDP. Para além disso, sobrecarga por lesão no membro contralateral e más conformações do próprio membro, como a presença de talões muito baixos, podem também predispor ao seu aparecimento (Baxter, 2011a).

Na grande maioria dos casos, há uma associação com alterações do osso navicular. Quando existem alterações da fibrocartilagem ou do córtex flexor do navicular são também visíveis, tendinites concomitantes do TFDP na mesma área e até aderências focais (Baxter, 2011a). Para além destas, são também relatadas outras alterações concomitantes, como distensão e aderências da bursa do navicular, efusão da AID e desmíte dos LSC e LI (Zubrod & Barrett, 2007). As aderências entre o TFDP e

o LSC e/ou o LI podem estar associadas a lesões graves no aspeto dorsal do tendão (Dyson & Murray, 2011).

Como apresentação clínica, o mais frequente é o aparecimento de claudicação aguda, moderada a severa e unilateral que tende a melhorar com o descanso em box e a piorar com o exercício. Esta claudicação é normalmente evidenciada em círculo, em piso mole e após tensão no tendão. Na palpação do TFDP entre as cartilagens colaterais pode existir manifestação de dor e há uma melhor resposta ao bloqueio intra-articular da AID e da bursa do navicular, do que ao bloqueio palmar digital, sendo as respostas variam consoante a localização das lesões e das patologias concomitantes (Baxter, 2011a).

4.2. Ligamentos colaterais da articulação interfalângica distal

As lesões dos LCs são a segunda patologia mais recorrentes ao nível dos tecidos moles no casco, sendo geralmente o ligamento colateral medial o mais afetado. Estas podem ocorrer de forma isolada ou estar associadas a outras patologias, como distensão da AID, lesões do TFDP e alterações do osso navicular (Zubrod & Barrett, 2007).

A causa mais comum de desmiste deste ligamento é o trauma agudo ou repetitivo, mas maus aprumos e assimetrias dos cascos podem também predispor. Esta patologia tem vindo a ser reportada mais como processo degenerativo primário do que como processo inflamatório (Baxter, 2011a). As lesões podem aparecer tanto na sua inserção nas falanges como ao longo do seu corpo e podem estar associadas a reações de perióstio e endóstio, com formação de entesófitos na origem em F2, o mais comum, e na inserção em F3 (Dyson & Murray, 2011).

Os cavalos apresentam-se com história de claudicação crónica, de severidade variável, que piora no círculo e são usualmente positivos à flexão da AID. Em casos severos podem ser palpados inchaços e dor na sua inserção em F2. Ao bloqueio palmar digital podem não ser completamente positivos e, nesse caso, necessitam de um bloqueio mais proximal (Baxter, 2011a).

4.3. Ligamentos sesamóideus colaterais

As lesões nos LSC não são muito comuns e, na sua maioria, são encontradas com outras patologias do aparelho podotroclear, sendo mais prevalentes nos membros posteriores (Dyson & Murray, 2011). Estas estão associadas a claudicação crónica com diminuição da fase caudal da passada em círculos e em piso duro. Além disto, os

cavalos são, na sua maioria, positivos ao teste de flexão da AID e ao teste de hiperextensão (Abu-Seida & Elemmawy, 2021).

4.4. Ligamento sesamóideu ímpar

As lesões do LI, tal como no LSC, estão muitas vezes associadas a lesões dos bordos proximal e distal do osso navicular, como enteseófitos, fragmentos do bordo distal e mineralizações anormais. Estas anomalias podem representar uma resposta crónica ao stress excessivo do aparelho podotroclear. No entanto, são bastante mais frequentes em comparação com as lesões do LSC (Dyson & Murray, 2011).

Cavalos com reação do endóstio podem não exibir sinais clínicos, mas em situações em que há formação de entesófitos na inserção de LI está associada claudicação. Em casos mais severos podem ser verificadas aderências ao TFDP (Dyson & Murray, 2011).

O reconhecimento de patologia neste tendão só passou a existir depois do aparecimento da MRI (Dyson et al., 2010).

4.5. Osso navicular

O síndrome do navicular é uma doença progressiva e crónica do osso navicular, dos seus ligamentos (LSC e LI), do TFDP e da bursa do navicular e estima-se que represente um terço das claudicações crónicas dos membros anteriores de cavalos (Baxter, 2011a; Dyson, 2011). A etiologia da doença do navicular é ainda desconhecida, existindo várias propostas para a sua patogénese. São estas, comprometimento vascular, anomalias biomecânicas e alterações degenerativas, sendo que a teoria mais provável é a do desgaste do aparelho navicular devido ao stress repetitivo e às forças que são aplicadas no osso navicular pelo TFDP (Dyson & Murray, 2011; Widmer et al., 2000). A má conformação e equilíbrio do casco, em especial a presença de talões baixos com pinças compridas, são também considerados fatores de risco importantes. O peso corporal excessivo, cascos pequenos em relação ao corpo e trabalho em piso duro são condições que podem aumentar as forças no osso navicular e no aparelho podotroclear (Baxter, 2011a).

Os cavalos afetados têm normalmente história de claudicação progressiva crónica, unilateral ou bilateral, com passadas curtas, rigidez e aumento da claudicação em piso duro (Baxter, 2011a). Alterações patológicas do osso navicular incluem erosão da cartilagem, esclerose do osso subcondral, áreas de osteólise, edema, congestão e fibrose dos espaços medulares. Danos na fibrocartilagem juntamente com lesões do TFDP nessa área podem predispor à formação de aderências (Baxter, 2011a).

A maioria dos cavalos demonstra dor à pinça de cascos no terço central e ocasionalmente, no terço cranial da ranilha, mas, uma resposta negativa não exclui a síndrome (Baxter, 2011a).

5. DIAGNÓSTICO POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

A MRI tem a capacidade de detetar o aumento e alteração da composição dos tecidos, assim na imagem como resposta à lesão podem ser vistas modificações no tamanho, forma e alterações de sinal nas estruturas (Zubrod & Barrett, 2007).

Quando visualizados em MRI, os tendões normais têm uma intensidade de sinal muito baixa e, por isso, aparecem a preto com aparência de rede em imagem com vista transversal (Zubrod & Barrett, 2007).

Os ligamentos são geralmente de baixa intensidade, com sinal bastante homogéneo, mas, podem ter mais variações na sua aparência que os tendões dependendo do ligamento em questão, da sequência utilizada e da densidade dos feixes de colagénio dentro do ligamento. Desta forma, um sinal moderadamente heterógeno pode ser normal para algumas estruturas ligamentares (Zubrod & Barrett, 2007).

Quando os tendões e os ligamentos sofrem lesões agudas, tornam-se frequentemente aumentados, devido à acumulação de fluído e de células inflamatórias no interior do tecido, e aparecem com as margens arredondadas. O aumento da intensidade do sinal em todas as sequências está associado a inflamação no tendão e, pelo contrário, a formação de tecido cicatricial ou aderências podem produzir uma diminuição da intensidade do sinal. Em alguns casos de cicatrização crónica, a baixa intensidade de sinal é a mesma que a de um tendão ou ligamento normal, mas a irregularidade da forma é indicativa de doença crónica (Zubrod & Barrett, 2007).

Tendões e ligamentos com lesões crónicas também se encontram frequentemente aumentados devido à deposição de tecido cicatricial dentro e à volta da estrutura afetada (Zubrod & Barrett, 2007).

5.1. Tendão flexor digital profundo.

O TFDP apresenta-se com margens regulares, uma intensidade de sinal baixa e uniforme, com fascículos tendinosos divididos por linhas de maior intensidade de sinal, vistas em cortes transversais. O tendão inicia-se com uma forma oval, mas ao nível do casco adquire uma forma bilobada visível em corte transversal. Estes lobos vão alterando a sua forma à medida que os cortes se tornam mais distais, mantendo-se simétricos, em tamanho e em forma. Entre o TFDP e os ligamentos sesamóideus

colateral e ímpar é visível uma linha de fluído hiperintensa que corresponde aos recessos proximal e distal da bursa do navicular (Dyson, 2011; Murray et al., 2006).

As ruturas isoladas no plano sagital ou abrasões dorsais focais, sem outras alterações no tendão, podem ser achados incidentais em cavalos clinicamente normais (Dyson, 2011).

A presença de lesões nucleares torna, normalmente, o lobo afetado maior e essa área lesionada aparece com um aumento de intensidade do sinal, sendo que a intensidade vai variar consoante a gravidade e a duração da patologia. Lesões agudas têm geralmente uma intensidade de sinal mais elevada, devido à presença de líquido e ao aumento da celularidade, enquanto o tecido cicatricial das lesões crónicas produz geralmente uma intensidade de sinal intermédia a baixa (Zubrod & Barrett, 2007).

Relativamente ao local de inserção do tendão em F3, por mais que esta seja uma zona frequentemente afetada, o aparecimento de focos hiperintensos ou alguma irregularidade, não significa inequivocamente uma anormalidade nesta zona, se apenas for visível em ponderações T1 (GRE e SE), podendo estar relacionado com a emissão de sinal da cartilagem desta zona (Zubrod & Barrett, 2007).

As lesões inflamatórias agudas ou necróticas são mais facilmente observadas em ponderações T1 e T2 e em sequências com supressão de gordura, enquanto lesões crónicas já com conteúdo fibroso podem apenas ser observadas em T1 e T2. As lesões na inserção do ligamento são melhor identificadas em sequências com supressão de gordura, como por exemplo STIR ou *water excitation* (Dyson & Murray, 2011).

5.2. Ligamentos colaterais da articulação interfalângica distal

O LC apresenta-se com um sinal de baixa intensidade e uniforme ao longo do seu comprimento. Em corte transversal são normalmente ovais ou fusiformes. As suas margens são bem demarcadas e a sua espessura uniforme. Podem existir ligeiras assimetrias na forma e tamanho entre o ligamento medial e lateral, sem que haja necessariamente um processo patológico subjacente, sendo que o medial é frequentemente maior e tem um sinal mais elevado (Dyson, 2011; Zubrod & Barrett, 2007).

Para a sua avaliação, imagens em plano transversal são as mais sensíveis, mas, as mais suscetíveis a artefactos devido à obliquidade deste ligamento. As imagens ponderadas em DP e em T1 podem fornecer um detalhe anatómico para avaliar as margens e a orientação dos LC. Já sequências com supressão de gordura são muito úteis, não só para realçar a inflamação no interior do ligamento, mas também para identificar lesões patológicas no osso e no local de fixação do ligamento (Zubrod &

Barrett, 2007). Quando a lesão apenas é identificada em imagens ponderadas em T1, é provável que seja um processo crônico ou degenerativo (Dyson & Murray, 2011).

Para a confirmação de lesão aguda neste ligamento é necessário identificar um aumento do tamanho e/ou dos tecidos periligamentares com aumento da intensidade do sinal em sequências com TE longos (imagens ponderadas em T2, FSE, ou STIR), ou alteração da arquitetura do ligamento que demonstre uma rutura parcial deste (Dyson & Murray, 2011; Zubrod & Barrett, 2007).

5.3. Ligamentos sesamóideus colaterais

Tal como os anteriores, os LSCs têm um sinal uniforme de baixa intensidade em ponderações T1 e T2, sendo que podem aparecer com sinal intermédio em imagens com supressão de gordura. Tais ligamentos devem ser simétricos entre si, na sua forma e tamanho, e com limites bem delimitados por um sinal de elevada intensidade, correspondente aos fluídos do recesso palmar da AID e da bursa do navicular, visível em DP, T2, GRE e STIR. A inserção no osso navicular deverá ter uma aparência regular e homogênea (Dyson, 2011; Murray et al., 2006).

Mais uma vez, as lesões agudas caracterizam-se pelo aumento do tendão e da intensidade de sinal em todas as sequências. Associado à lesão deste ligamento, pode ser visível a proliferação de tecido mole no recesso palmar da AID, o aumento focal da intensidade de sinal na sua inserção no osso navicular em STIR ou o aumento de sinal de forma difusa pelo ligamento (Dyson & Murray, 2011).

Em lesões crônicas, é frequente a perda de separação entre o TFDP e o LSC, indicativo de aderências (Dyson & Murray, 2011).

5.4. Ligamento sesamóideu ímpar

Este ligamento, apresenta normalmente, as suas margens limpas e tem uma intensidade de sinal baixa, mas, um pouco mais alta quando comparado com TFDP. Em corte transversal o LI tem um aspeto heterógeno com linhas de fluído hipertintensas entre as suas fibras que correspondem a invaginações sinoviais da AID. Palmar ao LI, deve ser vista uma linha hiperintensa correspondente ao fluído da bursa do navicular que o separa do TFDP, caso esta linha não seja observada é provável que haja lesão com formação de aderências entre as duas estruturas, que podem afetar tanto o TFDP como o LI. Tendo isto em conta, imagens T2 e STIR, como sobressaltam essa hiperintensidade, permitem uma boa visualização dos bordos do LI no plano sagital. Alguma irregularidade na sua inserção em F3 pode ser considerada normal em cavalos clinicamente normais (Dyson, 2011; Murray et al., 2006; Zubrod & Barrett, 2007).

As lesões do LI resultam em áreas maiores de baixa intensidade de sinal nas imagens ponderadas em T1 e de alta intensidade em imagens ponderadas em T2 e STIR, em comparação com as interdigitações sinoviais normais da articulação (Dyson et al., 2010; Dyson & Murray, 2011). A formação de entesófitos na origem do ligamento ímpar no osso navicular aparece como áreas focais de baixa intensidade de sinal (Zubrod & Barrett, 2007).

5.5 Osso navicular

Na avaliação do osso navicular num corte de MRI, vários aspetos devem ser tidos em conta, no seu bordo proximal, bordo distal, superfície flexora, medula e a bursa do navicular, como alterações de sinal, homogeneidade e a regularidade e definição das suas margens anatómicas (Kottmeier et al., 2019). Um osso navicular normal deve ter o córtex, proximal, distal, dorsal e flexor, bem delimitados e com um baixo sinal. Na sua superfície distal é visível um número variável de invaginações de tamanho semelhante, com um sinal alto em imagens ponderadas em T2, correspondente ao fluído sinovial que se encontra no seu interior. Estas invaginações podem ser bastante variáveis tanto em número, como em tamanho e forma (Dyson, 2011). A medula apresenta-se como uma área uniforme de elevado sinal, exceto em imagens de supressão de gordura onde tem um sinal baixo e uniforme, com uma boa diferenciação corticomedular. A fibrocartilagem pode ser vista como uma linha de sinal intermédio em imagens de alta resolução ponderadas em T2 (Kottmeier et al., 2019; Murray et al., 2006).

Ao nível do bordo distal e proximal podem ser encontrados entesófitos, normalmente relacionados com desmopatias passadas dos ligamentos sesamóideus, que se apresentam como estruturas de baixa intensidade de sinal nos locais de inserção dos referidos ligamentos. Da mesma forma, os fragmentos imitem também um baixo sinal e podem estar ou não associados a reações no osso navicular. Caso haja reação, o contorno do osso adjacente é visto com uma linha com sinal mais intenso, ou então com um sinal baixo difuso característico de mineralizações anormais (Dyson & Murray, 2011).

No córtex flexor podem ser encontrados espessamentos, normalmente associados a aumento proximal e/ou distal do contorno do osso, vistos em imagens ponderadas em T1 e T2, normalmente relacionados com stress crónico nos LSC e LI, respetivamente. Como indicadores de início de lesões degenerativas, podem ser vistas acumulações de fluído palmares ao córtex, compatíveis com perda de cartilagem, e aumento da intensidade de sinal em sequências STIR com irregularidades do endóstio. As adesões entre TFDP e o córtex causam uma perda da linha de fluído hiperintensa

da bursa do navicular. Em lesões mais avançadas esta hiperintensidade passa também a ser vista em T1 e T2 e encontra-se muitas vezes associada a focos hipointensos na medula adjacente (Dyson & Murray, 2011).

A presença de fluído na cavidade medular do osso navicular, vista como um aumento, generalizado ou focal, do sinal em imagens STIR, encontra-se altamente relacionada com a presença de sinais de claudicação e pode ser indicativo de edema intersticial ou perivascular (um dos primeiros e mais importantes achados em MRI em cavalos com síndrome do navicular), fibrose medular, necrose, edema da medula óssea vermelha, quistos medulares, hemorragias e tecido adiposo degenerado (Schneider, Gavin, & Tucker, 2003). A diminuição da intensidade de sinal em imagens ponderadas em T1 e T2 poderá ser consistente com mineralizações (Dyson & Murray, 2011).

6. IMPORTÂNCIA DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

A MRI permite não só localizar com exatidão a lesão como também fornece informações sobre a natureza da lesão, bem como, sobre o grau de inflamação, vascularização, tecido cicatricial, afeção dos tecidos circundantes, o que possibilita inferir acerca da sua gravidade, duração e prognóstico da lesão (Dyson & Murray, 2011). As informações de diagnóstico extensivas e o pormenor fornecido pela MRI permite um protocolo de tratamento mais direccionado. Por exemplo, num cavalo com dor crónica, mas com tendinite severa do TFDP, uma neurectomia poderia causar riscos de rutura do tendão, desta forma, com o diagnóstico dessa lesão, tal rutura pode ser evitada (Dyson & Murray, 2011).

O detalhe diagnóstico obtido pela MRI é variável consoante a densidade do fluxo magnético do equipamento. Existem equipamentos de baixo campo, que usam fluxos entre 0,2 e 0,3T e equipamentos de alto campo que utilizam ímanes mais potentes de 1,5T ou de 3T. A MRI de baixo campo (bMRI) tem a vantagem de permitir a realização do exame com o cavalo sedado em estação, e, desta forma, ao ser evitada a anestesia geral e todos os riscos que esta acarreta é muitas vezes preferida relativamente às restantes, para além do facto de estes equipamentos serem mais económicos. No entanto, o tempo de aquisição de imagem é maior e por isso é mais sensível a artefactos de movimento, comparativamente com a MRI de alto campo (aMRI). A aMRI implica a anestesia geral do cavalo, mas, tem uma melhor capacidade diagnóstica, sendo o detalhe da imagem proporcional à intensidade do íman (Werpy, 2011). Num estudo realizado por Murray, Mair, Sherlock e Blunden (2009), onde foram comparados os resultados de bMRI e aMRI com os achados macroscópicos e histopatológicos foram obtidos os seguintes resultados. Os tecidos normais tinham aparências semelhantes em

MRI de ambos os campos, mas, estruturas pequenas, como o LI, são mais facilmente definidas em aMRI. Uma das maiores limitações de bMRI prende-se com o subdiagnóstico de patologia articular. A diferenciação das duas superfícies cartilagíneas, em bMRI, só é possível nas suas margens abaxiais, sendo que na maioria da superfície cartilagínea da articulação apenas é visível uma linha contínua, o que pode não evidenciar erosões ou diminuição da espessura de cada uma das cartilagens articulares. Na aMRI, podem ser diferenciadas as duas superfícies articulares, proximal e distal. As lesões de tendões, ligamentos e osso foram detetadas por ambas, mas alguns detalhes ou lesões muito pequenas e focais foram mais perceptíveis na aMRI (Murray et al., 2009).

6.1. Ecografia vs. MRI

A ecografia é uma técnica diagnóstica facilmente disponível e acessível. A avaliação do casco com este meio imagiológico é feita através do bulbo dos talões, onde é vista parte do TFDP, bursa do navicular e LSC, e por abordagem transcuneal, para avaliar a superfície flexora do osso navicular, parte distal do TFDP e o LI (Evrard et al., 2021).

Tal como a ecografia, a MRI deteta o aumento e a alteração da composição do tecido, mas, tem a capacidade de detetar alterações muito mais ligeiras e em locais onde a ecografia não é possível, como parte dos tendões e ligamentos que encontramos no interior do casco (Zubrod & Barrett, 2007). A maior sensibilidade da MRI, deve-se, no geral, ao facto de tecidos diferentes possuírem maiores diferenças nas suas propriedades magnéticas do que nas suas propriedades acústicas (Werpy et al, 2008). Por outro lado, a ecografia tem a vantagem de oferecer uma imagem dinâmica, permitindo determinar com maior especificidade adesões entre tecidos (Werpy et al., 2008).

Assim, a ecografia pode ter uma boa relação custo-benefício, mas, devido às várias limitações nesta região, muitas das vezes não é útil (Baxter, 2011a).

Na ecografia transcuneal, quando são comparadas lesões ecográficas com as alterações histopatológicas, a ecografia demonstra uma sensibilidade relativamente boa para a deteção de irregularidades do córtex flexor, mas, devido às limitações impostas pela ranilha e pela hidratação necessária no casco, não é permitida a avaliação das porção abaxiais do TFDP devido à sombra acústica (Evrard et al., 2021).

Embora a ecografia seja útil para o diagnóstico de desmites do LC, não é possível obter imagens completas do aspeto distal deste ligamento (Zubrod & Barrett, 2007).

Um estudo realizado por Busoni, Lahaye, e Denoix (2006), onde compararam os achados em ecografia transcuneal com alterações macroscópicas, demonstrou que todas as irregularidades ósseas vistas na necropsia foram detetadas por ecografia, incluindo as alterações ao nível do córtex flexor, o que sugere uma alta sensibilidade desta técnica para diagnóstico de lesões ósseas, resultados também obtidos por outros estudos. No entanto, os mesmos resultados não se verificaram no que toca à porção do TFDP distal ao osso navicular, onde 5 cadáveres com lesões nucleares e dorsais no tendão, não demonstraram qualquer alteração ecográfica, sendo que lesões parassagitais e intratendinosas são também difíceis de detetar em ecografia (Busoni et al., 2006).

6.2. Radiografia vs. MRI

A utilização de radiografia como recurso ao diagnóstico para dor no casco é muito comum. Apesar de muito útil na prática clínica diária, tem a desvantagem de não fornecer informações acerca dos tecidos moles, a não ser mineralizações destes, e é necessário ter em conta que são locais frequentemente lesionados. Várias alterações ósseas podem ser visualizadas radiograficamente, mas, devido à natureza complexa da arquitetura do osso navicular, algumas áreas não podem ser avaliadas com clareza pois ficam sobrepostas com as falanges (Widmer et al., 2000).

Enquanto lesões moderadas a severas no osso navicular podem ser detetadas com recurso à radiografia, a MRI tem a vantagem de detetar alterações ligeiras, incluindo a diminuição na densidade de osso cortical, alterações no padrão trabecular, aumentos dos buracos nutritivos, fragmentos na margem distal e lesões ligeiras no córtex flexor. Para além disso, a ressonância é o único meio diagnóstico que permite detetar sinal de fluído no osso (Barrett et al., 2017).

Widmer (2000) demonstrou que erosões do córtex flexor, que são alterações importantes em cavalos afetados com síndrome do navicular, podem não ser reveladas em projeções que não sejam a 45°. Para além disso, quistos e processos de esclerose medular vistos em radiografia, quando avaliadas em MRI apresentavam um processo patológico mais extenso, da mesma forma, projeções dorsoproximais-plantarodistais oblíquas também subestimaram tanto, o número e o grau dos buracos nutritivos do osso navicular, como a extensão e natureza de fragmentos do seu bordo distal (Widmer et al., 2000).

Schramme, Murray, Blunden, e Dyson (2005) realizaram um estudo com o intuito de avaliar a correlação entre lesão em MRI, radiografia e histopatologia em cavalos com síndrome do navicular e obtiveram os seguintes resultados. Na generalidade, existiu

uma boa correlação entre os achados radiológicos e MRI, mas a MRI foi também capaz de mostrar alterações como edema medular e irregularidades do córtex flexor que não foram visíveis nas radiografias. Outra limitação prende-se com o facto de duas das lesões mais comuns encontradas em cavalos com síndrome do navicular não serem passíveis de detetar com radiologia, e são estas, lesões do TFDP e perda parcial da espessura da cartilagem articular. Desta forma, torna-se compreensível que muitos cavalos com este síndrome não apresentem alterações radiológicas (Schramme et al., 2005).

Biggi, Dyson (2010), por outro lado, ao comparar o número de casos em que fragmentos ósseos detetados em MRI eram também vistos em radiologia, obtiveram resultados com associações bastante baixas. Apenas 18 em 46 fragmentos foram identificados em radiografia, sendo que, os mais frequentemente vistos seriam os de maior tamanho ou em situações onde eram também detetadas mais alterações de sinal em MRI (alto grau). Os fragmentos de baixo grau raramente foram detetados em radiografia. A sensibilidade da radiografia foi estabelecida aproximadamente nos 40% e quando se analisou a sensibilidade apenas para os fragmentos grandes e de alto grau subiu para cerca de 70% (Biggi & Dyson, 2010).

6.3. MRI vs. histopatologia

Existem evidências que mostram que a MRI se correlaciona com precisão com a histopatologia da maioria das lesões de tendões e ligamentos (Zubrod & Barrett, 2007).

Um estudo levado a cabo por Murray et al. (2006), onde avaliaram a correlação dos achados em MRI com avaliação histopatológica de membros de cavalos com história prévia de claudicação, demonstrou um bom grau de correlação para a maioria das estruturas. Quando avaliada a sensibilidade e a especificidade da MRI para a deteção de lesões moderadas a severas encontradas nas análises histopatológicas, chegaram à conclusão de que o TFDP apresentava uma sensibilidade de 95% e uma especificidade de 100%, com uma boa concordância entre o grau de severidade estabelecido em MRI e em histopatologia. Os resultados para o LSC também foram satisfatórios, com 73% de sensibilidade e 97% de especificidade e um grau de concordância também bom. O LI apresentou os resultados menos favoráveis porque, apesar de apresentar uma sensibilidade de 80%, a sua especificidade foi de apenas 56%, com uma concordância moderada. No entanto, os autores referem que este resultado pode ser devido a uma limitação do estudo, por falta de avaliação histopatológica de alguns locais lesionados. No que toca ao osso navicular, os

resultados são satisfatórios com sensibilidades acima dos 84% para todas as zonas, exceto para o bordo proximal onde esta foi de 30%, com uma especificidade de 63%. Relativamente ao grau de severidade atribuído, a melhor concordância (muito boa) foi ao nível da bursa do navicular, o bordo palmar, distal e a medula que também apresentaram bons resultados (entre boa e moderadamente boa). Contrariamente, os bordos dorsal e proximal apresentaram uma fraca equivalência entre os graus atribuídos em MRI e histopatologia (Murray et al., 2006). Uma explicação para esta reduzida correlação pode ser a sua superfície curva, que ao criar um “efeito de volume”, dificulta a visualização integral destas superfícies (Murray et al., 2006).

Um outro estudo, avaliou a concordância entre os achados de MRI (3T) com os histopatológicos do osso navicular. A baixa correspondência entre achados reportada anteriormente, em MRI de 1,5T, para o bordo dorsal e proximal, não foi verificada. Isto pode ser explicado pelo facto de uma maior intensidade de campo resultar numa menor relação sinal-ruído, maior resolução espacial e menor suscetibilidade a artefactos. Neste estudo foram obtidas informações detalhadas na distribuição da cartilagem de hialina das superfícies articulares em questão. No entanto, também foram observadas algumas perdas de definição na superfície articular em alguns dos cortes, muito provavelmente também pelo mesmo motivo mencionado no estudo anterior, um artefacto de volume (Kottmeier et al., 2019).

Schramme, Murray, Blunden, e Dyson (2005) obtiveram resultados semelhantes quando avaliaram membros de cavalos com síndrome do navicular. A sensibilidade de MRI para o diagnóstico de lesões no córtex flexor do osso navicular foi boa (83%), apesar de a especificidade ser um pouco mais baixa (63%), tendo sido relatada uma sensibilidade fraca para a perda de fibrocartilagem em estados iniciais. Ao nível de anormalidades da cavidade medular e da identificação de fragmentos na superfície distal, foram verificadas excelentes correlações entre os dois meios de diagnóstico. Estes autores avaliaram também os tecidos moles do casco e obtiveram resultados excelentes na avaliação do TFDP (95% sensibilidade, 100% sensibilidade). No que toca ao LSC a sensibilidade foi de 73% e a especificidade de 97%. A pior correspondência, mais uma vez, foi para o LI com uma sensibilidade até boa (80%), mas com especificidade fraca (50%), pois devido à sua natureza heterogénea torna-se por vezes difícil distinguir-se, por exemplo, fenestrações por vasos sanguíneos ou por invaginações sinoviais da bursa do navicular, que seriam normais, ou seja, pode ser difícil determinar consistentemente quando as características anatómicas normais se tornam anormais. De ressaltar que, tal como em estudos anteriores, também aqui foi possível distinguir cada tipo de lesões do TFDP (Schramme et al., 2005).

7. CASO CLÍNICO

Caracterização do paciente: Égua, 5 anos, *Appaloosa*, saltos.

Anamnese/Motivo da consulta: Cavalo volta ao hospital por recidiva de claudicação aguda do membro anterior direito, vista em outubro e tratada para abscesso do casco. Ao exame de claudicação, em outubro, aparentava ter uma zona com aspeto de abscesso na linha branca, não exibía sensibilidade à pinça de cascos, obteve uma melhoria de 80% após o bloqueio palmar digital e não apresentava alterações radiográficas significativas, para além de um ângulo palmar neutro e ligeira osteoartrite da AID. Após o tratamento para abscesso de casco voltou ao exercício e a claudicação no membro anterior direito retornou. Vem, novamente, à consulta para reavaliação da claudicação referida.

História clínica/Exame físico á chegada: Ao exame físico estava normal.

Foi realizado exame de claudicação com os seguintes resultados:

- Sem pulso digital em todos os membros;
- Sem dor à pinça de cascos;
- Sem claudicação a passo;
- Sem dor à palpação de todas as articulações;
- Sem efusões sinoviais;
- Trote em linha reta com claudicação no membro anterior direito de grau 1/5;
- Trote à guia para a mão esquerda em piso duro com claudicação no membro anterior direito de grau 2+/5;
- Trote à guia para a mão direita no piso duro com claudicação no membro anterior direito de 2/5;
- Trote à guia para a mão esquerda em piso mole com claudicação no membro anterior direito de grau 2+/5;
- Trote à guia para a mão direita no piso mole com claudicação no membro anterior direito de 2/5;
- Flexões ativas de todas as articulações negativas;
- Bloqueio palmar digital no membro anterior direito significativamente positivo.

Foram realizados estudos radiográficos do membro afetado, que revelaram, tal como os estudos realizados em outubro, leve osteoartrite na AID e ângulo palmar de F3 neutro/negativo, como se vê na figura 3.



Figura 3 - Radiografia do membro anterior direito com osteoartrite na zona craniodistal da segunda falange. (imagem gentilmente cedida por *Pioneer Equine Hospital*)

À ecografia, nas figuras 4,5 e 6, foi verificado um aumento do aspeto lateral com alteração do padrão de fibras do TFDP, desde a zona 1A até à porção visível à ecografia de F2.

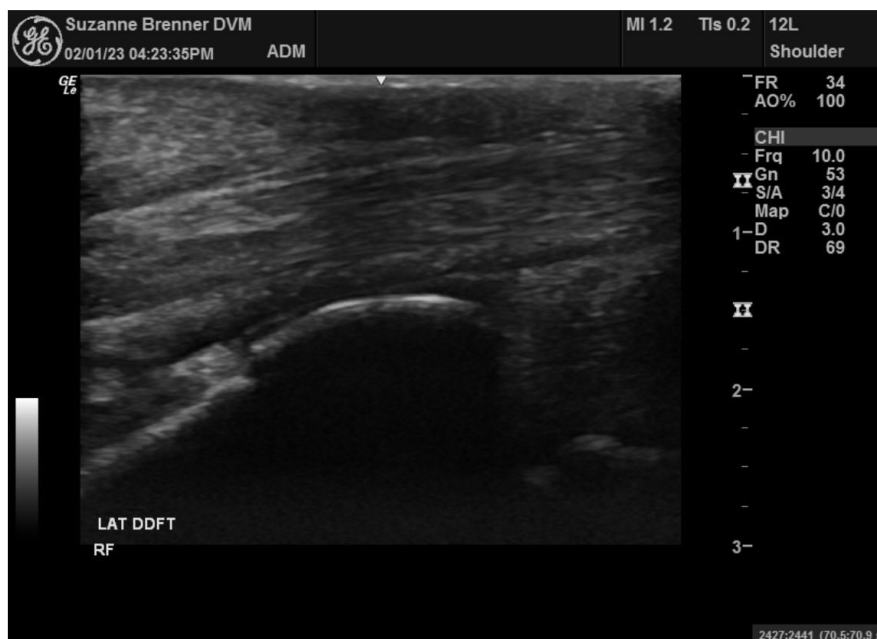


Figura 4 – Ecografia do membro anterior direito na zona da articulação interfalângica proximal com aumento da espessura do TFDP. (imagem gentilmente cedida por *Pioneer Equine Hospital*)

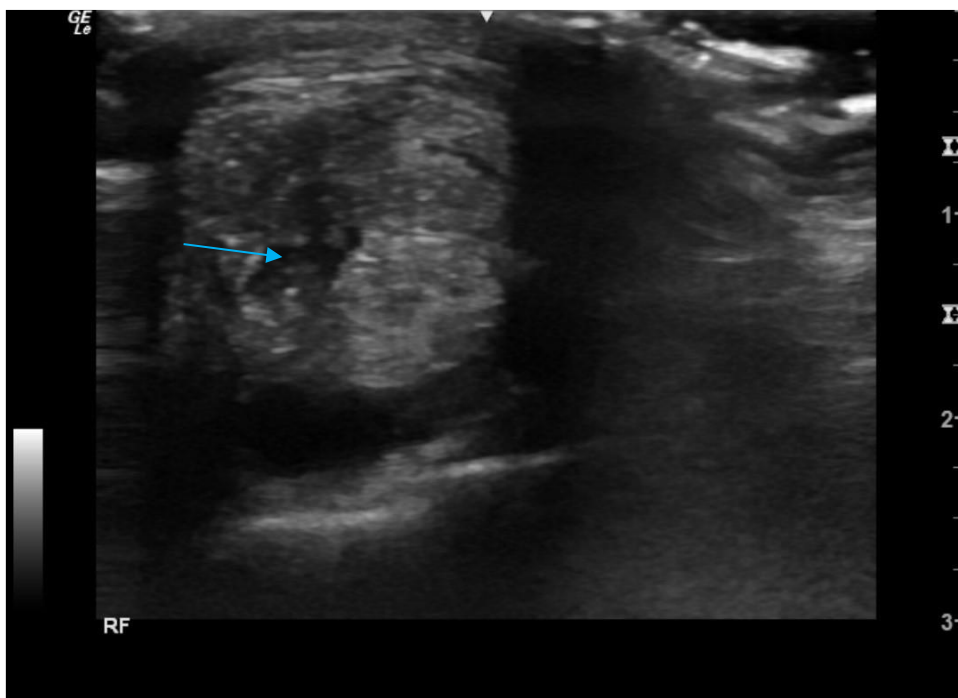


Figura 5 - Ecografia do membro anterior direito na zona 2B com alterações de tamanho, heteroecogenecidade (seta) e padrão das fibras, sugestivo de lesão do TFDP. (imagem gentilmente cedida por *Pioneer Equine Hospital*)

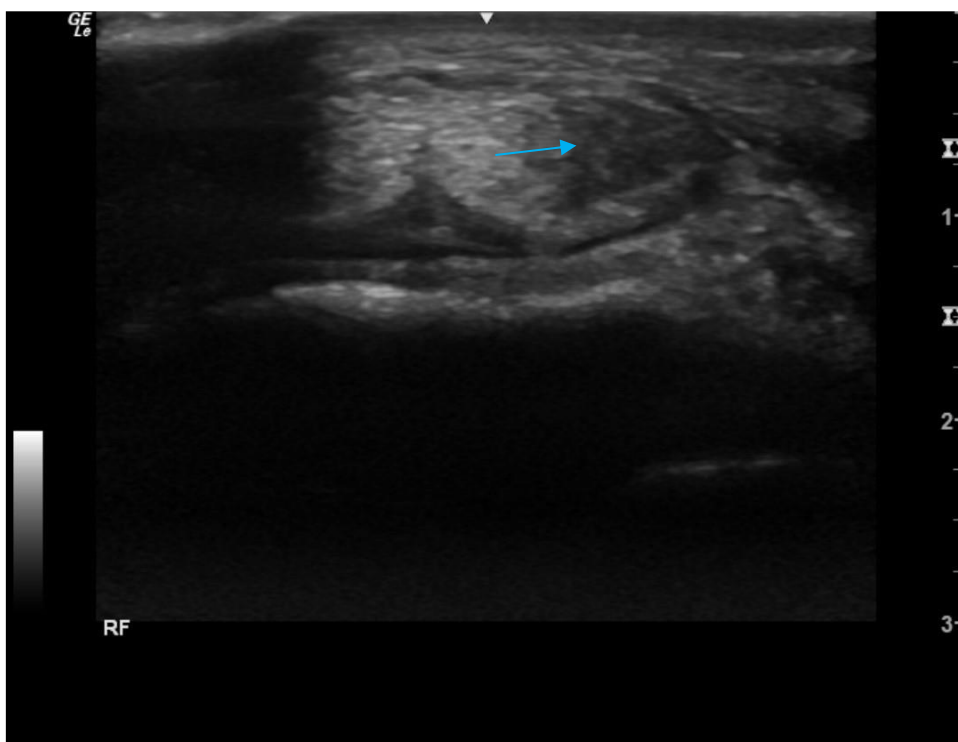


Figura 6 - Ecografia do membro anterior direito proximal a F2, com zona hipoeecogénica (seta) sugestiva de lesão do TFDP. (imagem gentilmente cedida por *Pioneer Equine Hospital*)

Na MRI, com equipamento de 1,5T, foi examinado o casco, quartela e boleto do membro anterior direito e obtiveram-se os seguintes achados. Como demonstrado no anexo figura 7, ao nível da AID foi encontrada sinovite crônica moderada com osteoartrite severa, entesopatia da cápsula articular e diminuição difusa da espessura da cartilagem articular. Palmar ao osso navicular, foi possível observar uma acumulação ligeira de líquido sinovial com um aumento dos buracos nutritivos e remodelação da margem distal deste mesmo osso. No aspeto proximal do navicular, a superfície flexora apresentava um defeito ósseo superficial e/ou desmineralização. Era evidente também uma bursite navicular crônica caracterizada por efusão com espessamento da membrana sinovial.

A articulação interfalângica proximal e metacarpofalângica possuíam uma osteoartrite leve a moderada e a porção distal do terceiro metacarpo uma leve a moderada esclerose, mais proeminente no côndilo medial.



Figura 7 - MRI de membro anterior direito em corte sagital, ponderação em DP e sequência *water excitation*. Neste corte é possível ver osteoartrite da AID (seta à esquerda), remodelação óssea da margem distal com anomalias da superfície flexora do osso navicular e tendinopatia extensa e marcada do TFDP (setas palmares). (imagem gentilmente cedida por *Pioneer Equine Hospital*)

O TFDP apresentava a lesão mais significativa, representada nas figuras, 8, 9, 10 e 11, com uma extensa e marcada tendinopatia que se iniciava ao nível da quartela, caracterizada por rutura de fibras no lobo lateral com irregularidade e aumento da sua margem dorsal. Este achados mantinham-se distalmente até ao nível do osso navicular, onde o lobo lateral apresentava uma fenda parassagital de fibras adjacente à área lesionada do bordo flexor. Ao nível da falange distal, a fenda parassagital passa a ser uma rutura da margem dorsal com engrossamento delimitado por fibras também lesionadas que se prolongam até à inserção na falange distal.

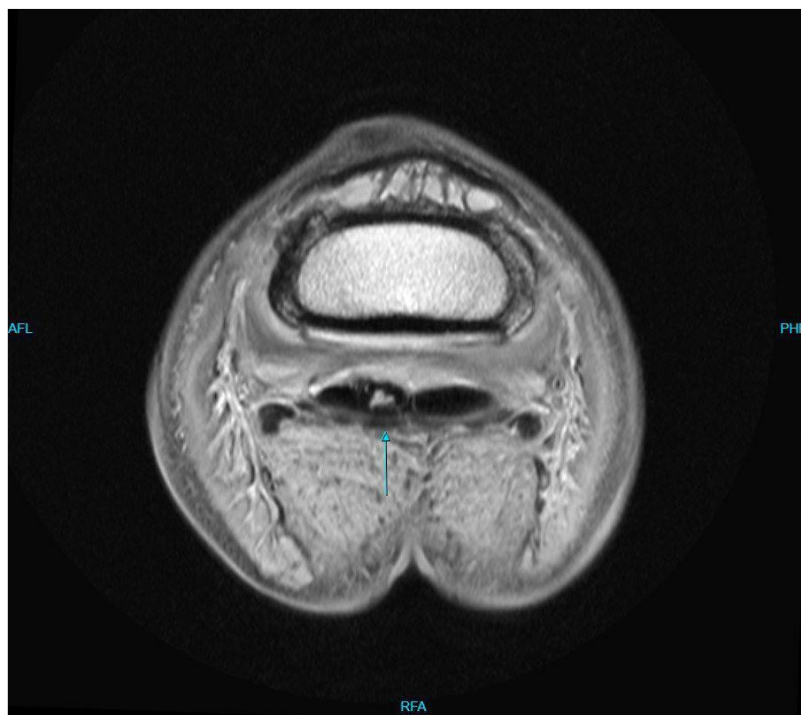


Figura 8 - MRI de membro anterior direito em corte axial, ponderação em DP e sequência fast spin-eco. Neste corte é possível ver zonas de hiperintensidade de sinal (seta azul), indicando anomalias do TFDP ao nível de F2. (imagem gentilmente cedida por *Pioneer Equine Hospital*)



Figura 9 - MRI de membro anterior direito em corte axial, ponderação em DP e sequência fast spin-eco. Neste corte é possível ver zonas de hiperintensidade de sinal (seta azul), indicando anomalias do lobo lateral TFDP na divisão parassagital adjacente à superfície flexora do osso navicular. (imagem gentilmente cedida por *Pioneer Equine Hospital*)

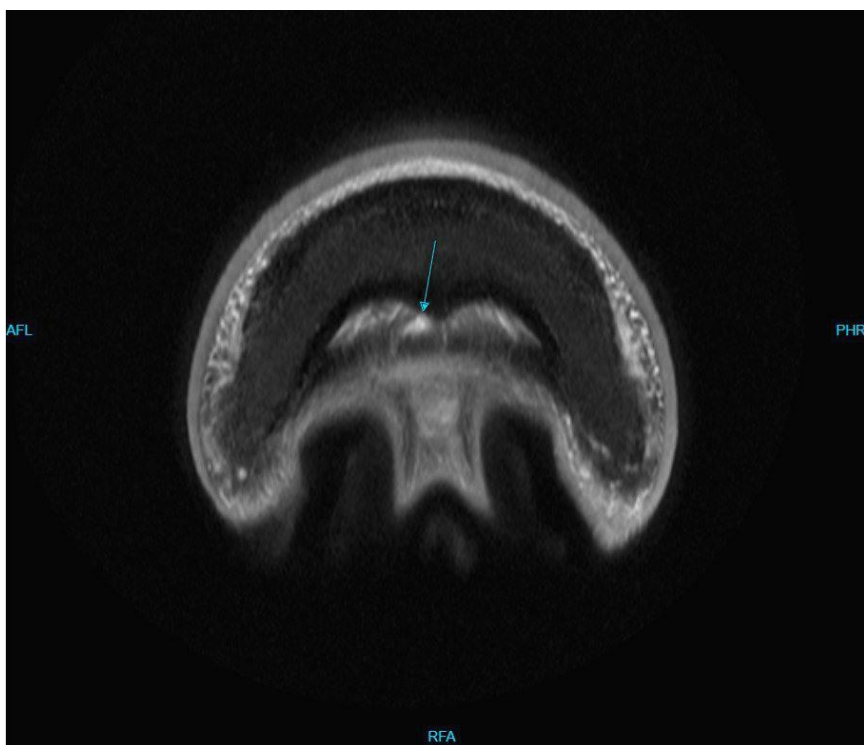


Figura 10 - MRI de membro anterior direito em corte axial, ponderação em DP e sequência *water excitation*. Nesta imagem é possível ver rutura do lobo lateral do TFDP (seta) ao nível da falange distal. (imagem gentilmente cedida por *Pioneer Equine Hospital*)

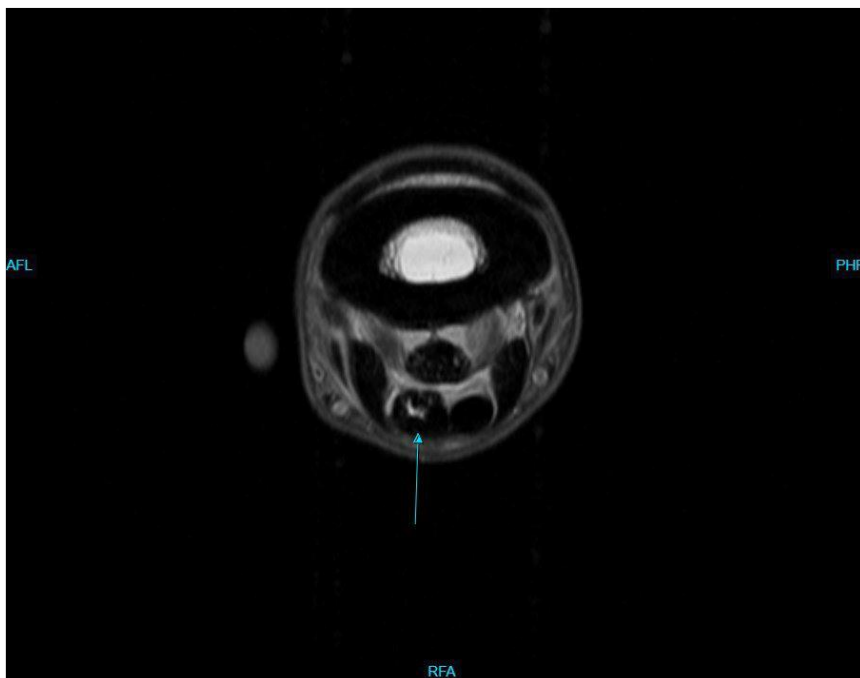


Figura 11 - MRI de membro anterior direito em corte axial, ponderação em DP e sequência FSE. Neste corte podemos verificar uma zona hiperintensa (seta) no TFDP ao nível da quartela, indicando lesão do mesmo. (imagem gentilmente cedida por *Pioneer Equine Hospital*)

O aspeto lateral do ligamento anular digital distal encontrava-se moderadamente espessado e com lesões cicatriciais palmares às lesões do lobo lateral do TFDP.

Diagnóstico: Tendinopatia do lobo lateral do TFDP no membro anterior direito. Osteoartrite da AID do membro anterior direito. Bursite do osso navicular do membro anterior direito.

Tratamento: Como tratamento foi injetado, intralesionalmente, 1,5ml de Plasma Rico em Plaquetas (PRP) no lobo lateral do TDFP na região proximal de F2. Para além disto, realizaram-se três sessões com ondas de choque extracorporais na região da quartela, separadas por 15 dias e recomendado descanso em box, com apenas curtos passeios a passo. Considerou-se essencial uma nova ferração com palmilha, de forma a subir os talões e aumentar o ângulo palmar de F3 para que a tensão no TFDP fosse diminuída.

7.1. Discussão caso clínico

Neste caso, é possível observar as diferenças entre a severidade e a extensão das lesões diagnosticadas com as 3 técnicas imagiológicas. As alterações do osso navicular, a bursite do navicular e a extensão das lesões do TFPD só foram identificadas com recurso a MRI. No entanto, na minha opinião, o diagnóstico com MRI não alterou o

tratamento recomendado, pois parte das lesões passíveis de tratamento já tinham sido anteriormente diagnosticadas.

No tratamento da lesão do TFDP, uma alternativa ao PRP seria a injeção intralesional de células estaminais, que apresenta resultados melhores que a terapia aplicada. Outra possibilidade seria também a injeção intralesional da porção distal do TFDP, mas, esta injeção teria de ser guiada por MRI ou por TAC, o que implicaria uma nova anestesia geral e experiência técnica neste procedimento. A restrição de exercício deverá ser prolongada por 6 meses, com um aumento progressivo do exercício diário.

Na osteoartrite da AID não foi implementado nenhum tratamento, mas esta pode também ser uma fonte de dor na origem da claudicação. Desta forma, seria prudente a injeção intraarticular, por exemplo, de hidrogel de poliacrilamida ou de corticosteróides, como a triancinolona, com ácido hialurónico. Da mesma forma, a bursite do navicular poderia também padecer de tratamento, e, ao injetar a AID, deverá já estar a ser tratada. No entanto, tendo em conta que alguns cavalos não respondem, pode ser feita a injeção da própria bursa do navicular, com as mesmas terapias referidas anteriormente.

Relativamente ao prognóstico, e tendo em conta que há lesões do tendão concomitantes com alterações do osso navicular, a possibilidade de retorno à competição pode estar condicionada, já que a síndrome do navicular é uma condição crónica e apenas é feita terapia de manutenção para esta.

8. CONCLUSÃO

Desta forma, podemos concluir que, a MRI é de facto uma técnica imagiológica muito útil. Deve ser tido em conta que, são necessárias fazer várias sequências da mesma zona anatómica para que seja retirado o máximo de informação. Devem ser utilizadas sequências com supressão de gordura para avaliar a inflamação, necrose e a inserção dos tendões no osso e sequências T1 ou T2 para lesões crónicas.

No caso da ecografia, por mais que seja bastante sensível para lesões ósseas, e que permita a visualização de algumas lesões ao nível do casco, implicaria que fossem realizadas as duas abordagens, pelo bulbo dos talões e transcuneal, mas a via transcuneal não é muito comum na prática clínica devido à difícil preparação prévia do casco e à difícil execução da técnica ecográfica. Ainda com recurso às duas abordagens, alguns tecidos não são vistos com qualidade na sua completa totalidade, assim como alguns tipos de lesões do TFDP também são difíceis de detetar em ecografia.

No que toca á radiografia, é necessário ter em conta que não é possível avaliar a presença de lesões concomitantes e lesões ligeiras podem não ser visíveis. Desta forma, a possibilidade de implementar tratamentos preventivos pode ficar condicionada.

É também de ressaltar a importância da MRI no estabelecimento de um tratamento e prognóstico, devido a toda a informação que oferece, relativamente à localização exata, ao grau de inflamação, à presença ou não de tecido cicatricial e à presença de lesões concomitantes. O facto de permitir um diagnóstico em estados muito ligeiros, pode facilitar o tratamento e a prevenção de alterações irreversíveis.

Tendo isto em conta, em casos em que a MRI não seja uma opção viável, quer por motivos económicos ou por não estar disponível, a combinação de radiografia com ecografia pode fornecer a oportunidade de uma avaliação mais completa do casco, em comparação com a utilização destes métodos de forma isolada.

REFERÊNCIAS

- Abu-Seida, A. M., & Elemmawy, Y. M. (2021). Chronic Collateral Sesamoidean Desmopathy in Draft Horses: Magnetic Resonance Imaging and Histopathological Findings. *Journal of Equine Veterinary Science*, 98, 103362. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103362>
- Barrett, M. F., Frisbie, D. D., King, M. R., Werpy, N. M., & Kawcak, C. E. (2017). A review of how magnetic resonance imaging can aid in case management of common pathological conditions of the equine foot. *Equine Veterinary Education*, 29(12), 683–693. <https://doi.org/10.1111/eve.12542>
- Baxter, G. M. (2011a). Common conditions of the foot. In *Manual of equine lameness* (1st ed., pp. 225–266). Wiley-Blackwell.
- Baxter, G. M. (2011b). Functional Anatomy of the Equine Musculoskeletal System. In G. M. Baxter (Ed.), *Manual of equine lameness* (1st ed., pp. 3–64). Wiley Blackwell.
- Biggi, M., & Dyson, S. (2010). Comparison between radiological and magnetic resonance imaging lesions in the distal border of the navicular bone with particular reference to distal border fragments and osseous cyst-like lesions. *Equine Veterinary Journal*, 42(8), 707–712. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00117.x>
- Bitar, R., Leung, G., Perng, R., Tadros, S., Moody, A. R., Sarrazin, J., ... Roberts, T. P. (2006). MR pulse sequences: What every radiologist wants to know but is afraid to ask. *Radiographics*, 26(2), 513–537. <https://doi.org/10.1148/rg.262055063>
- Bley, T. A., Wieben, O., Franc, C. J., Brittain, J. H., & Reeder, S. B. (2010). Fat and Water Magnetic Resonance Imaging. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 31, 4–18. <https://doi.org/10.1002/jmri.21895>
- Bolas, N. (2011). Basic MRI Principles. In Rachel C. Murray (Ed.), *Equine MRI* (1st ed., pp. 3–37). Blackwell Publishing.
- Budras, K. (2009). Pelvic Limb. In *Anatomy of the Horse* (5th ed., pp. 16–31). Schlütersche Verlagsgesellschaft.
- Busoni, V., Lahaye, B., & Denoix, J. M. (2006). Transcuneal ultrasonographic findings in the podotrochlear apparatus: Comparison with postmortem in 14 equine digits. *Journal of Equine Veterinary Science*, 26(3), 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2006.01.006>
- Davies, H. M. S., & Philip, C. (2007). Anatomy and physiology of the equine digit. In A. Floyd & R. Mansmann (Eds.), *Equine podiatry* (1st ed., pp. 1–111). Saunders Elsevier.
- Dyce, Sack, & Wensing. (2018). The hindlimb of the horse. In B. Singh (Ed.), *Textbook*

- of *veterinary anatomy* (5th ed., pp. 574–631). Elsevier.
- Dyson, S., & Murray, R. (2007). 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 Veterinary Journal*, 39(4), 340–343. <https://doi.org/10.2746/042516407X185566>
- Dyson, S., Pool, R., Blunden, T., & Murray, R. (2010). The distal sesamoidean impar ligament: Comparison between its appearance on magnetic resonance imaging and histology of the axial third of the ligament. *Equine Veterinary Journal*, 42(4), 332–339. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00068.x>
- Dyson, Sue. (2011). Normal MRI anatomy of the foot and pastern. In R. Murray (Ed.), *Equine MRI* (1st ed., pp. 149–166). Blackwell Publishing.
- Dyson, Sue, & Murray, R. (2011). Pathology of the foot and pastern. In R. Murray (Ed.), *Equine MRI* (1st ed., pp. 271–314). Blackwell Publishing.
- Evrard, L., Joostens, Z., Vandersmissen, M., Audigié, F., & Busoni, V. (2021). Comparison Between Ultrasonographic and Standing Magnetic Resonance Imaging Findings in the Podotrochlear Apparatus of Horses With Foot Pain. *Frontiers in Veterinary Science*, 8(July), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.675180>
- Holzhauser, M., Bremer, R., Santman-Berends, I., Smink, O., Janssens, I., & Back, W. (2017). Cross-sectional study of the prevalence of and risk factors for hoof disorders in horses in The Netherlands. *Preventive Veterinary Medicine*, 140, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.02.013>
- Hovet, S., Ren, H., Xu, S., Wood, B., & Tokuda, J. (2017). Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies MRI-powered biomedical devices. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 0(0), 1–12. <https://doi.org/10.1080/13645706.2017.1402188>
- Kottmeier, L. K., Seehusen, F., Helweg, M., Rohn, K., Stadler, P., & Hellige, M. (2019). High-field (3 Tesla) MRI of the navicular apparatus of sound horses shows good agreement to histopathology. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 61(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/vru.12825>
- Martinez, G. V. (2018). Introduction to MRI physics. *Methods in Molecular Biology*, 1718, 3–19. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7531-0_1
- Murray, R. C., Mair, T. S., Sherlock, C. E., & Blunden, A. S. (2009). Comparison of high-field and low-field magnetic resonance images of cadaver limbs of horses. *Veterinary Record*, 165(10), 281–288. <https://doi.org/10.1136/vr.165.10.281>
- Murray, R., & Werpy, N. (2011). Image interpretation and artefacts. In Rachel C. Murray (Ed.), *Equine MRI* (1st ed., pp. 101–145). Blackwell Publishing.
- Murray, Rachel C., Blunden, T. S., Schramme, M. C., & Dyson, S. J. (2006). How does

- magnetic resonance imaging represent histologic findings in the equine digit? *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 47(1), 17–31. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2005.00101.x>
- National Institutes of Health. (2013). Magnetic Resonance Imaging (MRI). Retrieved March 19, 2023, from National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering website: <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/magnetic-resonance-imaging-mri>
- Schneider, R. K., Gavin, P. R., & Tucker, R. L. (2003). What MRI is teaching us about navicular disease. *49th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*, 210–219.
- Schramme, M. C., Murray, R. C., Blunden, A. S., & Dyson, S. J. (2005). A Comparison Between Magnetic Resonance Imaging, Pathology, and Radiology in 34 Limbs With Navicular Syndrome and 25 Control Limbs. *American Association of Equine Practitioners*, 51, 348–358.
- Werpy, N. (2011). Low-field MRI in horses: practicalities and image acquisition. In R. Murray (Ed.), *Equine MRI* (1st ed., pp. 75–99). Wiley-Blackwell.
- Werpy, N. M., Charles, B., & Rantanen, N. (2008). Should I Throw Away My Ultrasound Machine Now That MRI Is Here? A Review of Ultrasound and MRI for the Diagnosis of Musculoskeletal Injury in the Equine Patient. *AAEP Proceedings*, 54, 439–446.
- Widmer, W. R., Buckwalter, K. A., Fessler, J. F., Hill, M. A., Vansickle, D. C., & Ivancevich, S. (2000). Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 41(2), 108–116. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2000.tb01463.x>
- Zubrod, C. J., & Barrett, M. F. (2007). Magnetic Resonance Imaging of Tendon and Ligament Injuries. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 6, 217–229. <https://doi.org/10.1053/j.ctep.2007.08.008>