Alexandra Dias Fernandes

Análise cinemática da articulação metatarsofalângica em equinos com desmite do ligamento suspensor do boleto

Orientador: Professor Doutor João M. C. S. Abrantes
Co-Orientador: Dr. José M. C. S. Prazeres

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia
Faculdade de Medicina Veterinária
Lisboa
2021

Alexandra Dias Fernandes

Análise cinemática da articulação metatarsofalângica em equinos com desmite do ligamento suspensor do boleto

Dissertação defendida em provas públicas para a obtenção do Grau de Mestre em Medicina Veterinária no Curso de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária, conferido pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, no dia 17 de junho de 2021, com o Despacho de Nomeação de Júri Nº 186/2021, de 26 de Maio de 2021, com a seguinte composição:

Presidente: Profª. Doutora Laurentina Pedroso

Arguente: Prof. Doutor Filipe Bragança

Orientador: Prof. Doutor João Abrantes

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia

Faculdade de Medicina Veterinária

Lisboa

2021

'Não se esforce para ser um sucesso, mas sim para ser valioso'

Albert Einstein

Agradecimentos

A realização da presente dissertação é o culminar de 6 anos de trabalho dedicados ao Mestrado de Medicina Veterinária e marcará o início de uma nova etapa da minha vida. Chegar até aqui só foi possível com o apoio de muitas pessoas e algumas instituições às quais pretendo mostrar o meu reconhecimento, pelo que agradeço profundamente:

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, pelas condições de aprendizagem e trabalho proporcionados, desde o excelente corpo docente, aos conteúdos lecionados e ao equipamento disponibilizado.

À Diretora da FMV, Dra. Laurentina Pedroso, pelo exemplar e continuo esforço para garantir que os alunos do Mestrado de Medicina Veterinária acedam aos conteúdos e métodos mais credenciados no mercado.

Aos Orientador e Co-orientador desta dissertação, Dr. João Abrantes e Dr. José Prazeres, pelo incondicional apoio, disponibilidade, incentivo e orientação que me deram, transmitindo-me os seus amplos conhecimentos e que sem os quais a realização deste trabalho não seria possível.

Ao Hospital Veterinário de Santo Estevão, pela disponibilização do espaço, e em especial ao Dr. João Borges e à Dra. Ana Cabete, pela ajuda na recolha de dados e permanente disponibilidade para me apoiarem no que fosse necessário.

Aos meus amigos de curso: Gonçalo, Mafalda, Maria S., Matilde, Carolina C., Carolina O. e Maria M., sempre presentes em todos os momentos, bons ou menos bons, com uma palavra de incentivo e apoio.

À minha família, incluindo meu namorado, pela força, carinho, paciência e apoio económico que me proporcionaram ao longo de todos estes anos, e que foram imprescindíveis para poder atingir os meus objetivos.

Estou ciente que não mencionei todas as pessoas que fizeram parte deste meu caminho, mas que de forma direta ou indireta contribuíram para este objetivo, assim, termino com o meu ‘obrigado’ a todos os que comigo se cruzaram e estiveram presentes, deixando um agradecimento especial ao meu treinador/’tio’ Dr. Frederico Pinteus, por tudo o que me tem ensinado ao longo de mais de 10 anos, e que poderia estar incluído no agradecimento à minha família.

Resumo

A desmite do ligamento suspensor do boleto é uma das patologias mais comuns em cavalos de desporto fazendo com que muitos destes deixem as suas carreiras desportivas. Para além da lesão e dor associada ao ligamento esta patologia tem grande importância devido à função de suporte da articulação metacarpo/metatarsofalângica do ligamento suspensor do boleto.

Pretendeu-se, com o presente trabalho, a análise quantitativa através da análise cinemática angular, das alterações no aparelho suspensor da articulação metatarsofalângica de cavalos com e sem desmite do ligamento suspensor do boleto. Para tal, procedeu-se a filmagens, tanto do passo como do trote, de vinte e dois cavalos com marcadores nos membros posteriores, cinco desses cavalos com desmite do ligamento suspensor do boleto e dezassete cavalos sem claudicação. Posteriormente os vídeos foram analisados utilizando os programas Kinovea, DigitizeXY e Excel.

No estudo foi possível observar uma melhoria do índice de assimetria nos cavalos patológicos após tratamento/bloqueios anestésicos. Foi também observado nos cavalos com desmite do ligamento suspensor do boleto que os valores dos ângulos do boleto eram menores no membro saudável e maiores no membro com a lesão.

Concluiu-se que este é um método de análise cinemática angular fiável que poderá ser aplicado a estudos futuros.

Palavras-chave: desmite do ligamento suspensor do boleto, ângulo da articulação metatarso-falângica, índice de assimetria, análise cinemática angular

Abstract

The suspensory desmitis is one of the most common lesions in sport horses. Some of these horses will not return to previous performance levels or will retire due to the extension of this pathology.

Beyond the pain and the lesion itself, this pathology has a high importance considering the suspensory ligament function as support of the metacarpophalangeal/metatarsophalangeal joint.

The aim of this study was to analyse objectively the alterations in the suspensory apparatus of horses with and without suspensory desmitis through angular kinematic analysis. For this purpose, twenty-two horses were filmed, in walk and trot, with markers on the hind limbs. Five of these horses had suspensory desmitis and seventeen had no known injury. Subsequently, the videos were analysed using the programs Kinovea, DigitizeXY and Excel.

In the study it was observed an improvement in the asymmetry index in the pathological horses after treatment/anaesthetic blocks. It was also observed lower fetlock angles in the healthy limb and higher in the suspensory demistis limb.

It was concluded that the angular kinematic analysis method used in this study is reliable and it could be applied in future studies.

Keywords: Suspensory ligament desmitis, fetlock angle, angular kinematics analysis, asymmetry index

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

% – por cento

δ – desvio padrão

$\bar{x}$ – média

º – grau

″ – polegadas

G – gauge

mL – mililitros

LSB – Ligamento Suspensor do Boleto

DPLSB – Desmite Proximal do Ligamento Suspensor do Boleto

MC/MT III – Ossso metacarpo/metatarso III

MC/MT II – Osso metacarpo/metatarso II

MC/MT IV – Osso metacarpo/metatarso IV

TFDS – Tendão Flexor Digital Superficial

TFDP – Tendão Flexor Digital Profundo

CCE – Concurso Completo de Equitação

MHz – Mega-hertz

PD – Power Doppler

RM – Ressonância Magnética

MSCs – Células estaminais mesenquimatosas

A – MSCs – Células estaminais mesenquimatosas derivadas de tecido adiposo

IGF-I – Fator de crescimento semelhante à insulina

PDGF – Fator de crescimento derivado de plaquetas

BMP-12 – Proteína morfogenética óssea-12

TGFβ – Fator de crescimento transformador β

VEGF – Fator de crescimento endotelial vascular

GDF-5 – Fator de diferenciação/crescimento

bFGF – Fator de crescimento de fibroblastos básico

PRP – Plasma Rico em Plaquetas

ESWT – Terapia com ondas de choque extracorpóreas

RPWT – Terapia por ondas de pressão radial

fps – Frame per second

ms – milissegundos

ASI – Índice de assimetria

Xi ESQ – média dos ângulos do membro esquerdo

Xi DIR – média dos ângulos do membro direito

PSL – Puro Sangue Lusitano

PSA – Puro Sangue Área

Índice

Índice de Tabelas **10**

Índice de Figuras **11**

Índice de Gráficos **13**

Capítulo I – Casuística de estágio **14**

Capítulo II – Revisão da literatura **15**

1. Ligamento Suspensor do boleto **15**

1.1 Anatomia 15

1.2 Histologia 16

1.3 Função 19

1.3.1 O movimento articular 20

1.3.1.1 A articulação metacarpo/metatarsofalângica 20

1.4 Patofisiologia da lesão e reparação 21

1.5 Desmite proximal do LSB 22

1.5.1 História clínica, sintomatologia e exame ortopédico 22

1.6 Desmite do corpo do LSB 23

1.6.1 História clínica, sintomatologia e exame ortopédico 23

1.7 Desmite dos ramos do LSB 23

1.7.1 História clínica, sintomatologia e exame ortopédico 23

1.8 Diagnósticos diferenciais 24

1.9 Lesões do LSB associadas a outras patologias 25

1.10 Exames complementares de diagnóstico 25

1.10.1 Técnicas de analgesia 25

1.10.1.1 Infiltração direta na origem do LSB 25

1.10.1.2 Analgesia perineural 26

1.10.2 Radiologia 27

1.10.3 Ecografia 28

1.10.4 Cintigrafia nuclear 30

1.10.5 Ressonância magnética 30

1.10.6 Tomografia computorizada 31

1.10.7 Análise biomecânica como diagnóstico em medicina equina 31

1.10.7.1 Métodos de análise cinemática 32

1.10.7.2 Métodos de análise cinética 33

1.11 Terapêutica 33

1.11.1 Tratamento conservativo 33

1.11.2 Terapias regenerativas 34

1.11.3 Terapias com ondas de choque (ESWT) ou por ondas de pressão radial (RPWT) 36

1.11.4 Terapia de laser 36

1.11.5 Tratamento cirúrgico 37

1.12 Prognóstico 38

2. Justificação 39

3. Objetivo 39

Capítulo III – Análise cinemática do deslocamento angular da articulação metatarsofalângica 40

1. Caracterização do estudo 40

2. Amostra do estudo 40

3. Critérios de inclusão 40

4. Material e Métodos 40

5. Processamento dos dados e análise estatística 46

5.1 Validação da amostra de controlo 46

5.2 Validação na amostra de controlo dos valores de assimetria dos ângulos do boleto direito e esquerdo 53

6. Resultados 58

6.1 Amostra de controlo 58

6.1.1 Passo 59

6.1.2 Trote 60

6.2 Cavalos em estudo 61

6.2.1 Passo 61

6.2.2 Trote 62

6.2.3 Análise individualizada 63

7. Discussão 64

8. Conclusão 68

Bibliografia 69

Anexos I

Anexo I - Valores dos ângulos (n=182) e distribuição das frequências (5.1.2) I

Anexo II - Valores dos ângulos DIR (n=91) e ESQ (n=91) e distribuições do número de casos 'DIR' e 'ESQ' da amostra de controlo (5.1.5) II

Anexo III - Valores de ASI (n=91) e distribuição das frequências (5.2.2) III

Índice de tabelas

Tabela 1. Distribuição do número de casos e percentuais da ‘amostra de controlo’ 47

Tabela 2. Distribuições percentuais da ‘amostra de controlo’ e gaussiana 47

Tabela 3. Distribuições do número de casos ‘DIR’ e ‘ESQ’ da ‘amostra de controlo’..... 49

Tabela 4. Distribuições percentuais dos casos ‘DIR’ e ‘ESQ’ da ‘amostra de controlo e gaussiana..... 50

Tabela 5. Tabela simplificada de correlações ‘positivas’ e ‘negativas’ 52

Tabela 6. Tabela de *Martin Bland* aplicada a *‘Estatística médica’* 52

Tabela 7. Distribuição da SI da ‘amostra de controlo’..... 55

Tabela 8. Distribuições percentuais de SI da ‘amostra de controlo’ e gaussiana..... 56

Tabela 9. Caracterização da amostra de controlo 58

Tabela 10. Resultados do passo dos cavalos controlo 59

Tabela 11. Resultados do trote dos cavalos controlo 60

Tabela 12. Caracterização da amostra em estudo 61

Tabela 13. Resultados do passo dos cavalos em estudo 61

Tabela 14. Resultados do trote dos cavalos em estudo 62

Índice de Figuras

Figura 1. Anatomia do ligamento suspensor do boleto (azul) no membro anterior..... 15

Figura 2. Anatomia do ligamento suspensor do boleto (azul) no membro posterior..... 16

Figura 3. Histologia do LSB: Porção proximal. a) presença de feixes de colagénio com pequenos núcleos tenócitos basófilos escuros (setas); b) presença de músculo esquelético estriado (setas finas) e ilhas de adipócitos (seta grossa)..... 18

Figura 4. Histologia do LSB: Porção média. c) presença de células musculares e adipócitos. O tecido muscular tem uma orientação angular em relação às estruturas de colagénio circundantes (setas) 18

Figura 5. Histologia do LSB: Porção distal. d) tenócitos com núcleos alongados no ramo abaxial (setas) e disposição longitudinal do colagénio. e) estruturas de colagénio dispostas mais lado a lado (setas) na parte axial do ramo 18

Figura 6. Aparelho suspensor do membro anterior: vista lateral (esquerda) e vista dorsal (direita)..... 19

Figura 7. Anatomia funcional do ligamento suspensor do boleto durante a fase de apoio. A- 'Landing'; B- 'Stance phase'; C-'Propulsion' 19

Figura 8. Amplitude de movimento e pressão intra-articular associado à articulação do boleto 20

Figura 9. Imagem dorsoplantar da região metatarsal proximal 28

Figura 10. Imagem ilustrativa do membro distal com elevação dos talões (A) ou com elevação da pinça (B)..... 33

Figura 11. Exemplo de uma ferradura ortopédica utilizada em casos de desmite do LSB..34

Figuras 12 e 13. Material utilizado: Marcadores, fitas e tripé 41

Figura 14. Local de gravações dentro do Hospital de Santo Estevão 41

Figura 15. Exemplo do local de gravações fora do Hospital de Santo Estevão (localização: Companhia das Lezírias)..... 41

Figura 16. Colocação dos marcadores 'Pearl Markers' em 3 cavalos diferentes. A) Porção distal do metatarso IV; B) Sesamoide proximal lateral; C) Ramo extensor lateral do LSB..42

Figura 17. Exemplo da análise de vídeos no programa kinovea..... 43

Figura 18. Kinovea. A) Modo de desentrelaçar; B) Verificação dos fps da filmagem (neste caso 60 fps); C) Selecionar a exportação de imagens a cada 50 ms..... 44

Figura 19. Exemplo da obtenção de coordenadas cartesianas no programa DigitizeXY .. 44

Figura 20. Exemplo da obtenção de resultados no Excel: Folha de registo das coordenadas retiradas no DigitizeXY 3.0 do 1º e 2º apoios de uma filmagem com 2 passadas..... 44

Figura 21. Exemplo da obtenção de resultados no Excel. A) Ângulos obtidos do 1º e 2º apoios; B) Gráfico do 1º e 2º apoios obtidos a partir dos dados da figura 20..... 45

Figura 22. 'Distribuição padronizada ou gaussiana'..... 46

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Casuística acompanhada durante o estágio no Hospital de Santo Estevão 14

Gráfico 2. Distribuição do número de casos da ‘amostra de controlo’..... 47

Gráfico 3. Distribuições percentuais da ‘amostra de controlo’ e gaussiana..... 48

Gráfico 4. Distribuições do número de casos ‘DIR’ e ‘ESQ’ da ‘amostra de controlo’ 49

Gráfico 5. Distribuições percentuais de casos ‘DIR’ e ‘ESQ’ da ‘amostra de controlo e gaussiana..... 50

Gráfico 6. Correlação de dados da ‘amostra de controlo’ 53

Gráfico 7. Distribuição de SI da ‘amostra de controlo’ 55

Gráfico 8. Distribuições percentuais de SI da ‘amostra de controlo’ e gaussiana 56

Capítulo I – Casuística de estágio

O Estágio Curricular do autor, para conclusão do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária, foi realizado entre outubro de 2020 e fevereiro de 2021, no Hospital Veterinário de Equinos em Santo Estevão. Durante o decorrer do estágio foram realizadas inúmeras tarefas em diferentes especialidades, com maior ênfase na área de biomecânica equina. Em ortopedia foram observados vários casos de desmite proximal do ligamento suspensor do boleto e de desmite do ligamento acessório. Dentro desta especialidade, foram realizados diversos exames radiológicos, ecográficos e bloqueios anestésicos. Na especialidade de cirurgia foram realizadas orquiectomias, artroscopias, laparotomias, neurectomia bilateral e cirurgia ortognática. Em gastroenterologia foram observados casos de cólica por areia, impactação por ascarídeos, rutura de colón maior e obstrução esofágica. Na especialidade de oftalmologia foi observado um caso de carcinoma das células escamosas na 3ª pálpebra. Outras atividades realizadas: dentisteria, limpeza de feridas e cuidados intensivos.

Infelizmente este último ano foi atípico, devido à pandemia provocada pela Covid-19, e trouxe-nos dificuldades acrescidas, nomeadamente ao nível das restrições de circulação e de contato com terceiros. Contudo, com os ajustes e boa vontade necessários, foi possível concretizar o estágio e o estudo previstos.

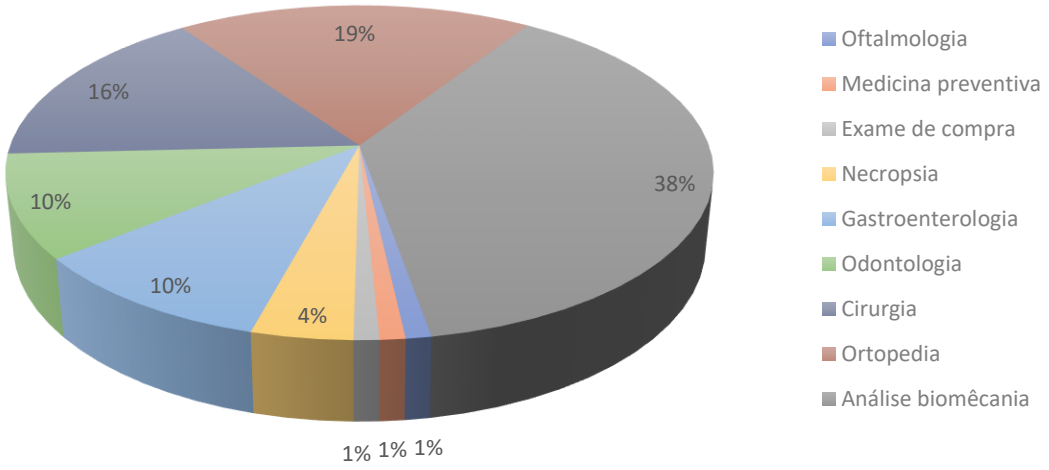


Gráfico 1. Casuística acompanhada durante o estágio no Hospital de Santo Estevão.

Capítulo II – Revisão da literatura

1. Ligamento Suspensor do Boleto

1.1 Anatomia

O Ligamento Suspensor do Boleto (LSB), também apelidado de músculo interósseo médio ou ligamento sesamoide superior ou tendão interósseo (Getty, 1975), é conhecido pelo seu papel no aparelho suspensor. Dependendo da localização das lesões é por norma dividido em 3 regiões: origem (proximal), corpo e ramos extensores lateral e medial (Baxter, 2011a).

Nos membros anteriores o LSB (figura 1) tem origem em 2 lobos na face palmar proximal dos metacarpos, principalmente do osso metacarpiano III, e que se fundem entre os 5-7 centímetros distais à articulação carpo-metacárpica (Barone, 1980 & 1986). Há ainda fibras que advêm da linha distal dos ossos do carpo, osso do carpo III, que se unem com ambos os lobos e fibras que se iniciam no metacarpo IV que só se fundem com o lobo lateral (Ross & Dyson 2003).

O corpo do LSB insere-se entre o segundo e quarto metacarpos, no sulco metacarpiano, fazendo a ligação entre a origem e a bifurcação dos 2 ramos (Denoix, 1994). A localização da bifurcação é variável, mas por norma é simétrica entre membros contralaterais (Ross & Dyson, 2003). Os ramos estendem-se pela face abaxial dos ossos sesamoides proximais, onde se inserem algumas fibras, e pela face dorsal do membro onde se unem com o tendão extensor digital ao nível da articulação interfalângica proximal (Getty, 1975).

Nos membros anteriores, este ligamento é inervado pelos nervos palmares do metacarpo III que derivam do nervo palmar lateral (Ross & Dyson, 2003). Nos membros anteriores a artéria radial (medialmente) e a artéria ulnar colateral (lateralmente) dão origem às artérias que vão vascularizar o LSB, essas são as artérias metacárpicas palmares medial e lateral. Relativamente à circulação venosa é realizada pela veia ulnar colateral (lateralmente) e pela veia cefálica (medialmente) (Werpy & Denoix 2012).

Figura 1- Anatomia do ligamento suspensor do boleto (azul) no membro anterior (Williams & McKenna, 2014).

Nos membros posteriores o LSB (figura 2) tem origem na face proximal e plantar do metatarso III sendo levemente bilobado, mais arredondado, mais longo e mais fino que nos membros anteriores (Bischofberger et al. 2006, Baxter 2011a). Tem ainda ligação ao tubérculo plantar do primeiro, terceiro e quarto ossos do tarso, e em alguns cavalos, a porção lateral proximal do LSB está em contacto com o recesso distal da articulação tarsometatársica (Denoix, 1994).

Tal como ocorre nos membros anteriores, o corpo do LSB nos membros posteriores prolonga-se pelo sulco metatarsiano - entre o osso metatarso II (MtII) e o osso metatarso IV (MtIV) - até se bifurcar distalmente em 2 ramos, aproximadamente de metade a dois terços do metatarso III (MtIII) (Gibson & Steel 2002, Baxter 2011). Os ramos inserem-se na superfície abaxial do osso sesamoide proximal e estendem-se dorsodistalmente onde se vão unir com o tendão extensor digital comum, sendo que cada um desses ramos extensores junta-se também com o correspondente ligamento sesamoide colateral (Dyson & Genovese 2011).

Nos membros posteriores, a inervação do LSB ocorre pelos nervos plantares lateral e medial, que têm origem no nervo tibial (Dyson & Genovese 2011). O ramo profundo do nervo plantar lateral inerva a porção proximal do LSB e ramifica-se nos nervos plantares metatársicos lateral e medial que inervam o restante ligamento. A vascularização do LSB nos membros posteriores é realizada pelas artérias metatársicas plantares medial e lateral e pela veia metatársica plantar (Kainer & Fails 2011, Werpy & Denoix 2012).

Figura 2- Anatomia do ligamento suspensor do boleto (azul) no membro posterior (Williams & McKenna, 2014).

1.2 Histologia

Tendões e ligamentos são tecidos conjuntivos densos e fibrosos caracterizados por fibroblastos embutidos numa matriz extracelular altamente organizada. O ligamento suspensor do boleto é uma estrutura especial que é apelidada de vários nomes, mas segundo

as definições mais restritas, esta estrutura não se enquadra nos padrões normais de tendão nem de ligamento, sendo considerada uma estrutura ligamentar bastante complexa, no sentido evolutivo (Souza et al, 2010). Este ligamento conta com uma enorme heterogeneidade na sua constituição tendo vários tipos de tecido: tecido tendinoso, tecido muscular estriado, tecido adiposo e, ainda que muito reduzido, tecido cartilaginoso (Dyson, 1995). As percentagens de cada um dos tecidos variam de indivíduo para indivíduo (Souza et al, 2010). Apesar da sua constituição à base de diversos tecidos é predominantemente uma forte banda tendinosa com uma quantidade variável de tecido muscular (Getty, 1975).

Os feixes musculares variam em número e tamanho entre indivíduos, mas são simétricos entre os membros esquerdo e direito. (Dyson et al, 1995). Especula-se que a redução muscular do LSB tenha começado há cerca de 15 milhões de anos quando os cavalos ancestrais aumentaram de tamanho e se mudaram para campos onde era necessária uma locomoção mais eficiente (Camp & Smith, 1942). Atualmente estima-se que as fibras musculares no LSB sejam cerca de 10%. Essas fibras são curtas (~0.88 mm) e oblíquas (ângulos >45 graus), o que contribui para a capacidade de gerar forças. A grande maioria (95%) dessas fibras musculares são do tipo I e, provavelmente, de contração lenta (Wilson et al., 2001; Soffler & Hermanson, 2006). Desta forma, e apesar do conteúdo muscular do LSB ser reduzido, este é de grande importância na ajuda da estabilidade do membro e armazenamento de energia elástica durante a locomoção. Ao longo de toda a extensão do ligamento existe tecido conjuntivo e adipócitos que estão frequentemente associados a vasos sanguíneos e nervos. Os feixes musculares são geralmente adjacentes ou dentro do tecido conjuntivo. A quantidade do tecido conjuntivo aumenta distalmente (Dyson et al, 1995). Segundo Dyson (1995) o tecido cartilaginoso encontrado na origem do LSB pode ser considerado normal.

Souza (2010) avaliou histologicamente o LSB dividindo-o em 3 porções principais: porção proximal, porção média e porção distal.

Na porção proximal (figura 3) encontram-se feixes de colagénio com celularidade moderada na periferia, separados por finos septos de tecido fibroso com pequenos vasos sanguíneos e no centro ilhas de adipócitos e alguns feixes bem demarcados de músculo estriado.

A porção média (figura 4) é semelhante à porção proximal com a principal diferença de a grande maioria do tecido muscular ter uma orientação angular de 60-70º em relação às estruturas de colagénio.

A porção distal (figura 5) é ainda dividida em duas: região abaxial do ramo e região axial do ramo. A região proximal destes dois ramos é semelhante e a região distal é

caracterizada com estruturas de colagénio mais curtas e na superfície do ramo há presença de vilosidades sinoviais com sinoviócitos (Souza et al, 2010).

Embora Souza et al (2010) não descrevam a presença de tecido cartilaginoso como Dyson (1995), outro estudo, elaborado por Tomás (2012) demonstrou a presença de metaplasia cartilagínea, não só na origem do LSB como Dyson descreveu, mas em toda a constituição do ligamento.

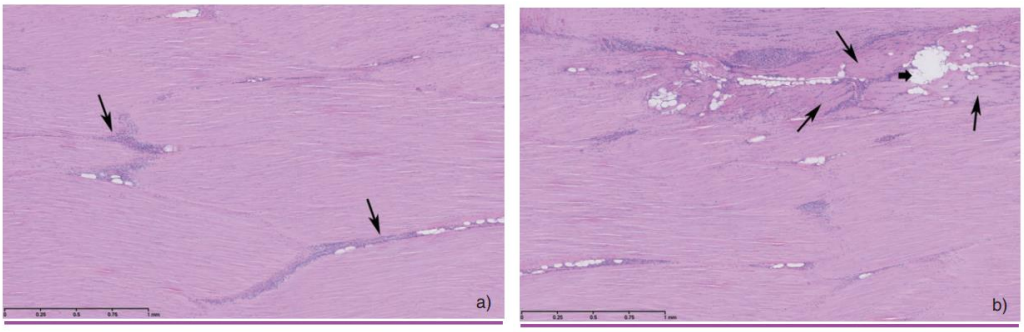


Figura 3 – Histologia do LSB: Porção proximal. a) presença de feixes de colagénio com pequenos núcleos tenócitos basofílicos escuros (setas); b) presença de musculo esquelético estriado (setas finas) e ilhas de adipócitos (seta grossa), (adaptado de Souza et al, 2010).

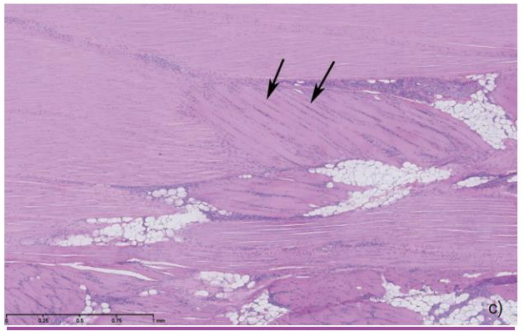


Figura 4 – Histologia do LSB: Porção média. c) presença de células musculares e adipócitos. O tecido muscular tem uma orientação angular em relação às estruturas de colagénio circundantes (setas). (adaptado de Souza et al, 2010)

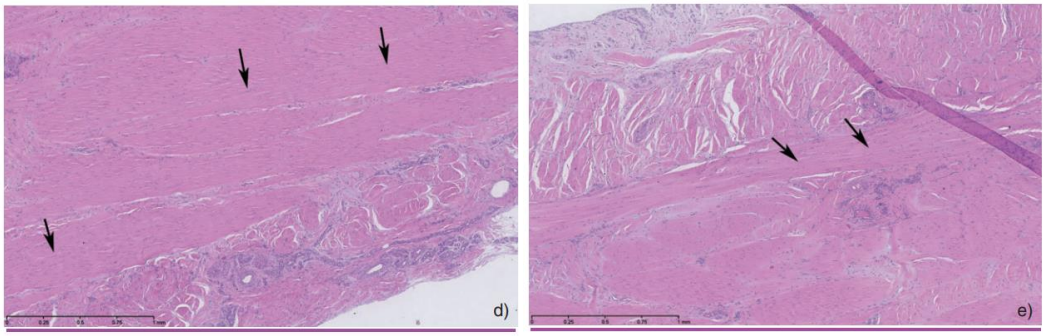


Figura 5 – Histologia do LSB: Porção distal. d) tenócitos com núcleos alongados no ramo abaxial (setas) e disposição longitudinal do colagénio. e) estruturas de colagénio dispostas mais lado a lado (setas) na parte axial do ramo (adaptado de Souza et al, 2010).

1.3 Função

O ligamento suspensor do boleto faz parte do aparelho suspensor (figura 6) juntamente com os ossos sesamoides proximais, ligamentos sesamoides distais e ramos extensores do ligamento suspensor. O aparelho suspensor atua como suporte da articulação metacarpo/metatarsofalângica, uma vez que esta não tem suporte de grupos musculares. A tensão exercida no aparelho suspensor é determinada pela orientação do membro e ângulo do boleto. Em situações de extensão excessiva do boleto, que por norma ocorre em atividades de alta velocidade, como corridas, pode levar à rutura do aparelho suspensor (Clayton, 2004).

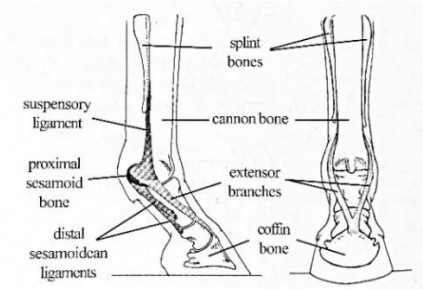


Figura 6 – Aparelho suspensor do membro anterior: vista lateral (esquerda) e vista dorsal (direita), (Clayton, 2004).

Quanto ao LSB, a sua principal função é prevenir a extensão excessiva (dorsiflexão) da articulação metacarpo/metatarsofalângica durante a estação ou fase de apoio (Denoix 1994; Getty, 1975) e também, através dos ramos extensores lateral e medial, limitar a flexão das articulações interfalângicas proximal e distal durante a fase inicial da passada (Dyson et al, 1995; Jansen et al., 1992). Na fase de apoio, principalmente na subfase 'Stance phase' é onde ocorre maior tensão sobre o LSB como é possível visualizar na figura 7. Na posição de suporte de peso, a tensão dentro do LSB e dos tendões flexores regula a quantidade e a localização das tensões aplicadas aos diferentes aspetos do osso metacarpo III. Em situações em que o rádio esteja sobre compressão, o metacarpo também vai sofrer alta compressão no córtex dorsal e tensão no córtex palmar. Nestas circunstâncias, o LSB e tendões flexores têm um papel de grande importância na limitação da flexão palmar do terceiro osso metacarpo, equilibrando as tensões nos diferentes aspetos do osso e prevenindo fraturas do mesmo (Denoix, 1987).

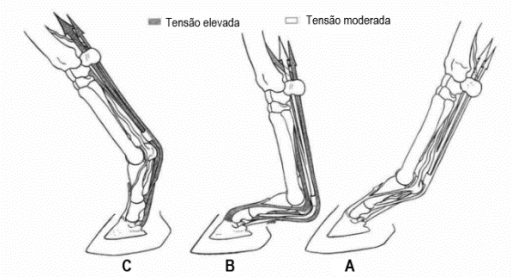


Figura 7 - Anatomia funcional do ligamento suspensor do boleto durante a fase de apoio. A- 'Landing', B- 'Stance phase', C- 'Propulsion' (adaptado de Denoix, 1994).

1.3.1 O movimento articular

As articulações podem executar vários movimentos: o movimento predominante em praticamente todas as articulações de cavalos é a flexão/extensão num plano sagital, mas são ainda executados movimentos de adução/abdução e de rotação, podendo esta ser interna (pronação) ou externa (supinação) ao longo do eixo longitudinal do membro. O movimento de rotação será mínimo pois nos membros anteriores a rotação é restringida pela fusão da ulna com o rádio que fixa o membro numa posição de pronação, no membro posterior a rotação é limitada pela fusão da fíbula com a tíbia (Clayton, 2004).

Os cavalos com lesões tentam minimizar a dor através de mudanças em vários aspetos do padrão locomotor, tais como: o padrão da passada, o movimento do casco, o padrão angular das articulações dos membros e movimentos de cabeça e tronco. Os padrões de movimento articular dos membros são indicadores importantes da capacidade locomotora fisiológica (Holmström et al., 1994; Back et al., 1994), como de alterações no andamento devido a claudicação (Adrian et al., 1977; Ratzlaff & Grant, 1986; Back et al., 1993; Peloso et al., 1993; Buchner et al., 1996a).

1.3.1.1 A articulação metacarpofalângica/metatarsofalângica

Na articulação do boleto o movimento no eixo axial é menor do que no plano transversal (Clayton et al, 2007). Esta articulação consegue exibir a maior amplitude de qualquer articulação equina variando de 120º de extensão a 120º de flexão (figura 8) (Bertone, 2014).

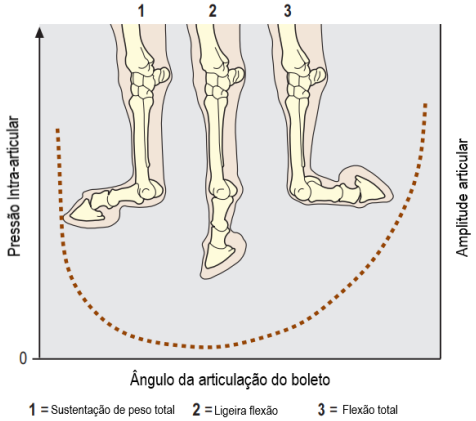


Figura 8 – Amplitude de movimento e pressão intra-articular associado à articulação do boleto (adaptado de Bertone, 2014).

Existem alguns fatores que podem afetar o movimento de flexão/extensão da articulação do boleto, tais como idade, andamento, velocidade, conformação e presença de lesões (Back et al, 1996a; Back et al, 1996b; Butcher & Ashley-Ross, 2002; McGuigan & Wilson, 2003). Os animais mais jovens parecem apresentar maiores amplitudes de flexão que

cavalos adultos, esta situação poderá refletir a imaturidade dos tecidos moles do aparelho suspensor (Butcher & Ashley-Ross, 2002). Há ainda uma tendência para que essa amplitude das flexões seja maior no trote do que no passo durante toda a passada (Clayton et al, 2007).

As mudanças no ângulo da articulação metacarpo/metatarsofalângica afetam a tensão dos tecidos moles palmares/plantares que sustentam o membro durante a fase de apoio (Leach, 1983; Thompson et al., 1993; Riemersma et al., 1996). Um desses tecidos moles é o LSB que é afetado pelo ângulo da articulação do boleto, a tensão exercida sobre o mesmo aumenta à medida que o boleto estende (Back & Pille, 2013).

A descida do boleto ou extensão da articulação metacarpo/metatarsofalângica poderá ser útil na verificação de um membro lesionado. Por norma, a articulação do boleto do membro saudável desce mais que o boleto do membro que claudica, pois o cavalo tenta poupar o membro lesionado aumentando a carga no membro saudável. Contudo existem algumas exceções: em cavalos com desmite do LSB unilateral severa ou tendinite o boleto lesionado tende a descer marcadamente a passo, sendo que no trote volta a ser mais visível a descida do boleto no membro saudável; em cavalos com desmite do LSB bilateral ou tendinites severas o boleto desce mais no membro lesionado; e em cavalos com desmite do LSB crónica nos membros posteriores poderá ser mais complicada de detetar devido ao aumento do movimento do boleto que pode levar a redução do movimento pélvico falsamente (Ross, 2011).

1.4 Patofisiologia da Lesão e reparação

O aparecimento de lesão no LSB pode ocorrer através de dois mecanismos diferentes: por sobrecarga/estiramento do ligamento ou por laceração/traumatismo (Smith & Goodship, 2008). Quando ocorre uma lesão há rutura da matriz do ligamento, isto é, observa-se rutura das fibras de colagénio e rutura de pequenos vasos sanguíneos resultando num hematoma. A recuperação desta lesão é um processo com várias etapas, começa pela hemorragia, passando à inflamação (com remoção do tecido lesionado pelos fagócitos), proliferação e migração de fibroblastos com produção de colagénio e remodelação. Este processo é denominado de desmite quando ocorre em ligamentos.

O tecido cicatricial é menos organizado e é composto maioritariamente por fibras de colagénio de pequeno diâmetro (colagénio tipo III - que no ligamento saudável são predominantemente de tipo I) dispostas num padrão aleatório. Na fase de remodelação as fibras tendem a reorganizar-se num alinhamento paralelo às forças de stress, processo que pode durar algumas semanas. No final do processo de recuperação da lesão o ligamento apresenta-se menos elástico que no estado original, com fibras mais finas e menos rígidas. O

tecido resultante renovado não consegue igualar a elasticidade nem a carga suportada do estado do tecido original ficando predisposto a novas lesões (Meierhenry, 2005). Numa lesão crónica a hemorragia é menos evidente e o edema é substituído por tecido fibroso resultando no aumento permanente do ligamento (Gibson & Steel, 2002).

1.5 Desmite Proximal do LSB

1.5.1 História clínica, sintomatologia e exame ortopédico

A desmite proximal do ligamento suspensor do boleto (DPLSB) pode manifestar-se por claudicação unilateral ou bilateral e afetar tanto os membros anteriores como os membros posteriores (Gibson & Steel, 2002). A claudicação pode ser de início repentino ou gradual. Por norma estas claudicações variam entre leves a moderadas e raramente são severas, a menos que haja uma lesão extensa (Dyson, 2007). A claudicação pode ser exacerbada quando o animal trota em piso mole e com o membro afetado do lado de fora do círculo (Gibson & Steel, 2002). Muitas vezes este tipo de claudicação é subtil, sendo possível que o cavaleiro sinta alguma desigualdade nos andamentos do cavalo quando montado, mas que o observador tenha dificuldade em perceber a origem da alteração biomecânica, ou que nem seja percetível no trote de trabalho e que só se visualizem alterações em trotes médios ou largos (Dyson, 2007). Para além da claudicação em si, na fase aguda da lesão poderão existir outras características, tais como: edema na porção proximal da região metacarpal, calor e dor localizados e ainda distensão da veia palmar medial, ainda que nos casos crónicos a sintomatologia possa ser reduzida (Gibson & Steel, 2002; Dyson, 2007; Baxter, 2011b). No exame ortopédico, é possível exacerbar a claudicação através de flexão do boleto (em 50% dos cavalos), pressão aplicada ao LSB contra o aspeto palmar do osso MCIII ou por extensão e protração forçadas do membro, que podem provocar dor e ajudar a localizar a lesão (Dyson et al. 1995; Dyson, 2007; Baxter, 2011). A conformação dos membros também deverá ser avaliada, uma vez que poderá ser um fator predisponente para este tipo de lesões. A DPLSB é também uma lesão compensatória comum, portanto, todo o cavalo deve ser avaliado para garantir que não há outras causas de claudicação (Dyson, 2007).

A desmite proximal do LSB nos membros posteriores pode resultar em claudicação súbita ou de início gradual. Contudo, há cavalos que não apresentam uma claudicação marcada, mas diminuição de performance. Os cavaleiros poderão sentir diminuição de impulsão dos posteriores, ‘pouca vontade de avançar’, resistências não apresentadas anteriormente, entre outros. Nos membros posteriores a sintomatologia localizada (edema e calor localizados) é menos comum que nos membros anteriores. Frequentemente, quando é realizado o diagnóstico nos membros posteriores, já estamos perante uma claudicação crónica e persistente (Gibson & Steel, 2002).

No exame ortopédico aos membros posteriores, a claudicação pode ser acentuada através da flexão do curvilhão (em 85% dos cavalos) e pressão aplicada sobre o aspeto plantar do membro posterior na origem do LSB. No que concerne à palpação das margens da porção proximal do ligamento, apresenta maior dificuldade do que nos membros anteriores, devido à proximidade dos ossos metatarsos II e IV e ao facto do tendão flexor digital superficial exercer maior tensão (Dyson, 1994). Quando o ligamento suspensor se encontra normal apresenta uma espessura uniforme em todo o seu comprimento, margens nítidas e bem definidas (Dyson et al, 1995).

Tóth et al (2008) e Dyson & Genovese (2011) colocaram a hipótese de que nos membros posteriores ocorra um fenómeno particular apelidado de síndrome compartimental, como forma de justificar a persistência de claudicação mesmo após repouso, assim como uma maior severidade das lesões. Esta síndrome é baseada na hipótese de o aumento de tamanho do LSB pela inflamação levar a uma lesão nos ramos adjacentes, através da compressão do ramo profundo do nervo plantar lateral. Esta compressão ocorre devido ao confinamento do LSB entre o aspeto plantar do MtIII, bordos axiais do MtII e MtIV, fáscia metatársica plantar profunda e fáscia do LSB.

1.6 Desmite do corpo do LSB

1.6.1 História clínica, sintomatologia e exame ortopédico

A lesão no corpo do LSB é caracterizada por alteração na silhueta palmar/plantar, com aumento de temperatura e dor à palpação, em casos agudos (Gibson & Steel, 2002). Sendo menos comum, a desmite do corpo do LSB pode ocorrer associada a exostoses dos metacarpos/metatarsos ou como sequela de uma lesão dos ramos extensores (Baxter, 2011c). Há frequentemente uma baixa correlação entre a extensão da lesão e o grau de claudicação apresentado, sendo a presença de claudicação variável. Em casos agudos poderemos ter presente uma claudicação ligeira com alguma dor à palpação (Gibson & Steel, 2002). Há ainda casos em que alguma reação de dor à palpação do LSB não é sinónimo de lesão do ligamento, cavalos de Concurso Completo de Equitação (CCE) frequentemente apresentam ligamentos dolorosos à palpação durante vários dias, após um treino complexo ou uma competição, mas raramente apresentam lesões dos mesmos (Baxter, 2011c).

1.7 Desmite dos ramos do LSB

1.7.1 História clínica, sintomatologia e exame ortopédico

A desmite dos ramos lateral ou medial do LSB nos membros anteriores e posteriores é uma lesão relativamente comum em todos os tipos de cavalos de desporto. Por norma

apenas um ramo está afetado, ainda que possa ocorrer lesão dos dois ramos, especialmente nos membros posteriores (Baxter, 2011c). Estas lesões podem ocorrer isoladamente, em associação a lesões na origem do ligamento ou lesões no corpo, ou ainda menos comum, em associação a lesões nos ligamentos sesamoides oblíquos (Marneris & Dyson, 2014). Um dos sinais clínicos possíveis de ocorrer em desmite dos ramos do LSB é a distensão dos recessos palmares/plantares da cápsula articular da articulação metacarpo/metatarsofalângica. Isto ocorre devido à anatomia do membro em que a inserção dos ramos se localiza subsinovialmente (Minshall & Wright, 2010). É também possível o aparecimento de calor localizado e edema. O aumento de tamanho do ramo nem sempre está associado a edema periligamentar podendo ter como causa fibrose (Gibson & Steel, 2002).

No exame ortopédico com o objetivo de avaliar a forma e o tamanho, deve ser realizada a palpação dos ramos em estação, sendo que alterações nas margens dos ramos podem refletir lesões, contudo a palpação pode levar a resultados falsos negativos (Ramzan et al, 2012; Marneris & Dyson, 2014; Fairburn et al, 2017). Nos membros posteriores, por vezes, ocorre distensão da baínha dos tendões flexores digitais que pode levar a que a palpação do ramo do LSB seja difícil. Em lesões agudas poderá haver reação de dor à manipulação passiva do boleto e em lesões mais crónicas, frequentemente, não há respostas de dor à palpação apesar de haver claudicação, que em alguns cavalos só é visível quando montado (Dyson, 2018).

1.8 Diagnósticos diferenciais

Nos membros anteriores a dor na articulação mediocarpal, dor associada ao retináculo do carpo, a osteoartrite da articulação carpometacárpica e a fraturas na cortical palmar devem ser considerados possíveis diagnósticos diferenciais num animal com sintomatologia de desmite proximal do ligamento suspensor do boleto. Também podem ocorrer fraturas por avulsão do metacarpo III, mas são menos frequentes e tendem a apresentar uma claudicação mais severa e persistente, e reações de stress no metacarpo III que tendem a responder da mesma forma às técnicas de analgesia, porém a claudicação é, por norma, mais severa em pisos duros do que em pisos moles (Dyson, 2007).

Nos membros posteriores a desmite proximal do LSB deve ser diferenciada de dor na articulação tarsometatársica, de fraturas de avulsão do metatarso III na origem do ligamento suspensor do boleto e de reações de stress no metatarso III (Dyson & Genovese, 2011).

1.9 Lesões do LSB associadas a outras patologias

As lesões ósseas e lesões de tecidos moles podem ocorrer simultaneamente podendo influenciar o prognóstico (Butler et al, 2017). As desmites do LSB podem ocorrer devido a lesões ósseas tais como: 1) Fraturas por avulsão do metacarpo/metatarso III na origem do ligamento suspensor do boleto (Dyson & Genovese, 2011); 2) Desmite do ligamento suspensor do boleto associada a exostose no metacarpo/metatarso II ou no metacarpo/metatarso IV, exostoses na superfície axial do 2º e 4º metacarpos/metatarsos podem resultar em desmite do LSB e formação de aderências. A sua importância deve ser avaliada em relação aos sinais clínicos e ecografia (Butler et al, 2017); 3) Desmite do ligamento suspensor do boleto associada a fratura da porção distal do metacarpo/metatarso II ou do metacarpo/metatarso IV (Dyson & Genovese, 2011).

1.10 Exames complementares de diagnóstico

Para avaliar o ligamento suspensor e estruturas relacionadas pode ser necessário a combinação de vários meios de diagnóstico como exames ecográficos, radiográficos, cintigrafias nucleares, ressonâncias magnéticas e tomografias computorizadas (Dyson et al, 1995; Baxter, 2011).

1.10.1 Técnicas de analgesia

Nos casos de lesão do corpo ou dos ramos do LSB apenas são usadas técnicas de analgesia quando há suspeita de mais do que uma patologia. Em animais que apresentem distensão da cápsula articular da articulação metacarpo/metatarsofalângica deverá esperar-se 2 a 3 semanas para ser novamente avaliado, se na reavaliação a distensão da cápsula articular e a dor persistirem deverá ser realizado um bloqueio intra-articular (Dyson & Genovese, 2011). Os anestésicos locais mais usados para analgesia regional durante o exame de claudicação são a lidocaína 2% e a mepivacaína 2% (Schumacher et al, 2013), sendo que a maioria dos clínicos usa a mepivacaína, devido ao seu início de ação mais rápido e ao facto de ter uma menor reação nos tecidos do que a lidocaína (Specht et al, 1988).

1.10.1.1 Infiltração direta na origem do LSB

A infiltração na origem do LSB poderá ser realizada quando se suspeita de DPLSB com o objetivo de anestesiar a origem do ligamento, contudo há outras técnicas consideradas mais indicadas, uma vez que esta técnica pode levar a falsos-positivos e falsos-negativos por injeção da articulação carpometacárpica/tarsometatársica ou dos nervos metatársicos plantares (Ford et al, 1989; Baxter, 2011a; Nagy et al, 2012). Nesta técnica são anestesiados os nervos palmares lateral e medial e nervo metacarpal palmar lateral nos membros anteriores

e anestesiados os nervos plantares lateral e medial e os nervos metatarsais plantares lateral e medial nos membros posteriores. O bloqueio deve ser realizado entre o ligamento suspensor do boleto e o ligamento acessório do tendão flexor digital profundo (TFDP) utilizando agulhas de 1″ e de 20 a 22 G para aplicação de 20 mL de anestésico (Pezzanite et al, 2018).

1.10.1.2 Analgesia Perineural

As injeções perineurais são normalmente realizadas utilizando agulhas de 25 G e 5/8″ a agulhas de 20 G e 1 a ½″ por as agulhas mais pequenas provocarem menos dor, porém apresentam maior risco de se partirem. Por essa razão é recomendado o uso de agulhas de 18 ou 19 G para bloqueios nas regiões metatarsais e tarsal plantar. O volume de anestésico local a injetar varia de 1 a 5 ml na maioria dos bloqueios, podendo ter algumas exceções (Bassage & Ross, 2011).

Nos membros anteriores:

- Bloqueio dos 4 pontos altos: São anestesiados os nervos palmares lateral e palmar medial e os nervos metacarpais palmares lateral e medial. Neste bloqueio são anestesiadas as estruturas proximais junto da articulação carpo-metacárpica, mas sem bloquear a origem do ligamento suspensor do boleto. Os nervos são anestesiados através do sulco localizado entre o ligamento suspensor do boleto e o tendão flexor digital profundo (Baxter, 2011a).

- Bloqueio Palmar Lateral (abordagem lateral e medial): É anestesiado o nervo palmar lateral e anestesiada a origem do ligamento suspensor do boleto. O nervo é anestesiado através da injeção de 2 ml de anestésico distal ao osso acessório do carpo (lateralmente). Nesta técnica podem ser usadas agulhas de 5/8 ou 1″ e de 25 G, podendo ainda ser realizada com o membro em apoio ou com o membro fletido. A abordagem medial tem o mesmo objetivo da abordagem lateral, mas pensa-se que esta técnica reduza o risco da injeção inadvertida da baínha carpal (Meehan & Labens, 2016).

- Bloqueio dos 2 pontos altos: É a combinação do bloqueio palmar lateral e do bloqueio palmar medial alto. Anestesia todas as estruturas profundas e superficiais no aspeto palmar do metacarpo distal. Esta abordagem pode ser usada em substituição do bloqueio dos 4 pontos, sendo mais acessível de executar e com menos riscos de complicações. Esta técnica pode ser realizada com uma agulha de 5/8 ou 1″ e de 22 a 25 G com administração de 2 a 8 ml de anestésico local (Baxter, 2011a;).

Nos membros posteriores:

- Bloqueio Plantar Alto ou Sub-társico: São anestesiados o nervo metatarsal plantar e os nervos plantares medial e lateral. Este bloqueio anestesia entre outras estruturas, o ligamento suspensor do boleto e a sua origem. Nesta técnica pode ser realizada utilizando

agulhas de 5/8 ou 1-½″ e de 20 a 25 G, sendo administrado 3 a 5 ml de anestésico (Baxter, 2011a).

- Bloqueio do Ramo Profundo do Nervo Plantar Lateral: Este bloqueio vai anestesiar o ramo profundo do nervo plantar lateral levando à analgesia da porção proximal do ligamento suspensor do boleto. Para esta técnica podem ser usadas agulhas de 1 a 1-½″ e de 20 a 23 G, sendo administrado 3 a 5 ml de anestésico (Baxter, 2011a).

O efeito analgésico geralmente ocorre dentro de 5 minutos após a administração local do anestésico, sendo que a avaliação locomotora deverá ser realizada nos 10 minutos seguintes à administração. A avaliação do bloqueio não deve começar após os 10 minutos de administração pois a difusão rápida do anestésico pode resultar na anestesia de outros ramos nervosos ou articulações levando a falsos resultados (Schumacher et al,2013). Contudo estas técnicas não são específicas para o LSB, podendo dar origem a falsos positivos por injeções indevidas, tal como a analgesia perineural dos nervos metacarpianos palmares, aliviando a dor associada às articulações carpometacárpica/tarsometatársica como consequência da difusão local (Dyson & Genovese, 2011).

1.10.2 Radiologia

O exame radiográfico deve ser utilizado como meio complementar, por forma a avaliar possíveis lesões ósseas que possam estar na origem das desmites (Butler et al, 2017), porém o diagnóstico não deve ser realizado apenas com base na radiografia, visto que muitos cavalos com desmite não apresentam alterações detetáveis neste exame (Dyson, 2007). Pelo menos 4 vistas devem ser realizadas: dorsopalmar/plantar, lateromedial, dorsomedial-palmarolateral/plantarolateral e dorsolateral-palmaromedial/plantaromedial (Meehan & Labens, 2016).

A presença de anomalias radiológicas associadas a desmite proximal do LSB é mais comum nos membros posteriores do que nos membros anteriores e é por norma um sinal de cronicidade (Dyson, 1991; Butler et al, 2017). As alterações radiográficas possíveis de encontrar nestes casos são: alteração no padrão trabecular dorsal ao córtex palmar/plantar com ou sem esclerose e formação de entésiofitos na porção palmar/plantar do MCIII/MTIII (numa projeção lateromedial) (Meehan & Labens, 2016).

No exame radiográfico podemos ainda detetar fraturas por avulsão, fraturas por stress no córtex palmar/plantar do MCIII/MTIII e patologias ósseas ou articulares adjacentes que podem estar associadas à claudicação.

Há que ter também em consideração pequenas variações normais, que não são indicadoras de patologia, mas que se encontram presentes, como por exemplo, em alguns cavalos que apresentam uma região linear com radiopacidade aumentada na região proximal

do MCIII/MTIII, que ocorre entre os 2 lobos do LSB na sua origem (Figura 9) (Butler et al, 2017).

Figura 9 - Imagem dorsoplantar da região metatarsal proximal (Butler et al, 2017).

1.10.3 Ecografia

A ecografia fornece uma melhor avaliação das estruturas de tecidos moles (Butler et al, 2017), sendo frequentemente usada para avaliar o LSB (Meehan & Labens, 2016) e para a monitorização durante a recuperação de lesões (Rheimer, 2010). Na realização de um exame ecográfico as estruturas devem ser avaliadas quanto à ecogenicidade e à localização, assim, as mesmas podem ser anecogénicas, hipoecogénicas ou hiperecogénicas e terem uma localização focal, multifocal ou difusa. Devem ainda ser avaliadas as margens e o tamanho da estrutura, bem como a orientação das fibras (se aplicável).

É de realçar a importância de uma preparação adequada do animal antes do exame ecográfico. Uma preparação menos cuidada leva a um mau contacto da sonda, que por sua vez leva à perda de ecogenicidade e ao aparecimento de 'lesões' quando na verdade não o são. Este mau contacto pode dever-se a uma inadequada tosquia do membro, inadequada limpeza da pele, quantidade de gel insuficiente, posição incorreta da sonda e ainda 'low setting' que pode levar à impressão de perda de ecogenicidade (Dyson, 1991).

Para o exame é utilizada uma sonda entre os 7 a 10 MHz. A localização e profundidade são otimizados para o LSB e realizados 2 planos: transverso e longitudinal, permitindo a visualização e validação dos achados, sendo o tamanho, forma e homogeneidade do ligamento parâmetros chave a serem avaliados. As imagens ecográficas transversais, por norma, conseguem fornecer mais informação (Dyson, 1991).

Uma das maiores preocupações na avaliação ecográfica do LSB e na validação das alterações encontradas, é a grande variação entre cavalos na aparência ecográfica do ligamento, devido à sua composição heterogenia e artefactos causados pela presença de tecido muscular, tecido adiposo, fibras de diversas orientações e vasos (Dyson et al, 1995; Bischoberger et al, 2006; Dyson & Genovese, 2011; Zauscher et al 2012).

Apesar de ser uma estrutura única, as constantes ecográficas devem ser ajustadas para cada uma das 3 porções para uma melhor visualização. Uma sonda de 7,5 MHz é ideal

para o membro anterior, mas no membro posterior de cavalos grandes (com mais de 600 quilogramas de peso corporal), o LSB pode estar além da zona focal da sonda. Uma sonda de 5 MHz pode devolver melhores resultados, a menos que se utilize uma sonda de 7,5 MHz com uma zona focal variável (Dyson et al, 1995). Na presença de lesão do LSB é possível a visualização de alterações no mesmo, tais como: aumento de tamanho; pouca definição de uma ou mais margens do LSB (ocorre mais dorsalmente); áreas hipoecoicas centrais bem circunscritas; uma ou mais áreas hipoecoicas pouco definidas, centrais ou na periferia; e áreas de maiores dimensões difusas com baixa ecogenicidade. As lesões hipoecoicas circulares centrais são mais comuns nos membros anteriores, enquanto que as lesões difusas com baixa ecogenicidade ocorrem maioritariamente nos membros posteriores e parecem ter um pior prognóstico que as lesões focais (Dyson, 1991). Embora as lesões, por norma, apareçam como áreas de ecogenicidade diminuída, as áreas de fibrose (sinal de lesão com alguma cronicidade) aparecem hiperecogénicas independentemente do ângulo do feixe (Werpy & Denoix, 2012; Meehan & Labens, 2016). Alguns cavalos podem apresentar uma área hipoecoica focal central no ligamento mimetizando uma lesão. Estas alterações por norma são bilaterais e não mudam de aparência com o tempo, por este motivo é de extrema importância a avaliação ecográfica bilateral do animal mesmo em claudicações unilaterais (Meehan & Labens, 2016; dyson, 1991), sendo que apenas se considera uma lesão quando há uma diferença indiscutível do membro contralateral (Dyson, 1991).

As lesões hipoecogénicas centrais diminuem de tamanho gradualmente, em alguns casos pode verificar-se um centro hiperecogénico e noutros apenas uma pequena dimensão hipoecoica que persiste. As lesões difusas tendem a persistir mais tempo e têm maior probabilidade de claudicação recorrente (Dyson, 1991). Para evitar complicações adicionais não devem ser realizados bloqueios anestésicos antes do exame ecográfico, uma vez que s podem surgir artefactos devido a hemorragias ou ar causados pelos bloqueios (Meehan & Labens, 2016; Dyson, 2007).

O Power Doppler (PD) permite a identificação dos vasos sanguíneos, independentemente da intensidade ou direção de fluxo, apresentando maior sensibilidade que o Colour Doppler para deteção de vascularização anormal, nomeadamente neovascularização (Rabba et al, 2018). Num tendão/ligamento saudável o sinal de PD é baixo ou indetetável, mas na presença de uma lesão o sinal é positivo (Lacitignola et al, 2020).

Contudo é de referir que a inexistência de alterações no exame ecográfico não afasta a hipótese de uma lesão no ligamento suspensor (Baxter, 2011c).

1.10.4 Cintigrafia nuclear

Apesar de ser uma técnica mais sensível que a radiografia, sobretudo para a deteção de fraturas de stress e indicação do grau de atividade óssea (Butler et al, 2017), quando falamos em diagnóstico do LSB esta apenas pode demonstrar áreas de aumento de remodelação óssea na origem do ligamento que não são detetáveis com exame radiológico (Werpy & Denoix, 2012). É útil no diagnóstico de desmites ou fraturas por avulsão na porção proximal do LSB que podem não ser evidentes em ecografia e raio x (Baxter, 2011c).

1.10.5 Ressonância magnética

A ressonância magnética (RM) pode ser muito útil a detetar lesões que não foram possíveis de diagnosticar através da ecografia sendo mais sensível que esta (Elemmawy et al., 2019). Tal só é possível porque a RM é capaz de mostrar mudanças bioquímicas das estruturas (Spraybarry & Robison, 2014). A ressonância magnética tem o potencial de detetar/identificar lesões ósseas e de tecidos moles em simultâneo (Butler et al, 2017), tais como fluido inflamatório e aderências fibrosas periligamentares (Elemmawy et al., 2019).

Tal como acontece no exame ecográfico, devido à variação normal de sinal das fibras musculares do ligamento, é aconselhado a comparação sistemática do membro lesionado com o membro contralateral para deteção de alterações de sinal ligeiras (Brokken et al., 2011). Na ressonância magnética os ligamentos saudáveis têm como característica um baixo sinal em todas as sequências e quando há um aumento na intensidade do sinal em certas áreas pode ser indicativo de lesão ligamentar (Brokken et al., 2011). O grau das lesões é baseado na intensidade do sinal, tamanho e definição do ligamento. Por norma, ligamentos lesionados são caracterizados por aumento do sinal e/ou do tamanho, contudo também pode ocorrer diminuição do sinal do tecido muscular do ligamento, possivelmente pelo facto de ser uma lesão crónica onde já tenha ocorrido substituição por tecido cicatricial (Crass et al., 1992; Kasashima et al., 2002; Brokken et al., 2011).

Em situações como aderências a exostoses são extremamente difíceis de visualizar em ecografia tornando a ressonância magnética a escolha ideal, visto que nesta técnica são possíveis de identificar (Brokken et al., 2011). Nestes casos, existe uma interrupção de baixo sinal na margem juntamente com vários graus de alto sinal dentro do ligamento indicando uma lesão, em vez de uma margem bem definida e de elevado sinal (padrão considerado normal) (Brokken et al., 2011).

No estudo realizado por Brokken et al (2007) utilizando a ressonância magnética, foi possível diagnosticar casos de desmite proximal do LSB sem lesão óssea associada, desmite proximal do LSB com lesões ósseas associadas (no metacarpo e metatarso III e IV), desmite

focal do LSB associada a lesão dos ossos acessórios (‘splint bone’), e ainda desmite proximal do LSB juntamente com desmite do ligamento acessório do TFDP.

1.10.6 Tomografia computorizada

A tomografia computorizada permite visualizar alterações ósseas, ajudando a detetar fraturas complexas e a detetar reação periosteal na origem do LSB (Butler et al, 2017), contudo fornece informações limitadas quanto a tecidos moles, mesmo com contraste. Lesões de ligamentos e tendões aparecem hipodensas, heterogenias e com aumento de tamanho (Elemmawy et al., 2019).

1.10.7 Análise biomecânica como diagnóstico em medicina equina

Segundo Abrantes a “biomecânica é o estudo dos movimentos e das forças que são consequência das relações mecânicas estabelecidas e controladas pelo executante, quer com o seu próprio corpo, quer dessas relações mecânicas com o meio físico exterior”. As bases centrais da biomecânica são compostas por informações vindas de várias fontes tais como: morfologia, cibernética e mecânica. O mesmo autor constatou ainda que a análise biomecânica pode ser utilizada como um meio complementar de diagnóstico (Abrantes, 2019).

A avaliação de um observador perante um cavalo saudável ou a claudicar é baseada na comparação do andamento ou em detalhes no padrão de locomoção comparadas com uma referência saudável. Para estas avaliações são procurados métodos o mais objetivos possíveis para a determinação da claudicação, que podem ser encontrados em 3 diferentes abordagens:

1) Uma comparação com o padrão ‘normal’ de locomoção na população, que se baseia na experiência do clínico. Este método requer um número suficiente de observações de cavalos saudáveis para estabelecer um padrão. No entanto, mesmo este padrão poderá não ser o melhor método para avaliações cinemáticas, devido às diferenças das claudicações por si só adicionadas à ampla variação individual de cavalos saudáveis (Buchner, 2013).

2) Uma comparação utilizando o próprio cavalo como controlo individual. Neste caso, como o padrão saudável do animal é desconhecido durante o exame de claudicação são usados bloqueios anestésicos para restaurar a cinemática próxima do padrão saudável daquele indivíduo (Buchner, 2013).

3) Uma avaliação dos movimentos do lado esquerdo e direito do corpo em termos de simetria ou assimetria locomotora em cada indivíduo. Esta abordagem permite uma comparação imediata dos membros afetados e não afetados, independentemente das características individuais (Buchner, 2013).

Embora todos estes métodos sejam funcionais, a sua objetividade poderá ser discutida, pois o animal é avaliado com base no que o clínico observa e na sua interpretação. As técnicas de análise de locomoção, que usam avaliações mais precisas e objetivas de alterações locomotoras, fornecem aos veterinários ferramentas valiosas para diagnósticos avançados. Os métodos qualitativos e quantitativos podem ser usados para avaliar objetivamente a claudicação, para aumentar os procedimentos de diagnóstico ou verificar os efeitos terapêuticos. Um método para ter valor prático deverá apresentar algumas características, tais como: a) ser sensível o suficiente à claudicação de forma que pequenas perturbações no padrão de locomoção sejam refletidas por mudanças no índice de assimetria; b) o índice ser indicativo de um certo grau de claudicação sem que as diferenças de cada indivíduo interfiram; c) a variável deverá ser fácil de medir e de interpretar (Buchner, 2013).

1.10.7.1 Métodos de análise cinemática

A análise cinemática é baseada em vários sistemas tecnológicos, tais como:

1) a eletrogoniómetria, que utiliza como aparelho o eletrogoniômetro (ou elgon) para medir as mudanças de ângulos de uma articulação. Esta já foi utilizada em cavalos para o diagnóstico de claudicações ou para avaliar mudanças no movimento articular após tratamento médico ou cirúrgico (Adrian et al., 1977; Taylor et al., 1966; Ratzlaff et al., 1979);

2) os sistemas fotográficos que caíram em desuso com o aparecimento de câmaras de vídeo de alta resolução e sistemas optoelectrónicos de análise de movimento. Hoje a videografia é a técnica padrão de gravação e análise fotográfica. Para estudos bidimensionais com uma única câmara esta deve estar orientada com o seu eixo perpendicular ao plano de interesse, e para estudos tridimensionais o posicionamento das câmaras não necessita ser tão preciso desde que cada marcador esteja sempre visível por pelo menos duas câmaras (Clayton & Scharmhardt, 2013);

3) os sistemas optoelectrónicos usam sistemas de captura de movimento ótico digital que oferecem identificação automática da localização espacial 3D dos marcadores. As câmaras para um sistema optoelectrónico devem ser uma combinação de alta resolução e de alta taxa de quadros (‘frame' rate), obviamente há que haver um equilíbrio entre o alcance, velocidade, tamanho, desempenho e custo. Atualmente é comum usar-se sistemas de câmara digital que tenham um anel de luzes estroboscópicas (vermelho visível e infravermelho) ao redor da lente. As câmaras com mais pixels permitem o uso de maiores volumes de captura, marcadores de menores dimensões e conjuntos de marcadores mais complexos, todos estes são vantajosos quando se trabalha com cavalos (Clayton & Scharmhardt, 2013);

4) Os sistemas eletromagnéticos são usados como dispositivos de rastreamento tridimensional para aplicações que incluem visualização em tempo real e aquisição de dados.

Algumas das desvantagens deste sistema são a interferência do metal, o peso dos recetores, a presença de fios e o pequeno volume de captura de dados, sendo que a precisão do rastreamento magnético é comparável ao sistema de movimento ótico (Hassan et al., 2007).

1.10.7.2 Métodos de análise cinética

A análise cinética quantifica as forças externas ao corpo, como por exemplo: as forças entre o casco e o chão, durante a locomoção, que podem ser medidas através de placas de força ou ferraduras especiais para o mesmo efeito (Clayton & Scharmhardt, 2013).

1.11 Terapêutica

1.11.1 Tratamento conservativo

O tratamento conservativo é recomendado como tratamento da desmite do ligamento suspensor do boleto. Este pode ser realizado através de repouso, crioterapia, terapia anti-inflamatória e ferração ortopédica. Em lesões agudas pode ser benéfico a administração local de corticosteroides, juntamente com outras terapias anti-inflamatórias, tais como gelo local, ligaduras e pomadas anti-inflamatórias com fenilbutazona (Baxter, 2011c). Apesar das injeções periligamentares com corticosteroides em casos agudos ser benéfica para reduzir a inflamação há também risco de retardar a recuperação e potenciar o risco de calcificação dos tecidos, levando a claudicação crónica (Dyson, 2000).

Em cavalos com desmite do LSB e patologia no tendão flexor digital superficial (TFDS) são utilizadas ferrações ortopédicas semelhantes, pois a função da ferradura ortopédica acaba por ser a mesma – diminuir a tensão nestas duas estruturas (Robison & Spraybarry, 2015). Como podemos observar na figura 10 a elevação dos talões (A) provoca tensão no LSB e TFDS e menos tensão no TFDP e no tendão extensor digital, enquanto que se houver elevação da pinça (B) a tensão passará para o tendão extensor e TFDP e aliviará a tensão do LSB e do TFDS (Robison & Spraybarry, 2015.) A segunda opção (B) é a desejada quando temos presente uma desmite do LSB.

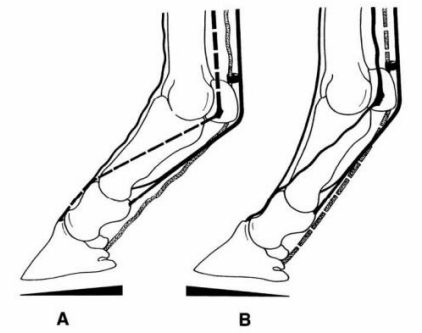


Figura 10 – Imagem ilustrativa do membro distal com elevação dos talões (A) ou com elevação da pinça (B) (Denoix, 1994).

Para obter melhores resultados utilizamos as ferrações ortopédicas, que são desenhadas de forma a ajudarem na recuperação de algumas patologias. Neste caso utiliza-se uma ferradura com uma pinça mais larga e com os ramos mais estreitos como é possível visualizar na figura 11. A pinça larga da ferradura não permite que a pinça do casco afunde no solo, no piso mole, e contrariamente os ramos mais estreitos levam a que afunde mais, criando assim elevação da pinça e menos pressão nos ramos do LSB (Robison & Spraybarry, 2015).

Figura 11 - Exemplo de uma ferradura ortopédica utilizada em casos de desmite do LSB (Robison & Spraybarry, 2015).

Ao contrário dos membros anteriores, que respondem bem a uma terapia conservativa, repouso e reabilitação, os membros posteriores frequentemente não são responsivos à terapia conservativa e têm altas taxas de recidivas (Anderson, 2019).

1.11.2 Terapias regenerativas

O tecido cicatricial que se forma após lesões de tendões ou ligamentos difere do tecido normal funcionalmente e estruturalmente, levando a que as estruturas fiquem suscetíveis a novas lesões, assim, as terapias regenerativas são usadas com o objetivo de que tendões e ligamentos recuperem integralmente. (Benjamin et al, 2008).

Terapia com células estaminais

As células estaminais são definidas como células indiferenciadas que têm a habilidade de se dividir em cultura por períodos não definidos podendo dar origem a células altamente especializadas de cada tipo de tecido, e dividem-se em duas categorias: embrionárias ou derivadas de adultos (Tweedell, 2008; Hipp & Atala, 2008). As células estaminais mesenquimatosas derivadas de adultos (MSCs) podem ser obtidas através de medula óssea, tecido adiposo, sangue do cordão umbilical, tecido muscular, cartilagem, osso trabecular e tendões (Hipp & Atala, 2008). Existem três abordagens para os uso destas células em cavalos: 1) Colheita de MSCs numa população celular mista de um aspirado de medula

óssea; 2) Aspirado de medula óssea com posterior cultura de MSCs; 3) Colheita de MSCs numa população celular mista de um aspirado de tecido adiposo (Fortier, 2010).

As MSCs derivadas da medula óssea (BM-MSCs) são relativamente mais fáceis de obter de forma não invasiva, e comparativamente com outros MSCs têm maior capacidade de diferenciação em outros tecidos. Este procedimento é efetuado em estação com o animal sedado, e a colheita da medula óssea é realizada no esterno ou na tuberosidade coxal, usando anestesia local (Fortier, 2010). O passo seguinte passa pela administração da medula óssea extraída diretamente na lesão. A grande desvantagem desta técnica (aspiração e injeção direta) é o baixo número de células estaminais do aspirado de medula óssea. Porém, para ultrapassar esta desvantagem, foi criada a segunda técnica possível: *Culture- Expanded BM-MSCs* que tem como objetivo a colheita de medula óssea, seleção de células estaminais e a sua cultura, de forma a obter o número de células estaminais pretendido. A terceira abordagem possível é a utilização de uma colheita de MSCs numa população mista de células derivadas de tecido adiposo (A-MSCs) removido cirurgicamente da inserção da rabada. Os A-MSCs não são colocados em culturas, mas são primeiramente isolados antes da sua implantação guiada ecograficamente (Fortier & Smith, 2008). Continuam em investigação inúmeros métodos de tratamento com células estaminais e dos seus resultados a longo prazo.

Fatores de Crescimento

Os fatores de crescimento regulam o metabolismo celular e conseguem estimular a cicatrização de tendões e ligamentos através da estimulação da proliferação celular, síntese de matriz extracelular e promoção do crescimento vascular (Fortier & Smith, 2008), sendo que os mais estudados para a cicatrização de lesões de tecidos moles incluem o fator de crescimento semelhante à insulina-I (IGF-I), o fator de crescimento derivado de plaquetas (PDGF), a proteína morfogenética óssea-12 (BMP-12), o fator de crescimento transformador-β (TGFβ), o fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), o fator de diferenciação/crescimento (GDF-5) e ainda o fator de crescimento de fibroblasto básico (bFGF) (Molly et al, 2003; Yoneno et al, 2005; Tang et al, 2003; Zhang et al, 2003; Dahlgren et al, 2002; Kang & Kang, 1999). Os fatores de crescimento podem ser aplicados como proteínas recombinantes purificadas ou num aspirado de medula óssea ou plasma rico em plaquetas (PRP). Qualquer um deles será aplicado através de uma série de injeções intralesionais no tendão ou ligamento (Fortier & Smith, 2008).

Os PRP's são obtidos através de uma simples centrifugação ou processo de filtração de sangue venoso para a obtenção de um concentrado de plaquetas. As vantagens do uso de PRP's são o maneio fácil, administração de péptidos autlogos e a administração de uma combinação de fatores de crescimentos tais como PDGF, TGF β e VEGF (Molly et al, 2003; Yoneno et al, 2005; Tang et al, 2003; Zhang et al, 2003; Dahlgren et al, 2002; Kang & Kang,

1999). No caso específico de lesão no LSB a adição de PRP estimula a produção de fibroblastos que vão ajudar na síntese da matriz (Ross et al, 2006).

1.11.3 Terapia com ondas de choque (ESWT) ou por ondas de pressão radial (RPWT)

As ondas de choque extracorporais (ESWT) são criadas quando uma carga elétrica origina uma onda sonora acústica, que resulta em cavitação passiva numa forma focada transmitida através do gel de acoplamento para a região de interesse (Anderson, 2019). Esta terapia já é bastante utilizada em patologias musculosqueléticas (McCarroll, 1999; McClure et al, 2000; Weiler et al, 2002), onde promove a neovascularização, o que leva ao alívio de dor e melhora a regeneração de tecidos (Wang et al, 2000). É comumente usada no tratamento conservador de desmite proximal em membros anteriores e posteriores, sendo aplicada na origem do ligamento 3 a 4 vezes em intervalos de 2 semanas. Demonstra efeito analgésico a curto prazo e efeito biomodulador nos tecidos aos quais são aplicados (Anderson, 2019). Resultados obtidos por McClure et al (2004) indicam que lesões tratadas com ESWT recuperam significativamente mais rápido do que o grupo de controlo, conforme determinado por ecografia. Também em McClure et al (2000), os 'follow-up' realizados a cavalos com desmite do LSB tratados com ESWT revelaram uma melhoria na claudicação, bem como uma melhoria visível nas imagens do exame ecográfico.

As ondas de pressão radial são geradas por pulsos de ar comprimido, levando à criação de uma onda de pressão que é transmitida ao corpo através do gel de acoplamento (Crowe et al, 2004). Tal como acontece com a terapia por ondas de choque, a terapia por ondas de pressão é muito usada no tratamento conservador de desmite proximal em membros anteriores e posteriores. E aplicada da mesma forma: na origem (proximal) do ligamento suspensor 3 a 4 vezes em intervalos de 2 semanas (Anderson, 2019). Resultados obtidos por Crowe et al (2004) sugerem que a RPWT melhora o prognóstico de DPLSB dos membros posteriores comparativamente a casos tratados apenas com exercício controlado.

Relativamente às duas terapias, estudos demonstraram resultados semelhantes entre a terapia por ondas de pressão radial e a terapia por ondas de choque, onde houve melhorias na ecografia num espaço de 12 semanas e resposta aos 3 tratamentos realizados em 4 semanas (Crowe et al, 2004; Lischer et al, 2006).

1.11.4 Terapia de laser

As terapias com laser foram recentemente introduzidas na reabilitação de cavalos, sendo que existem poucos estudos que relacionem esta terapia com lesões de tecidos moles de cavalos. Dentro dos estudos mais recentes está Zielinska et al, que em 2020, apresentaram o primeiro projeto com um grupo controlo para o estudo da terapia de laser nos tendões e

ligamentos de cavalos. Algumas das conclusões retiradas foram que o tratamento de laser reduzia significativamente a dor, edema e claudicação associada a lesões de tecidos moles, embora as imagens ecográficas não apresentassem grande melhoria relativamente ao grupo controlo. Também em 2020, Pluim et al. apresentaram melhorias visíveis em ressonância magnética e doppler de lesões no ramo do LSB, quando comparado o grupo de tratamento com o grupo de controlo. As conclusões dos estudos realizados até agora não parecem variar: a terapia de laser parece ajudar no tratamento de tecidos moles em cavalos nomeadamente no tratamento do ligamento suspensor do boleto (Pluim et al, 2018; Pluim et al, 2020; Zielinska et al, 2020).

1.11.5 Tratamento cirúrgico

O tratamento cirúrgico começou a ser uma opção terapêutica para animais com desmite proximal do LSB devido à fraca resposta dos membros posteriores ao tratamento conservativo. Em zonas onde o tendão ou ligamento anatomicamente fica confinado por estruturas ao seu redor e por sua vez suscetível a compressão, como acontece em cavalos com aumento do aspeto proximal do ligamento suspensor na região metacarpal/metatarsal, a descompressão através de cirurgia pode ser implementada como parte do tratamento (Anderson, 2019).

A desmoplastia e fasciotomia consiste em múltiplas incisões focais na zona proximal do ligamento suspensor do boleto juntamente com fasciotomia. Esta técnica conseguiu resultados similares à infiltração local de A-Cell combinado com fasciotomia: 87% dos 23 cavalos com desmite proximal do LSB dos membros posteriores voltaram ao trabalho (Mitchel,2004). Os resultados do estudo de Hewes & White (2006) também sugerem que esta técnica cirúrgica é uma opção viável para cavalos com DPLSB que não respondem ao tratamento conservativo.

A neurectomia tibial consiste no corte do nervo tibial, que segundo os resultados obtidos permitiu que 6 em 8 cavalos voltassem à competição (saltos de obstáculos e CCE) durante pelo menos 2 anos depois da cirurgia sem complicações pós-cirúrgicas (Dyson & Genovese, 2003)**.**

A neurectomia do ramo profundo do nervo plantar lateral com fasciotomia da fáscia profunda sobreposta ao LSB é um tratamento a longo prazo com bastante sucesso para cavalos com desmite proximal. A neurectomia e a fasciotomia podem ser realizados individualmente, mas por norma são realizadas conjuntamente como parte da mesma técnica cirúrgica, utilizando esta técnica bilateralmente foram reportadas taxas de sucesso de 78-84% (Dyson & Murrey, 2012). O uso de medicação intralesional, como plasma rico em plaquetas,

concentrado de aspirado de medula ou A-Cell ao mesmo tempo ou após a neurectomia e fasciotomia pode aumentar a recuperação de lesões severas (Dyson & Murrey, 2012).
No seguimento de cavalos que realizaram cirurgia deverá ser executada uma reabilitação diferente dos animais tratados medicamente. Esta inclui repouso estrito durante 2 a 4 semanas, passando depois a andar a passo à mão durante mais 30 dias. Após 60-90 dias da cirurgia deverá ser realizado um novo exame ortopédico e ecografia para determinar a evolução da lesão. Se o animal apresentar melhorias começa a transição ao trabalho que será um programa de exercício diário gradual, sendo necessárias reavaliações mensais para garantir a evolução o paciente (Hewes & White, 2006).

1.12 Prognóstico

Em lesões proximais do LSB o sucesso do tratamento varia consoante a cronicidade da lesão, sendo que nos membros posteriores o prognóstico aparenta ser pior que nos membros anteriores. Este facto pode estar relacionado com o período que leva entre o início da claudicação e o diagnóstico da mesma. Num trabalho realizado por Dyson et al. (1995) 86% dos cavalos com lesão nos membros anteriores regressaram ao trabalho depois do programa de descanso e exercício controlado, enquanto que apenas 17% dos cavalos com lesão nos membros posteriores retornaram a sua atividade sem claudicação. Contudo há um grupo de cavalos que, apesar de continuarem com uma lesão crónica ou claudicação ligeira, continuaram a servir para o seu propósito, já outros foram incapazes de voltar a um nível de performance satisfatória (Gibson et al. 2002).

Nas lesões dos ramos do LSB as recidivas são comuns e o prognóstico é melhor quanto menores forem as lesões, mas parece ser reservado em cavalos com desmite nos membros posteriores, especialmente se já houver presença de fibrose periligamentar - as claudicações tendem a permanecer nesses cavalos apesar dos tratamentos. Os cavalos de dressage e obstáculos têm também melhor prognóstico que os cavalos de CCE.

2. Justificação

Após domesticação, há 5000 anos, os cavalos integraram a nossa vida como ferramentas de trabalho, quer como máquinas de guerra quer como para trabalho no campo. Nos dias de hoje, o papel dos cavalos foi modificado passando a ser um animal de desporto, competição, lazer, e para alguns, praticamente um animal de estimação (van Weeren, 2013). Como anteriormente referido, o LSB é a estrutura que suporta a articulação metacarpo/metatarsofalângica durante a fase de apoio da passada, sendo de extrema importância para a função do membro (Dyce et al., 1996). Se um animal apresentar uma claudicação por lesão dessa estrutura o que é que podemos esperar que aconteça ao boleto? Sabemos que o membro lesionado tende a aliviar a carga levando a que o membro saudável faça mais esforço (Ross, 2011), mas nem sempre é tão fácil de observar podendo variar entre andamentos: o trote é considerado o andamento mais importante para a avaliação do movimento e de deteção de claudicações (Clayton et al.,2013), contudo no caso de desmite do LSB moderada ou crónica podem ocorrer mais alterações na articulação metacarpo/metatarsofalângica a passo do que a trote (Ross, 2011).

3. Objetivo

Este estudo tem como objetivo a análise quantitativa, através da análise cinemática angular, de cavalos com e sem desmite do ligamento suspensor do boleto, quer a passo quer a trote em piso duro.

No seguimento do objetivo acima referido pretende-se: estabelecer a relação entre cavalos com uma lesão do ligamento suspensor do boleto e o ângulo que o boleto executa nesse membro a passo e a trote em piso duro; estabelecer uma base de dados específica da amostra de controlo; e a comparação entre o índice de assimetria da amostra controlo e da amostra em estudo.

Sabendo o objetivo do estudo foram colocadas as seguintes questões com a esperança de serem respondidas no final do estudo:

- Será este método fiável para a análise pretendida?

- Qual o ângulo da articulação metatarsofalângica na subfase ‘Stance phase’ da fase de apoio?

- Qual a assimetria normal da articulação metatarsofalângica? Conseguimos obter um intervalo padrão para a assimetria normal?

Capítulo III - Análise cinemática do deslocamento angular da articulação metatarsofalângica

1) Caracterização do estudo

Este estudo, que obteve a aprovação do comité de Ética e Bem Estar Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, foi realizado maioritariamente nas instalações do Hospital Veterinário de Equinos de Santo Estevão. Alguns dados foram também recolhidos na Companhia das Lezírias, Academia de Dressage na Arruda e na Quinta da Bicuda em Cascais. Este caracterizou-se como descritivo.

2) Amostra do estudo

Foram utilizados cavalos com idades entre os 4 e os 19 anos afetos a diversas modalidades como dressage, saltos de obstáculos, raides e lazer. Os 22 animais foram divididos em duas amostras: 1) Amostra de controlo: Dezassete animais, sem claudicação visível por análise veterinária, foram utilizados como controlo para o estudo.

2) Amostra em estudo: Cinco cavalos com desmite do ligamento suspensor do boleto nos membros posteriores, ou que já tinham sido diagnosticados com a patologia referida, foram definidos como a amostra a ser estudada.

3) Critérios de inclusão

Para a amostra controlo foram incluídos todos cavalos que não apresentavam uma claudicação no dia em que foram filmados. No entanto não foi possível descartar que os animais não tenham algum tipo de patologia ortopédica. Na amostra em estudo foram incluídos os cavalos que foram diagnosticados com desmite do ligamento suspensor do boleto.

4) Material e Métodos

O estudo baseia-se na medição do ângulo da articulação metatarsofalângica. Este ângulo foi calculado através da filmagem dos cavalos com 3 marcadores - ‘Pearl Markers’, com base de plástico de 17 mm e esfera refletora de 9,5 mm-, em cada membro posterior, perfazendo um total de seis marcadores. A fixação dos marcadores no animal foi realizada através de fita-cola dupla face, de forma a serem de fácil colocação e remoção (Figura 12). Após colocação dos marcadores foram realizadas filmagens com um telemóvel Iphone 8 na opção de filmagem a 60fps, doravante referido como câmara, apoiado num tripé (Figura 13). As gravações foram analisadas num computador HP compatível com kinovea e digitizeXY.

Figura 12 e 13 – Material utilizado: Marcadores, fitas e tripé. Original da autora.

Para o estudo em questão foi utilizada a seguinte metodologia:

<u>1º passo: Delimitação do local das filmagens, posicionamento do tripé e da câmara</u>

A câmara foi alinhada perpendicularmente à pista (local de filmagens) a uma distância de 5 metros e nivelada com o solo. A colocação da câmara a esta distância garantiu a inclusão de pelo menos 2 passadas consecutivas. Os cavalos foram filmados sempre em piso duro independentemente do local de filmagens, é possível visualizar exemplos dos locais de filmagens nas figuras 14 e 15.

Figura 14 – Local de gravações dentro do Hospital Veterinário de Equinos de Santo Estevão. Original da autora.

Figura 15 – Exemplo do local de gravações fora do Hospital Veterinário de Equinos de Santo Estevão (localização: Companhia das Lezírias). Original da autora.

2º passo: Colocação dos marcadores no animal

A colocação dos marcadores foi realizada sempre pela mesma pessoa em referências anatómicas previamente determinadas:

- Marcador A: Na porção distal do metatarso IV

  A marcação deste ponto é palpável.

- Marcador B: No sesamoide proximal lateral

  A marcação neste ponto tem menos precisão que as outras porque não é palpável. Para minimizar a variabilidade de posicionamentos pela menor precisão foi utilizando sempre o mesmo critério para a sua colocação: orientação realizada através do 'machinho': a 2 dedos verticais e a 1 dedo horizontal do 'machinho'

- Marcador C: No ramo extensor lateral do LSB

  A marcação deste ponto é palpável.

A colocação dos marcadores foi realizada da seguinte forma: Primeiro a colocação da fita-cola no posicionamento correto passando à colocação de fita-cola dupla face e dos marcadores refletores como pode ser visualizado na figura 16.

Figura 16 – Posicionamento dos marcadores 'Pearl Markers' em 3 cavalos diferentes. A) Porção distal do metatarso IV; B) Sesamoide proximal lateral; C) Ramo extensor lateral do LSB. Original da autora.

3º passo: As filmagens

As filmagens foram realizadas por uma câmara na opção de filmagem a 60fps e qualidade de filmagem a fullHD, sempre apoiada no tripé para melhor estabilização. Nenhum dos animais realizou aquecimento prévio, começando logo pela realização das filmagens a passo e posteriormente a trote. Cada cavalo realizou 3 gravações do membro posterior esquerdo e 3

gravações do membro posterior direito em cada um dos andamentos, perfazendo 12 filmagens no total com uma distância a percorrer de 5 metros em cada filmagem. Após as 12 gravações os marcadores foram retirados de imediato sendo que nenhum dos animais demonstrou sinais de desconforto aquando a sua remoção.

4ª passo: Análise de vídeos e processamento de dados

Após a realização das filmagens todos os vídeos foram transferidos para computador e analisados utilizando os programas gratuitos kinovea e digitizeXY, para posterior análise e obtenção de ângulos em Excel.

O programa kinovea foi utilizado para a análise de vídeos e captura de imagens nos segmentos desejados (Figura 17). Neste programa é necessário ter em consideração alguns aspetos, nomeadamente: aferir se a câmara está a filmar a 60fps, realizar o 'desentrelaçar' do vídeo, selecionar o segmento que nos interessa, e na passagem de vídeo para a sequência de imagens fazer a exportação destas a 50ms, de forma a obter imagens com tempos regulares e iguais entre elas (Figura 18). O digitize XY foi utilizado para obtenção de coordenadas cartesianas (x,y) de cada imagem retirada do kinovea (Figura 19). Após obtenção das coordenadas, estas foram inseridas num ficheiro de Excel previamente construído para leitura de coordenadas e obtenção dos ângulos da fase de apoio da passada (Figura 20). De cada fase de apoio foram obtidos 8 instantes correspondentes a 8 ângulos e obtido um gráfico (Figura 21), para este estudo foi utilizado o ângulo com o menor valor que corresponde à fase em que o LSB se encontra em maior tensão. Dos ângulos correspondentes à fase desejada foram selecionados 5 de cada cavalo em cada andamento. O índice de assimetria foi calculado com base na média dos 5 ângulos referidos.

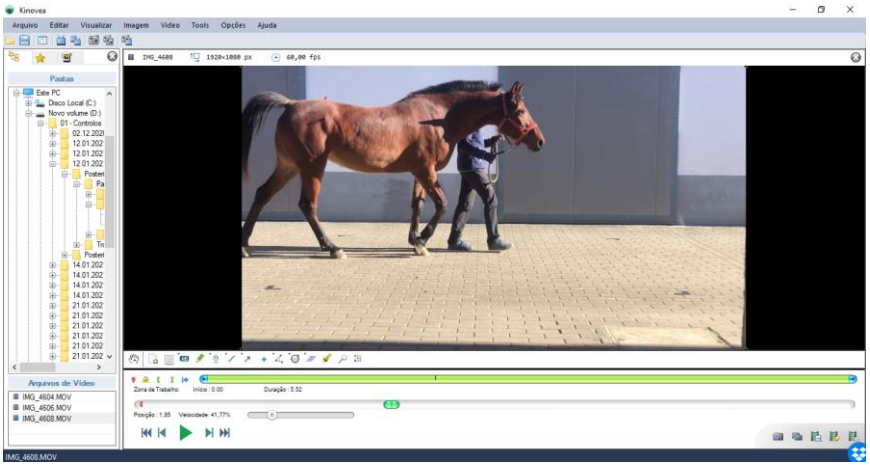


Figura 17 – Exemplo da análise de vídeos no programa kinovea. Original da autora.

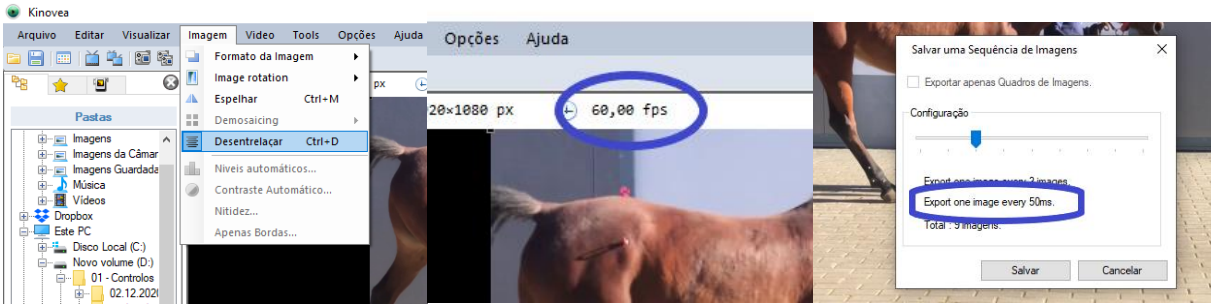
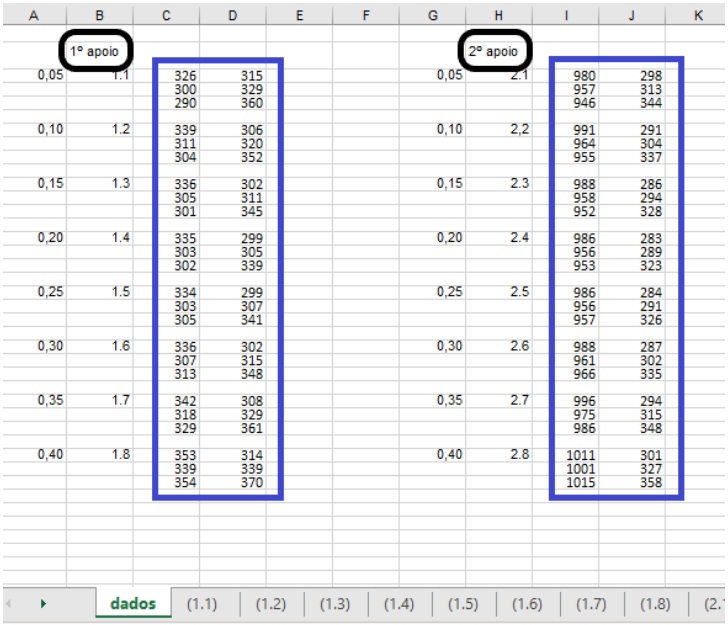


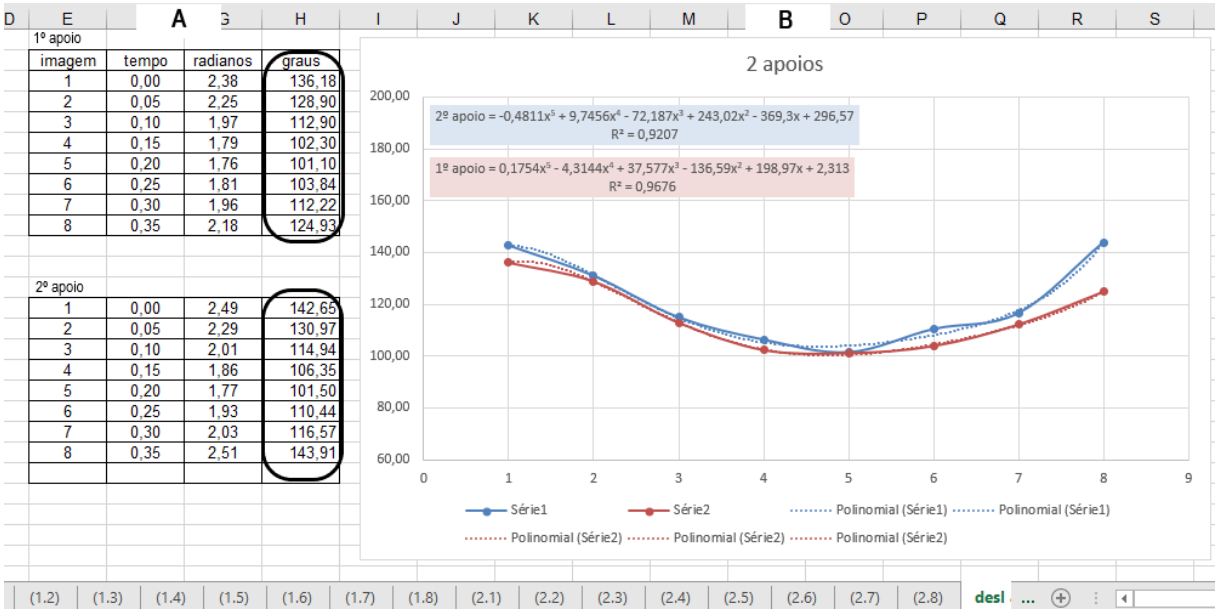
Figura 18 – Kinovea. A) Modo de desentrelaçar, B) Verificação dos fps da filmagem (neste caso 60 fps), C) Selecionar a exportação de imagens a cada 50ms. Original da autora.

Figura 19 – Exemplo da obtenção de coordenadas cartesianas no programa DigitizeXY 3.0. Original da autora.



1º apoio				2º apoio			
0,05	1.1	326	315	0,05	2.1	980	298
		300	329			957	313
		290	360			946	344
0,10	1.2	339	306	0,10	2,2	991	291
		311	320			964	304
		304	352			955	337
0,15	1.3	336	302	0,15	2.3	988	286
		305	311			958	294
		301	345			952	328
0,20	1.4	335	299	0,20	2.4	986	283
		303	305			956	289
		302	339			953	323
0,25	1.5	334	299	0,25	2.5	986	284
		303	307			956	291
		305	341			957	326
0,30	1.6	336	302	0,30	2.6	988	287
		307	315			961	302
		313	348			966	335
0,35	1.7	342	308	0,35	2.7	996	294
		318	329			975	315
		329	361			986	348
0,40	1.8	353	314	0,40	2.8	1011	301
		339	339			1001	327
		354	370			1015	358

Figura 20 – Exemplo da obtenção de resultados no Excel: Folha de registo das coordenadas retiradas do DigitizeXY 3.0 do 1º e 2º apoio de uma filmagem com 2 passadas. Original da autora.



1º apoio

imagem	tempo	radianos	graus
1	0,00	2,38	136,18
2	0,05	2,25	128,90
3	0,10	1,97	112,90
4	0,15	1,79	102,30
5	0,20	1,76	101,10
6	0,25	1,81	103,84
7	0,30	1,96	112,22
8	0,35	2,18	124,93

2º apoio

1	0,00	2,49	142,65
2	0,05	2,29	130,97
3	0,10	2,01	114,94
4	0,15	1,86	106,35
5	0,20	1,77	101,50
6	0,25	1,93	110,44
7	0,30	2,03	116,57
8	0,35	2,51	143,91

Figura 21 – Exemplo da obtenção de resultados no Excel. A) Ângulos obtidos do 1º e 2º apoios; B) Gráfico do 1º e 2º apoios obtidos a partir dos dados da figura 20. Original da autora.

5) Processamento dos dados e análise estatística

5.1) Validação da amostra de controlo

A distribuição da totalidade dos dados que representam a 'amostra de controlo' está associada à validação da metodologia desenvolvida, e verifica a consistência estatística dos dados correspondentes à 'amostra de controlo'. A base da metodologia para verificar a consistência baseia-se na comparação da distribuição dos dados da 'amostra de controlo' com a 'distribuição padronizada ou gaussiana', conforme Figura 22.

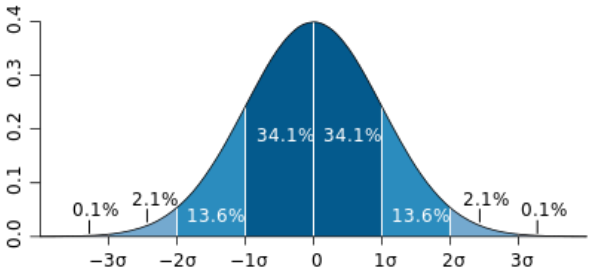


Figura 22 – 'Distribuição padronizada ou gaussiana' (adaptado de Toews, 2005)

De modo a confirmar o ajustamento dos dados (n=182) à 'distribuição gaussiana' foi aplicada a seguinte metodologia:

5.1.1) Calcular o 'Z' da população. Determinar o 'Z' ('Z', 'z-score', 'pontuação z' ou 'pontuação padrão') é um modo de padronizar pontuações. Ou, 'Z' é um modo de comparar valores de um conjunto de dados com uma 'população normal', isto é, um conjunto de dados cuja distribuição está ou não de acordo com a 'distribuição gaussiana'.

Considerando a 'distribuição gaussiana' normal, 'Z' atribui a cada dado (x_i) uma posição relativa em relação à *média* ($\bar{x}$) e mede essa posição relativa em frações de *desvio padrão* (δ), de acordo com a equação 1. Para 'Z=0', o correspondente dado (x_i) coincide com o valor da média ($\bar{x}$); para 'Z<0', ['$x_i < \bar{x}$] e para 'Z>0', ['$x_i > \bar{x}$]. Para cada dado (x_i) o valor de 'Z' inclui-se num dos desvios padrão. Portanto, em teoria há uma colocação dos dados de (-4 δ) a (+4 δ).

$$Z = (x_i - \bar{x}) / \delta \qquad (1)$$

De acordo com a distribuição gaussiana, para pontuações de '0' a '-1δ' a percentagem de dados esperada para a 'amostra de controlo' é de '-34,1%'; para pontuações de '0' a '+1δ' a percentagem de dados esperada para a 'amostra de controlo' é de' +34,1%'; para pontuações de '- 1δ' a '-2δ' a percentagem esperada é de 13,6%; etc. , conforme Figura 19.

5.1.2) Distribuição das frequências de casos da ‘amostra de controlo’. Esta distribuição com base na distribuição ‘Z’ da ‘amostra de controlo’ está representada na Tabela 1 e em gráfico de frequências no gráfico 2.

Tabela 1 – Distribuições do número de casos e percentuais da ‘amostra de controlo’

desv pad	´-4δ	´-3δ	´-2δ	´-1δ	´1δ	´2δ	´3δ	´4δ	
n casos	0	1	38	50	60	31	2	0	182
%	0,0	0,5	20,9	27,5	33,0	17,0	1,1	0,0	100,0

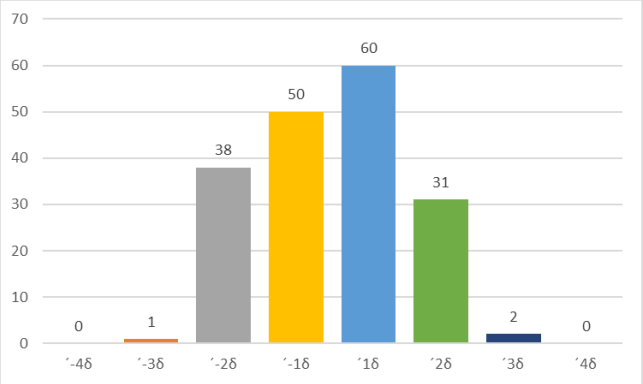


Gráfico 2 – Distribuição do número de casos da ‘amostra de controlo’

Uma simples observação evidencia de que há uma *tendência para uma distribuição normal,* mas com uma concentração no intervalo [‘-2δ’, a ‘+2δ’]. Os dados de frequência de acontecimentos da ‘amostra de controlo’ têm uma distribuição mais concentrada do que a distribuição gaussiana e apenas 3 casos não estão incluídos no referido intervalo. No Anexo I registam-se todos os valores dos ângulos da ‘amostra de controlo’. No intervalo predominante [‘-2δ’, a ‘+2δ’] os valores angulares correspondem a um intervalo entre os [76 graus e os 109 graus] com $\bar{x} \pm \delta = 92{,}4 \pm 8{,}7$.

5.1.3) Comparação entre as distribuições percentuais da ‘amostra de controlo’ e da distribuição gaussiana. Esta comparação está representada na tabela 2 e no gráfico 3.

Tabela 2 –Distribuições percentuais da ‘amostra de controlo’ e gaussiana

desvios padrão	´-4δ	´-3δ	´-2δ	´-1δ	´1δ	´2δ	´3δ	´4δ
% população de controlo	0,0	0,5	20,9	27,5	33,0	17,0	0,0	0,0
% distribuição gaussiana	0,1	2,1	13,6	34,1	34,1	13,6	2,1	0,1
% distribuição gaussiana	-0,1	-1,6	7,3	-6,6	-1,1	3,4	-2,1	-0,1

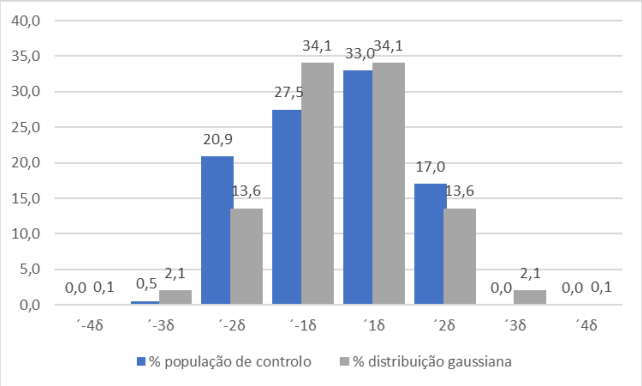


Gráfico 3 – Distribuições percentuais da ‘amostra de controlo’ e gaussiana.

Complementarmente em relação ao ponto 1.2 e de acordo com a tabela 2, avaliou-se a diferença de percentagens (‘≠ %’) entre a distribuição prevista ‘% distribuição gaussiana’ e a distribuição da ‘% amostra de controlo’. Genericamente há uma tendência de concentração da ‘% amostra de controlo’ nos intervalos [‘-2δ’, a ‘+2δ’9) muito mais acentuada do que a ‘% distribuição gaussiana’. O gráfico 3 esquematiza essas diferenças percentuais. Esta concentração, [‘-2δ’, a ‘+2δ’], sugere que os dados têm uma distribuição concentrada nos valores centrais.

5.1.4) Para avaliar a tendência para normalidade da distribuição dos dados também foi usado o teste estatístico Kolmogorov-Smirnov[1]. Este teste conjuga dois resultados. O valor de (D) (distribuição) que representa a medida da divergência da amostra em relação à distribuição normal ao quantificar a ‘distância acumulada’ entre os valores experimentais, e os valores teóricos da curva normal. Portanto, quanto mais baixo o valor de D mais provável será os dados terem uma distribuição normal. Com D=0 os valores experimentais e os valores teoricamente normais coincidem. As tabelas K-S estabelecem os valores críticos de D de modo a estabelecer o ‘grau’ de distribuição normal dos dados experimentais. Este valor depende do N da amostra e do valor de confiança estabelecido. A probabilidade de distribuição normal é quantificada pelo valor *p*, indicando quanto a amostra provavelmente se afasta da distribuição normal. Em resumo, um alto D e um baixo *p* evidencia que os dados não estão normalmente distribuídos.

Resultado do teste estatístico Kolmogorov-Smirnov para o conjunto de dados da ‘amostra de controlo’: D=0,07998; *p*=0,18459. De acordo com a tabela em Charles Zaiontz [2] é estabelecido o valor crítico para o grau de significância (α) escolhido.

($D_{n,\alpha}$): $D_{n,\alpha} = D_{182:0,05}$ = 1,3580/ RaizQ (182) = 0,10066

[1] Baseado em: https://www.socscistatistics.com/tests/kolmogorov/default.aspx
[2] Kolmogorov-Smirnov Table | Real Statistics Using Excel (real-statistics.com)

Conclusão: Verifica-se que o teste Kolmogorov-Smirnov não rejeita a hipótese de normalidade para a distribuição dos dados da ‘amostra de controlo’ e confirma que os dados têm uma distribuição concentrada nos valores centrais [‘-2δ’, a ‘+2δ’].

5.1.5) A distribuição das frequências dos dados - do lado direito (DIR) e do lado esquerdo (ESQ) da ‘amostra de controlo’ - foi estudada com base na distribuição ‘Z’ da ‘amostra de controlo’ conforme tabela 3 e gráfico 4.

Tabela 3 – Distribuições do número de casos ‘DIR’ e ‘ESQ’ da ‘amostra de controlo’

desvios padrão	´-4δ	´-3δ	´-2δ	´-1δ	´1δ	´2δ	´3δ	´4δ
% DIR	0,0	0,0	25,3	25,3	29,7	19,8	0,0	0,0
% ESQ	0,0	1,1	16,5	29,7	36,3	16,5	0,0	0,0
% distribuição gaussiana	0,1	2,1	13,6	34,1	34,1	13,6	2,1	0,1

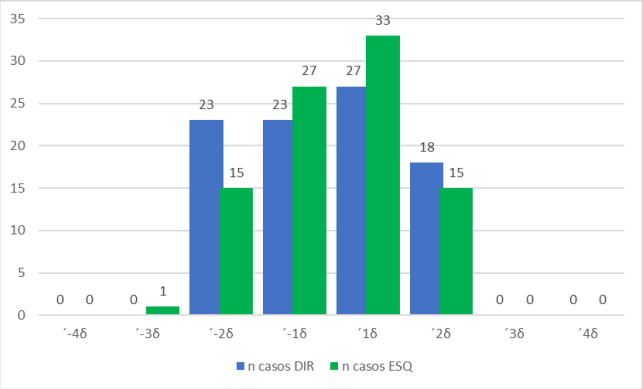


Gráfico 4 – Distribuições do número de casos ‘DIR’ e ‘ESQ’ da ‘amostra de controlo’.

Quer em DIR quer em ESQ há concentração quase total de dados no intervalo [‘-2δ’, a ‘+2δ’] acentuando as características anteriormente analisadas. Os dados de frequência de acontecimentos dos ângulos DIR da ‘amostra de controlo’ estão todos concentrados no intervalo predominante [‘-2δ’, a ‘+2δ’]. No Anexo II registam-se todos os valores dos ângulos DIR. No intervalo predominante [‘-2δ’, a ‘+2δ’] os valores angulares correspondem a um intervalo entre os [76 graus e os 111 graus] com $\bar{x} \pm \delta = 92{,}4 \pm 9{,}3$. De notar que o limite de 111 graus é superior ao limite superior da totalidade dos dados da ‘amostra de controlo’ também no mesmo intervalo de [‘-2δ’, a ‘+2δ’]. Os dados de frequência de acontecimentos dos ângulos ESQ da ‘amostra de controlo’ estão concentrados no intervalo predominante [‘-2δ’, a ‘+2δ’] com uma exceção. No Anexo II registam-se todos os valores dos ângulos ESQ. No intervalo predominante [‘-2δ’, a ‘+2δ’] os valores angulares correspondem a um intervalo entre os [76 graus e os 105 graus] com $\bar{x} \pm \delta = 92{,}3 \pm 8{,}0$.

5.1.6) Para as mesmas amostras que no número anterior, foi determinada a diferença de percentagens ('≠ %') entre a distribuição prevista '% distribuição gaussiana' e a distribuição da '% amostra de controlo'. A total concentração de dados em ['-2δ', a '+2δ'] da '% amostra de controlo' desvia-se da '% distribuição gaussiana'. A tabela 4 e o gráfico 5 esquematizam as diferenças percentuais.

Tabela 4 – Distribuições dos percentuais dos casos 'DIR' e 'ESQ' da 'amostra de controlo' e gaussiana.

desvios padrão	´-4δ	´-3δ	´-2δ	´-1δ	´1δ	´2δ	´3δ	´4δ
% DIR	0,0	0,0	25,3	25,3	29,7	19,8	0,0	0,0
% ESQ	0,0	0,0	16,5	29,7	36,3	16,5	0,0	0,0
% distribuição gaussiana	0,1	2,1	13,6	34,1	34,1	13,6	2,1	0,1

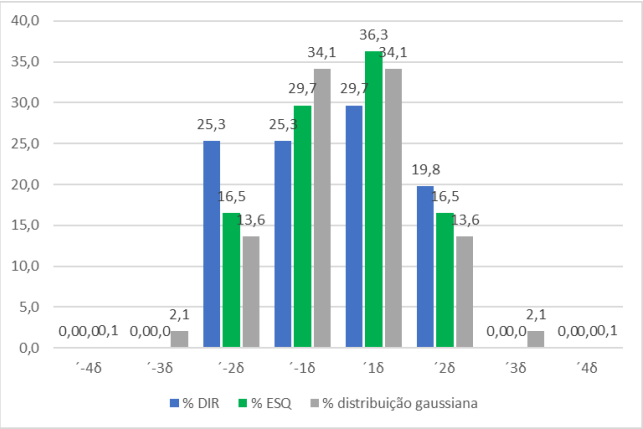


Gráfico 5 – Distribuições percentuais dos casos 'DIR' e 'ESQ' da 'amostra de controlo' e gaussiana.

5.1.7) O teste Kolmogorov-Smirnov (acima descrito) aplicado a cada um dos grupos resultou numa avaliação de que para um nível de significância de 5% ($p<0,05$) as amostras não diferem de uma distribuição normal, apesar da total concentração de dados da '% amostra de controlo' nos intervalos ['-2δ', a '+2δ']:

'DIR', o valor (D) é de 0,13591 e p=0,06296. 'ESQ', o valor (D) =0, 18172 e p=0,27989.

5.1.8) Porque há uma total concentração de dados no intervalo ['-2δ', a '+2δ'], e de modo a avaliar a eventual interação ou influência mútua entre os grupos (DIR e ESQ), foi usado o teste U de Mann-Whitney. Este é um teste não paramétrico que permite que dois grupos (ou condições ou tratamentos) sejam comparados <u>sem assumir</u> que os valores estão distribuídos de modo normal. Aplicado às amostras dos ângulos DIR e ESQ verificou-se [3] que p=0,952. O resultado é não significativo em $p<0,05$. Isto é a hipótese nula – 'não se assume a normalidade da distribuição dos dados' - é rejeitada e, portanto, assumimos que ambos estão associados

[3] Baseado em https://www.socscistatistics.com/tests/mannwhitney/default2.aspx

com $p<0,05$. Este resultado sugere que os nossos dados estão muito concentrados e associados.

5.1.9) Os dados apesar de muito concentrados têm, estatisticamente, uma distribuição normal e estão associados. Assim, de modo a avaliar a sensibilidade relativa entre os dois grupos (DIR e ESQ), foi usado o conceito de 'correlação' entre os valores angulares.

Introdução aplicada à noção de correlação - A correlação entre os dados atribuídos a duas variáveis não é sinónimo de causalidade entre elas. A correlação apenas procura medir a sensibilidade relativa entre a distribuição dos dados que se comparam. Simplificando, o valor da correlação é medido pelo coeficiente de correlação de Pearson ['R'] é um valor que traduz quanto perto de uma relação linear entre duas variáveis. Portanto, encontrado pela equação linear que melhor se ajusta à distribuição dos dados. O 'R' não é sensível às unidades de medida de cada uma das variáveis. Podem procurar-se a correlação entre, por exemplo, ângulos (em graus ou radianos) e forças (newton ou kilos = newton / massa do corpo) e encontraremos o mesmo 'R'. 'R=1' representa o valor máximo de correlação positiva. Uma das variáveis é representada por uma equação (linear) crescente em função da outra variável. 'R=-1' representa o valor máximo de correlação negativa. Uma das variáveis é representada equação (linear) decrescente. Para 'R=0' ou correlação nula, à ausência total de correlação entre a distribuição dos dados das duas variáveis. Valores de 'R' intermédios representam uma sensibilidade parcial da distribuição dos dados que se comparam. No entanto, o 'R' é muito sensível à inclusão de 'ouliers', isto é, valores de dados muito díspares num dos conjuntos de dados recolhidos. Se justificada a discrepância dos 'ouliers', o respetivo par de dados pode ser excluído. Um dos critérios pode ser o de haver apenas um dos dados no limite do 'no quarto desvio padrão' (sem suporte bibliográfico).

O significado do valor de 'R' não tem suporte bibliográfico consensual e 'R' tem uma interpretação que depende do contexto. Contexto que está relacionado, nomeadamente, com a área e enquadramento científico do estudo, a metodologia disponível, a fiabilidade da recolha de dados. Por exemplo para dados de variáveis que respeitam uma Lei Física, 'R=0,90' é uma correlação muito baixa, deveria ser 'R=1' ou 'R=-1'. Certamente há questões relacionadas com a metodologia disponível. O mesmo 'R=0,90' para comparar fenómenos de natureza social é uma correlação muito alta porque há sempre outros fatores externos que influenciam ou a recolha ou a natureza das variáveis.

Para variáveis de natureza biológica o contexto sobrepõe-se a critérios meramente de análise matemática. No entanto, podem ser usados valores muito simplificados e generalista[4] (Tabela 5) ou específicos para as áreas médicas (Tabela 6).

Tabela 5 – Tabela simplificada de correlações 'positivas' e 'negativas'.

Correlação	*Negativa*	*Positiva*
Baixa	"R" de -0,50 a 0,00	"R" de 0,00 a 0,50
Alta	"R" de -1,00 a -0,50	"R" de 0,50 a 1,00

Para as áreas médicas foi usado o conceito de Martin Bland[5] em 'An Introduction to Medical Statistics' que justifica a relação entre o valor de 'R' e o 'n' da amostra. A tabela apresentada (pp.169 e 170) do livro citado, relaciona 'n' com o 'R' e o grau de confiança com graus para p<0,01 ou p<0,05.

Tabela 6 – Tabela de *Martin Bland* aplicada a '*Estatística Médica*' (Bland,2015)

Table 11.2 Two sided 5% and 1% points of the distribution of the correlation coefficient, *r*, under the null hypothesis

n	5%	1%	*n*	5%	1%	*n*	5%	1%
3	1.00	1.00	16	0.50	0.62	29	0.37	0.47
4	0.95	0.99	17	0.48	0.61	30	0.36	0.46
5	0.88	0.96	18	0.47	0.59	40	0.31	0.40
6	0.81	0.92	19	0.46	0.58	50	0.28	0.36
7	0.75	0.87	20	0.44	0.56	60	0.25	0.33
8	0.71	0.83	21	0.43	0.55	70	0.24	0.31
9	0.67	0.80	22	0.42	0.54	80	0.22	0.29
10	0.63	0.77	23	0.41	0.53	90	0.21	0.27
11	0.60	0.74	24	0.40	0.52	100	0.20	0.25
12	0.58	0.71	25	0.40	0.51	200	0.14	0.18
13	0.55	0.68	26	0.39	0.50	500	0.09	0.12
14	0.53	0.66	27	0.38	0.49	1000	0.06	0.08
15	0.51	0.64	28	0.37	0.48			

De acordo com a tabela de Martin Bland, os dados angulares 'DIR' e 'ESQ' estão relacionados com p<0,01**'**: 'N'= 92 R= **0, 78** (Raiz Quadrada de 0,6104) (gráfico 6). Os nossos dados apesar de muito concentrados têm (estatisticamente) uma distribuição normal, estão associados e a correlação mostra que são mutuamente sensíveis, conforme se pode observar no gráfico 6.

[4] Adaptado do texto de:
https://en.wikipedia.org/wiki/Pearson_correlation_coefficient#Scaled_correlation_coefficient[4]

[5] Bland, M. (2015). *An Introduction to Medical Statistics* (4th ed., pp. 427). Oxford University Press, Oxford.

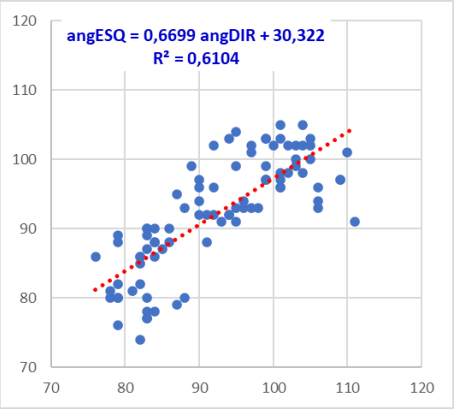


Gráfico 6 – Correlação dos dados da 'amostra de controlo'.

5.1.10) Conclusão sobre a validação da amostra de controlo e a metodologia seguida para medição dos ângulos 'DIR' e 'ESQ'

*) A distribuição dos dados tem as características de distribuição normal o que dá suporte à fiabilidade e consistência da metodologia desenvolvida para medida e processamento dos dados. Em cavalos diferentes a metodologia desenvolve resultados consistentes.

*) A metodologia desenvolvida pode ser considerada válida para constituição de uma base de dados conducente de uma 'amostra de controlo' para referência futura.

*) A validade da metodologia de medida e processamento dos dados dá suporte para que seja aplicada a outras amostras.

5.2) Validação na amostra de controlo dos valores de assimetria dos ângulos do boleto direito e esquerdo

A fiabilidade que os dados possam trazer ao diagnóstico está relacionada com a aplicabilidade da metodologia de medida e processamento dos dados. A conclusão do número anterior foi de que: *a metodologia de medida e processamento dos dados tem suporte para ser aplicada a outras amostras*. Portanto, a metodologia desenvolvida pode, por exemplo, ser um meio complementar de diagnóstico da claudicação ou no estudo do comportamento angular da articulação metatarsofalângica.

Normalmente, a avaliação da claudicação depende da identificação visual, em relação ao 'normal' da assimetria de algumas características do movimento durante o passo e o trote. A avaliação clínica no dia a dia depende essencialmente da experiência profissional e se possível, em dados de referência para a população em avaliação.

Se for considerado importante - para análise das características da locomoção do cavalo - que os ângulos do boleto do lado direito e do lado esquerdo devem ter os mesmos

comportamentos angulares estamos à procura da ‘simetria’ desses comportamentos. No entanto, raramente os valores são perfeitamente iguais durante os ciclos da locomoção ou em instantes precisos de fases da mesma locomoção. Avaliar o grau de simetria corresponde a encontrar a assimetria (ASI) do comportamento angular. Apenas há ‘simetria’ no caso de a assimetria ser ‘zero’.

A assimetria (ASI) pode ser avaliada de dois modos:

a) No mesmo cavalo os ângulos ‘DIR’ e ‘ESQ’ são avaliados entre si e de modo independente de qualquer ‘amostra de controlo’;

b) No mesmo cavalo a ASI ‘DIR/ESQ’ é associada a uma medida relativa com os valores mais frequentes ou limites que tenham sido encontrados para a ‘amostra de controlo’. O resultado da avaliação vai depender da definição do conhecimento médico e de uma escala de valores de referência ou ‘ASI de referência’ para cavalos que –diagnosticados com lesões – têm de ser avaliados antes e depois de sessões terapêuticas.

Por exemplo, um cavalo evolui de 10% de ASI antes do tratamento para uma ASI de 3%. Esta evolução de 7% é uma evolução da ASI ‘pequena’, ‘média’ ou ‘grande’? Depende do modo de avaliar: Se a avaliação depende apenas do critério clínico em relação ‘aquele’ cavalo; ou, se a avaliação depende do mesmo critério clínico associado à existência de uma base de dados de uma ‘amostra de controlo’.

No primeiro caso, ‘a avaliação depende apenas do critério clínico e baseia-se num conhecimento de Medicina Veterinária muito especializado. No segundo caso o critério clínico é associado aos valores de uma base de dados. Neste segundo caso a avaliação da ASI associa o conhecimento médico especializado a valores mais frequentes ou limites que tenham sido encontrados para a ‘amostra de controlo’. Por exemplo, se os limites dos valores da ‘ASI de referência’ se situam entre 0% e 6% - com uma margem de segurança de 95% - para cavalos sem patologias e de uma amostra que engloba cavalos de diversas raças, idades, lesões anteriores, etc., o médico veterinário pode basear-se na sua avaliação e acrescentar a informação de que o cavalo antes do tratamento estava ‘fora’ dos valores de referência (tinha antes do tratamento 10% de ASI) e que depois do tratamento estava ‘dentro’ dos valores de referência.

5.2.1) A metodologia para verificar a consistência da distribuição dos valores do ‘Índice de Assimetria (ASI)’ baseia-se na comparação dos dados associados aos **91 ‘pares’ DIR/ESQ** que constituem a ‘amostra de controlo’ com a ‘distribuição gaussiana’. Como acima se assinala, apenas há ‘simetria’ no caso da assimetria ser ‘zero’. Neste trabalho, o cálculo da

(ASI) - em ângulos associados aos ciclos da locomoção - são quantificados pela ‘adaptação datradicional’ equação de Nigg [6] e colaboradores:

$$ASI = ((Xi\ DIR - Xi\ ESQ) / (1/2 * (Xi\ DIR + Xi\ ESQ))* 100\% \qquad (2)$$

5.2.2) A distribuição das frequências dos valores de ASI da ‘amostra de controlo’ foi estudada com base na distribuição ‘Z’ conforme tabela 7 e gráfico 7.

Tabela 7 – Distribuição de Si da ‘amostra de controlo’

desv pad	´-4δ	´-3δ	´-2δ	´-1δ	´1δ	´2δ	´3δ	´4δ	
n casos	0	0	15	34	29	11	1	1	91
%	0,0	0,0	16,5	37,4	31,9	12,1	1,1	1,1	100,0

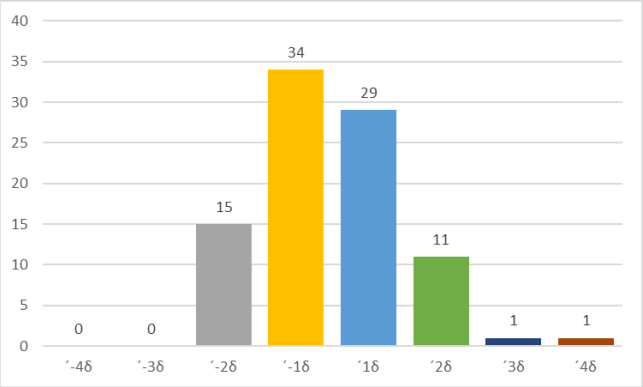


Gráfico 7 – Distribuição de Si da ‘amostra de controlo’.

Tal como na distribuição das frequências dos valores dos ângulos, também para os valores de ASI se regista uma acentuada concentração de valores nos intervalos [‘-2δ’, a ‘+2δ’].

No Anexo III registam-se todos os valores ASI. No intervalo [‘-2δ’, a ‘+2δ’] os valores ASI correspondem a um intervalo de [-12,35 % a 12,00 %]. Este intervalo tem de ser dividido em 3 zonas:

1) DIR<ESQ: [(-2δ) e (-1δ)]; ASI [-12,35% a 0,96%]; n= 44 (48,4%) e $\bar{x} \pm \delta$ = -5,31 ± 3,05

2) DIR = ESQ: n= 5 (5,5%)

[6] Herzog, W., Nigg, B. M., Read, L. J., & Olsson, E. (1989). Asymmetries in ground reaction force patterns in normal human gait. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *21*(1), 110–114. https://doi.org/10.1249/00005768-198902000-00020… *“The upper and lower limits of normal gait were calculated such that 95% of all symmetry indices obtained from this subject population fell within these limits. Upper and lower limits were found to vary from ±4% to over ±13,000%. Extremely high percentages were found for variables which had absolute magnitudes close to zero and/or variables which occurred at distinctly different instants during the gait cycle. The results of these variables need to be interpreted with caution.”*

3) DIR>ESQ: [(+1δ) e (+2δ)]; ASI [0,98% a 12,00%]; n= 40 (44,0%) e $\bar{x} \pm \delta$ = -5,08 ± 3,13

Observa-se que não há uma tendência predominante de DIR ou ESQ. Os módulos dos valores de ASI são muito semelhantes (aproximadamente de 1% a 12%) e $\bar{x} \pm \delta$ também são semelhantes Os resultados também apontam para os limites em que o ASI pode ser representativo da $\bar{x} \pm \delta$ da 'amostra de controlo'. A concentração de resultados em ['-2δ', a '+2δ'] é demonstração da capacidade da metodologia usada, mas, como veremos em 5.2.4, não corresponde a uma distribuição gaussiana.

5.2.3) Para as mesmas amostras que no número anterior, foi determinada a diferença de percentagens ('≠ %') entre a distribuição prevista na '% distribuição gaussiana' e a distribuição da nossa '% amostra de controlo'. A tabela 6 e a figura 8 esquematizam as diferenças percentuais.

Tabela 8 – Distribuições percentuais de SI da 'amostra de controlo' e gaussiana.

desv pad	´-4δ	´-3δ	´-2δ	´-1δ	´1δ	´2δ	´3δ	´4δ
% população de controlo	0,0	0,0	16,5	37,4	31,9	12,1	1,1	1,1
% distribuição gaussiana	0,1	2,1	13,6	34,1	34,1	13,6	2,1	0,1
% distribuição gaussiana	-0,1	-2,1	2,9	3,3	-2,2	-1,5	-1,0	1,0

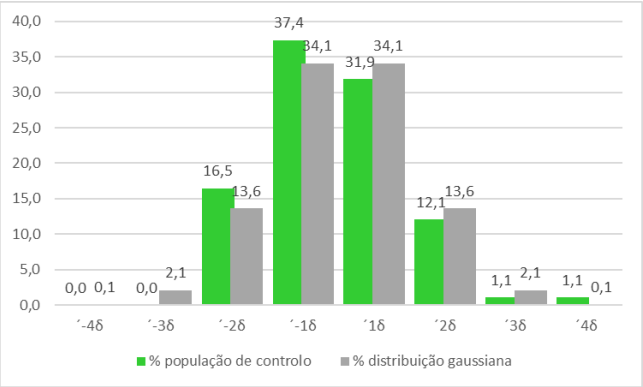


Gráfico 8 – Distribuições percentuais de SI da 'amostra de controlo' e gaussiana.

Tal como nos casos anteriores a distribuição concentra-se no intervalo ['-2δ', a '+2δ'] da '% amostra de controlo' confirmando a consistência dos resultados de 2.2).

5.2.4) Para avaliar a tendência de normalidade também foi usado o teste estatístico Kolmogorov-Smirnov[7]. De acordo com o cálculo de D (ver em 1.4) o valor calculado foi de D=

[7] Baseado em: https://www.socscistatistics.com/tests/kolmogorov/default.aspx

0,24377 e a probabilidade *p* <0,00001. O resultado do teste K-S dá uma significativa evidência de que os dados não são normalmente distribuídos.

Este teste K-S vem salientar que a concentração de dados no intervalo ['-2δ', a '+2δ'] não é uma distribuição normal. A concentração dos valores angulares demonstra fiabilidade e consistência da metodologia usada.

5.2.5) Tal como em 5.1.10) é importante realçar que a consistência de resultados evidencia que a metodologia desenvolvida para medida e processamento dos dados tem fiabilidade e consistência para ser usada como referencial de trabalho e que:

*) A metodologia desenvolvida pode ser considerada válida para constituição de uma base de dados conducente de uma 'amostra de controlo' para referência futura.

*) A validade da metodologia de medida e processamento dos dados dá suporte para que seja aplicada a outras amostras.

6) Resultados

Foram filmados 22 cavalos sendo que 3 dos cavalos pertencentes ao grupo de controlo foram excluídos devido a insuficiente número de passadas necessárias (5) para a realização da média e posterior cálculo do índice de assimetria. Os resultados foram obtidos através do cálculo das médias do lado esquerdo (Xi ESQ) e do lado direito (Xi DIR), após obtenção das médias foi calculado o índice de assimetria (ASI) de cada cavalo. Nas tabelas apresentadas com os valores dos índices de assimetria os resultados negativos significam que a média dos ângulos do boleto do lado esquerdo é superior à média dos ângulos do boleto do lado direito, sendo que as variações positivas representam o inverso.

6.1) Amostra de controlo

Na amostra controlo foram usados cavalos entre os 4 e os 19 anos ($\bar{x}$= 9,6 e δ=4,6), de diversas modalidades das quais dressage, raides, saltos de obstáculos e lazer, e de raças Puro Sangue Lusitano (PSL), Hanoveriano, Puro Sangue Árabe (PSA) e Cruzado Português (Tabela 9).

Tabela 9 – Caracterização da amostra de controlo

Cavalos Controlo	Idade	Modalidade	Raça
1	4	Dressage	PSL
2	12	Dressage	PSL
3	8	Dressage	Hanoveriano
4	4	Dressage	PSL
5	8	Raides	PSA
6	5	Dressage	PSL
7	12	Raides	PSA
8	13	Dressage	Cruzado Português
9	18	Lazer	Cruzado Português
10	5	Dressage	PSL
11	9	Dressage	PSL
12	8	Dressage	PSL
13	9	Dressage	PSL
14	19	Lazer	PSL

6.1.1 Passo

No grupo de cavalos controlo, no passo, foi possível visualizar que os valores do índice de assimetria não são muito dispares, sendo que variam de 0,1%, o que indica uma simetria quase perfeita, a valores de 4,6%. Na sua grande maioria os valores deste grupo rondaram os 3% de assimetria, sendo os outros valores todos abaixo à exceção do 4,6% do cavalo 11. É também possível verificar que maioritariamente os animais apresentaram valores superiores na média dos ângulos do boleto do lado direito comparativamente ao lado esquerdo. A média dos ângulos do boleto dos animais controlo a passo variou de 92 graus a 119 graus (Tabela 10).

Tabela 10 – Resultados do passo dos cavalos controlo.

Cavalo Controlo	Xi DIR	Xi ESQ	ASI
1	101,4	100,4	1,0%
2	111,8	111,8	0,1%
3	107,2	105,2	1,9%
4	115,6	113,2	2,1%
5	100,4	104,4	-3,9%
6	96,2	92,6	3,8%
7	95,8	92,6	3,4%
8	92,2	95,6	-3,6%
9	118,8	115,6	2,7%
10	106,2	110,4	-3,9%
11	119,0	113,6	4,6%
12	111,4	107,8	3,3%
13	110,0	109,2	0,7%
14	112,6	109,4	2,9%

6.1.2 Trote

No grupo de cavalos controlo, no trote, foi possível verificar que os valores do índice de assimetria se apresentaram um pouco mais elevados do que a passo, variando de 0,2% a 6,0%. As médias dos ângulos do boleto a trote foram mais baixas que as médias dos ângulos a passo, variando de 84 graus a 104,8 graus (Tabela 11).

Tabela 11 – Resultados do trote dos cavalos controlo.

Cavalo Controlo	Xi DIR	Xi ESQ	ASI
1	92,0	92,2	-0,2%
2	100,8	102,6	-1,8%
3	95,8	93,2	2,8%
4	104,8	99,6	5,1%
5	84,0	87,6	-4,2%
6	84,0	87,6	-4,2%
7	84,6	89,2	-5,3%
8	79,8	80,8	-1,2%
9	103,4	97,4	6,0%
10	90,0	94,2	-4,6%
11	101,8	101,4	0,4%
12	90,8	92,4	-1,7%
13	95,6	101,2	-5,7%
14	99,8	96,8	3,1%

6.2) Cavalos em estudo

Na amostra de cavalos em estudo foram usados cavalos com idade compreendida entre os 8 e os 14 anos ($\bar{x}$= 9,8 e δ=2,2), das disciplinas de dressage, raides e saltos de obstáculos, e das raças Hanoveriano, Puro Sangue Árabe e Cruzado Português (Tabela 12). Apesar de serem apresentados 7 resultados apenas 5 cavalos foram objeto de estudo. Neste grupo foram estudados 2 cavalos antes e depois de tratamento/bloqueio anestésico.

Tabela 12 – Caracterização da amostra em estudo

Cavalo em estudo	Idade	Modalidade	Raça
Cavalo 1	8	Dressage	Hanoveriano
Cavalo 2	14	Obstáculos	Cruzado Português
Cavalo 3	8	Raides	PSA
Cavalo 4	10	Obstáculos	Cruzado Português
Cavalo 5	9	Obstáculos	Hanoveriano

6.2.1 Passo

A passo, no cavalo 1 observou-se um aumento do índice de assimetria de antes do tratamento (-1,7%) para depois do tratamento (-2,8%). O cavalo 3 apresentou uma diminuição do índice de assimetria da filmagem antes do bloqueio (-5,6%) para depois do bloqueio (-0,7%). Os cavalos 2, 4, 5 apresentaram um índice de assimetria de 7,2%, -4,4% e 1,8%, respetivamente (Tabela 13).

Tabela 13 – Resultados do passo dos cavalos em estudo.

Cavalo	Xi DIR	Xi ESQ	ASI
Cavalo 1 - Antes do Tratamento	94,8	96,4	-1,7%
Cavalo 1 - Depois do Tratamento	97,0	99,8	-2,8%
Cavalo 2	101,0	94,0	7,2%
Cavalo 3 - Antes do bloqueio	97,2	102,8	-5,6%
Cavalo 3 - Depois do bloqueio	108,4	109,2	-0,7%
Cavalo 4	116,0	121,3	-4,4%
Cavalo 5	109,6	107,6	1,8%

6.2.2 Trote

A trote, no cavalo 1 observou-se uma diminuição do índice de assimetria de antes do tratamento (-6,4%) para depois do tratamento (-4,9%). O cavalo 3 apresentou uma diminuição do índice de assimetria da filmagem antes do bloqueio (-5,2%) para depois do bloqueio (1,5%) tendo alterado ainda de negativo para positivo. Os cavalos 2, 4, 5 apresentaram um índice de assimetria de 2,6%, 0,6% e -0,4%, respetivamente (tabela 14).

Tabela 14 – Resultados do trote dos cavalos em estudo.

Cavalo	Xi DIR	Xi ESQ	ASI
Cavalo 1 - Antes do Tratamento	81,8	87,2	-6,4%
Cavalo 1 - Depois do Tratamento	80,4	84,4	-4,9%
Cavalo 2	87,0	84,8	2,6%
Cavalo 3 - Antes do bloqueio	86,2	90,8	-5,2%
Cavalo 3 - Depois do bloqueio	92,8	91,4	1,5%
Cavalo 4	96,4	95,8	0,6%
Cavalo 5	102,4	102,8	-0,4%

6.2.3 Análise individualizada

Cavalo 1:

Neste cavalo tivemos a possibilidade de gravar o antes e depois do tratamento. Este foi diagnosticado com desmite proximal do ligamento suspensor do boleto do membro posterior esquerdo. Nos resultados obtidos foi possível observar no passo uma mudança inesperada do aumento do ASI, passando de -1,7% para -2,8%. Enquanto que no trote houve uma melhoria do ASI de -6,4% para -4,9%. A melhoria do índice de assimetria a trote foi consistente com a melhoria observada pelo clínico no animal.

Cavalo 2:

Neste caso o animal apresentava um diagnóstico fechado de desmite do ligamento suspensor do boleto no membro posterior direito, realizado há 1 ano. No dia das filmagens a claudicação era do mesmo membro da anterior desmite sendo o índice de assimetria de 7,2% a passo e de 2,6% a trote.

Cavalo 3:

O cavalo 3 apresentou-se com uma claudicação evidente do membro posterior esquerdo que foi diagnosticada como desmite proximal do ligamento suspensor do boleto através de exames ecográficos, radiográficos e bloqueios anestésicos. As filmagens antes do bloqueio (1ª filmagens) demonstraram uma ASI de -5,6% no passo e de -5,2% no trote.Após o bloqueio anestésico na origem do ligamento suspensor do boleto apresentou valores de -0,7% a passo e de 1,5% a trote. A melhoria foi significativa (+ de 75%) aos olhos do clínico assim como nos valores do índice de assimetria.

Cavalo 4:

Este cavalo apresentou uma claudicação do membro posterior esquerdo que após exames ecográficos, radiográficos e bloqueios anestésicos foi diagnosticado com desmite proximal do ligamento suspensor do boleto. Este foi tratado 12 dias antes da realização das filmagens para o estudo. No dia das filmagens o cavalo apresentava uma melhoria significativa aos olhos do clínico, tendo resultados de ASI de -4,4% a passo e de 0,6% a trote.

Cavalo 5:

Neste caso foi analisado um animal que tinha sido tratado a uma desmite do ligamento suspensor do membro posterior esquerdo há alguns meses. No dia das filmagens o cavalo não apresentava claudicação tendo resultados do índice de assimetria de 1,8% a passo e de -0,4% a trote.

7) Discussão

Este estudo teve como objetivo a análise quantitativa, através da análise cinemática angular, das alterações no aparelho suspensor da articulação metatarsofalângica de cavalos com e sem desmite do ligamento suspensor do boleto. Várias questões foram colocadas no início do estudo com o objetivo de serem respondidas no final.

A primeira questão colocada foi relativa ao nosso método de análise. Será um método fiável para a análise pretendida? De acordo com o nosso estudo este método é fiável para a obtenção de ângulos da articulação metatarsofalângica. Foi necessário confirmar a viabilidade dos resultados, pois foi um método adotado por nós e que, no melhor do nosso conhecimento, não foi utilizado em mais nenhum estudo de análise cinemática, como vamos discutir nos pontos seguintes.

Passando à segunda questão: qual o ângulo da articulação metatarsofalângica na 'stance phase' da fase de apoio? Este só se aplica a cavalos que se encontrem em movimento e, neste caso, em dois andamentos, passo e trote.

Relativamente aos ângulos da articulação metatarsofalângica, já existem alguns estudos com o propósito da avaliação dos ângulos desta articulação, sendo que a maioria deles foram realizados com animais em estação e não em movimento. Percorrendo um pouco pelos estudos com animais em estação, a técnica mais utilizada para a medição do ângulo do boleto foi o goniómetro, mas apesar de 3 dos estudos utilizarem o mesmo método os seus resultados não apresentaram valores similares. Em Adair et al. (2016) foram realizadas medições a dezassete cavalos sedados através do uso do goniómetro, assim como, medições realizadas por radiografias. Neste estudo foram medidos ainda o ângulo em flexão e o ângulo em extensão, e comparados os valores entre o goniómetro e as radiografias. Os valores deste estudo com o goniómetro foram: ângulo em flexão 95º ± 5 e o ângulo em extensão 206º ± 7, estes não variaram muito comparativamente aos valores das radiografias onde o ângulo em flexão foi de 97º ± 6 e o ângulo em extensão foi 205º ± 4.

Já noutro estudo realizado por Lage et al. (2009) com cento e sessenta e nove cavalos de raça Mangalarga Marchador e utilizando também um goniómetro, os resultados foram de ângulo máximo 171º, ângulo mínimo 60º e ângulo médio de 153º ± 10. O terceiro estudo, Ramires et al. (2013), que utilizou goniómetro para a medição da articulação metatarsofalângica foi realizado em cinquenta e quatro cavalos da raça Quarto de milha. Neste apenas foi medido um ângulo (com o cavalo em estação) mas fizeram distinção entre sexo, as fêmeas apresentaram um ângulo em estação de 141º ± 6 e os machos de 140º ± 9.

Apesar de interessantes, os estudos realizados para a análise da articulação do boleto em estação, não nos conseguem fornecer a informação que um estudo em movimento consegue, assim, a comparação com os nossos resultados será realizada com estudos

exclusivamente em movimento: Back et al (1996a) tentaram descrever através do seu estudo a amplitude que o ângulo do boleto realiza a passo e a trote, conseguindo chegar a valores de 71,4º ± 9 para a amplitude do movimento a passo e de 85º ± 7,7 para a amplitude de movimento a trote. Passados 2 anos, em 1998, Morales et al. continuaram o estudo da análise cinemática do boleto em vinte e oito cavalos de raça espanhola onde os ângulos foram calculados através de marcadores, filmagens a 25 fps e análise por SMVD v1 Windows application. Os cavalos foram divididos em dois grupos e analisados a trote. No grupo 1 ângulo máximo foi de 231,8º ± 3,7, o ângulo mínimo de 116,3º ± 9,3 e a amplitude de 115,5º ± 10,7. Já no grupo 2 o ângulo máximo foi de 235,5º ± 5,5, o ângulo mínimo de 117,7º ± 9,7 e a amplitude de 117,8º ± 11. O nosso objetivo não se baseava na amplitude do movimento por si só, mas sim no ângulo que o boleto realiza durante o instante de maior apoio. Comparando brevemente com os resultados obtidos que se encontram indicados na tabela 10 para o passo e na tabela 11 para o trote, o valor mínimo do ângulo variou de 92,2º a 119º a passo e de 80,8º a 104, 8º a trote, abaixo dos valores obtidos pelo estudo de Morales et al., em virtude do metodologia utilizada.

Em todos os cavalos patológicos foi possível confirmar o que já estava descrito na literatura relativamente à carga suportada por cada um dos membros: Segundo Ross (2011) no boleto do membro saudável ocorre maior extensão de forma a poupar o membro lesionado, nos cavalos estudados com desmite no membro posterior esquerdo apresentaram maiores ângulos no membro esquerdo e menores no membro direito, o que significa que o membro com a lesão obteve menos extensão. O mesmo aconteceu no cavalo com desmite do membro posterior direito. Contudo, a comparação de ângulos isoladamente não nos fornece a informação desejada para este estudo, considerando que a variabilidade de animais estudados foi demasiado grande para conseguirmos obter um valor padrão, além de não procurarmos um valor específico para o ângulo do boleto, mas sim a assimetria dentro do próprio animal.

Desta forma, passamos à terceira questão: Qual a assimetria normal da articulação metatarsofalângica? Conseguimos obter um intervalo padrão para a assimetria normal?

Já foram realizados diversos estudos sobre assimetria do movimento em equinos, mas, no melhor do nosso conhecimento, não há estudos que investiguem a assimetria do comportamento angular da articulação em estudo durante a locomoção dos cavalos e muito menos da assimetria que pode ser considerada normal em cavalos saudáveis. Os estudos existentes relativos às assimetrias do movimento baseiam-se, principalmente, nos movimentos do pescoço e da garupa como é o caso de Rhodin et al (2018) e de Pfau et al (2015) que utilizaram cavalos de pólo com o objetivo de investigar a associação entre a assimetria do movimento da cabeça, ancas e pélvis em cavalos com claudicação, e quantificar

a simetria do movimento e de claudicação, respetivamente. Kallerud et al (2020) tentaram também quantificar objetivamente a assimetria do movimento em 'Standardbred trotters' utilizando sensores de movimento na cabeça, pélvis e membro anterior direito. Ao comparar os métodos utilizados para as medições dos estudos acima referidos foi possível retirar que uma parte desses estudos utilizam aparelhos de cinética designados de 'inertial measurement units' (IMUs), que são constituídos por acelerómetros, giroscópios e, por vezes, magnetómetros. E aqueles que utilizam aparelhos de análise cinemática são estudos tridimensionais. Posto isto, nenhum destes estudos se assemelha ao realizado, tendo em conta que foi utilizada análise cinemática bidimensional.

Não tendo nenhum valor de referência em bibliografia anterior foi colocada uma hipótese: a possibilidade de que se os limites dos valores da 'ASI de referência' se situassem entre 0% e 6% - com uma margem de segurança de 95% para cavalos sem patologias, o médico veterinário poderia basear-se na sua avaliação e acrescentar a informação de que o cavalo antes do tratamento estava 'fora' dos valores de referência (ex: tinha antes do tratamento 10% de ASI) e que depois do tratamento estava 'dentro' dos valores de referência. A hipótese colocada não foi observada, os limites dos valores de referência do índice de assimetria de facto situaram-se entre os 0% e os 6%, mas os valores dos cavalos em estudo, no geral, não ficaram fora desse intervalo, como é possível observar nas tabelas 10 e 11 dos animais controlo e nas tabelas 13 e 14 dos animais em estudo. Porém, foi possível verificar uma melhoria do ASI nos cavalos 1 e 3 do grupo em estudo, uma vez que estes foram gravados antes e depois do tratamento/bloqueio anestésico e apresentaram uma melhoria do índice de assimetria de 3,6% a trote e de 4,9% a passo no cavalo 3 e de 1,5% a trote para o cavalo 1, neste cavalo houve ainda um agravamento do ASI no passo após o tratamento, este foi inesperado mas com o número reduzido de casos em estudo não conseguimos enquadrar esse resultado numa justificação. Relativamente aos cavalos 4 e 5 não eram expectáveis grandes alterações no ASI visto que estes animais, aquando a sua gravação, já haviam sido tratados para a patologia estudada, porém, a sua análise teve como intuito testar se após tratamentos os animais ainda apresentam alterações angulares ou não, nestes dois cavalos foi possível verificar ASI de baixos valores, 0,6% e 0,4% no trote e 4,4% e 1,8% no passo, valores inferiores a resultados obtidos no grupo controlo.

A verdade é que não nos é possível fazer uma comparação direta com resultados de outros estudos já realizados, uma vez que, no melhor do nosso conhecimento, não há estudos que tenham utilizado a mesma metodologia e tivessem exatamente o mesmo objetivo que este.

Apesar deste método conseguir reunir várias componentes, como os ângulos e as assimetrias, e poder ser utilizado como ferramenta futura para outros estudos e investigações,

também apresentou algumas limitações durante o decorrer do projeto, nomeadamente: 1) fatores climáticos, 2) a condição em que se encontravam os animais quer de maneio quer de higiene e 3) os programas gratuitos utilizados:

1 - Em dias de tempo chuvoso, onde o céu se encontrava nublado, havia menos luz natural fazendo com que as filmagens perdessem definição. Para esta situação conseguimos adaptar-nos utilizando uma definição de imagem superior e aumentando a luminosidade onde fosse possível.

2 – A colocação de marcadores tornou-se uma tarefa mais complicada de efetuar nos posteriores de animais mais jovens e/ou com menos maneio. Neste caso, o problema colocado foi o tempo necessário para a colocação dos marcadores ser superior a outros cavalos e a menor segurança dos investigadores. Contudo, foi possível a colocação dos marcadores e a realização das filmagens em todos os cavalos.

A difícil colocação de marcadores em animais com o pelo muito comprido e/ou sujo. Foi necessário limpar o animal o melhor possível antes da colocação dos marcadores e por vezes foi necessário reiniciar as filmagens devido à queda de um marcador.

3 - De facto, a possibilidade de conseguir desenvolver um método de análise objetivo com ferramentas disponíveis a todos é o ideal, mas esses programas, apesar de gratuitos, têm eles próprios algumas limitações. Limitações que foram sentidas no decorrer do projeto, no programa kinovea: o mínimo para conseguirmos uma sequência de imagens sempre com o mesmo tempo de intervalo é de 50ms, o que por vezes demonstrou ser um intervalo entre imagens ainda demasiado longo.

Este é um novo método de análise cinemática de baixo custo, realização simples e de fácil leitura de resultados, que, no futuro, poderá ser utilizado para a realização de novos estudos, quer com animais saudáveis quer com animais com determinadas patologias, assim como, uma possível ferramenta de diagnóstico e com o potencial de realização de uma tabela de prognóstico.

Tal como o Professor Derek Knotterbelt expressou durante a abertura do congresso BEVA em 2017: “A tecnologia não vai substituir os veterinários… Mas os veterinários que usam tecnologia de forma lógica e cuidadosa irão substituir aqueles que não.”.

8. Conclusão

Concluiu-se com este estudo que o método utilizado tem a capacidade de adquirir resultados para análise cinemática, bem como, análise da articulação metatarsofalângica relativamente à obtenção de ângulos. Quanto aos ângulos obtidos não é possível estabelecer nenhum parâmetro devido à variabilidade de animais estudados. Relativamente ao índice de assimetria, embora os resultados do grupo controlo não tenham correspondido à hipótese colocada e não tenha sido possível utilizá-los como parâmetros controlo, conseguimos observar melhorias no índice de assimetria dos animais que foram filmados antes e depois do tratamento/bloqueios anestésicos.

Contudo são necessários mais estudos para a construção de uma base de dados que dê suporte a este método, assim como averiguar o seu potencial para futura aplicabilidade no diagnóstico e prognóstico de patologias.

Bibliografia

Abrantes, J. (2019). Fundamentos e Elementos de Análise em Biomecânica do Movimento Humano. Edição MovLab: https://movlab.ulusofona.pt/lista-de-publicacoes/

Adair, H., Levine, D., & Marcellin-Little, D. (2016). Validity and repeatability of goniometry in normal horses. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, *29*(04), 314–319. https://doi.org/10.3415/vcot-15-11-0182

Adrian, M., Grant, B., Ratzlaff, M., et al., (1977). Electrogoniometric analysis of equine metacarpophalangeal joint lameness. Am. J. Vet. Res. 38, 431–435.

Anderson, J. (2019). An overview of proximal suspensory ligament desmitis. *UK-Vet Equine*, *3*(5), 175–181. https://doi.org/10.12968/ukve.2019.3.5.175

Back & Pille, 2013 (pagina 38 – articulação metacarpo/tarsofalangica) Back, W., & Pille, F. (2013). The role of the hoof and shoeing. In W. Back & H. M. Clayton (Eds.), *Equine Locomotion* (2nd ed., pp. 147–174). Saunders Ltd.

Back, W., Barneveld, A., van Weeren, P.R., et al., (1993). Kinematic gait analysis in equine carpal lameness. Acta Anat. Suppl. 146, 86–89.

Back, W., Barneveld, A., Bruin, G., et al., (1994). Kinematic detection of superior gait quality in young trotting warmbloods. Vet. Q. 16, 91–96

Back, W., Schamhardt, H., & Barneveld, A. (1996a). Are kinematics of the walk related to the locomotion of a warmblood horse at the trot? *Veterinary Quarterly*, *18*(2), 79–84. https://doi.org/10.1080/01652176.1996.9694699

Back, W., Schamhardt, H. C., & Barneveld, A. (1996b). The influence of conformation on fore and hind limb kinematics of the trotting Dutch Warmblood horse. *Pferdeheilkunde*, *12*(4), 647–650. https://doi.org/10.21836/PEM19960462

Barone, R. (1980). *Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques, T. 2: Arthrologie et Myologie* (2ª edição). Vigot. Paris, pp 187-217

Barone, R. (1986). *Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques, T. 1: Ostéologie* (3ª edição). Vigot. Paris. p296

Bassage, L.H. and Ross, M.W. (2011) Diagnostic analgesia. In: Diagnosis and Management of Lameness in the Horse, 2nd edn., Eds: M.W. Ross and S.J. Dyson, Elsevier Saunders, St Louis. pp 100-135.

Baxter, G. M. (2011a). Functional Anatomy of the Equine Musculoskeletal System. In G. M. Baxter (Ed.), *Manual of Equine Lameness* (1st ed., pp. 32–35). Wiley-Blackwell.

Baxter, G. M. (2011b). Assessment of the Lame Horse. In G. M. Baxter (Ed.), *Manual of Equine Lameness* (1st ed., pp. 83–143). Wiley-Blackwell.

Baxter, G. M. (2011c). Common Conditions of the Forelimb: Suspensory Ligament Desmitis. In G. M. Baxter (Ed.), *Manual of Equine Lameness* (1st ed., pp. 308–311). Wiley-Blackwell.

Benjamin, M., Kaiser, E., & Milz, S. (2008). Structure-function relationships in tendons: a review. *Journal of Anatomy*, *212*(3), 211–228. https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2008.00864.x

Bertone, A. L. (2014). Distal limb: fetlock and pastern. In K. W. Hinchcliff, A. J. Kaneps, & R. J. Geor (Eds.), *Equine Sports Medicine and Surgery* (2nd ed., pp. 275–296). Saunders Ltd. https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4771-8.00015-6

Bischofberger AS, Konar M, Ohlerth S, Geyer H, Lang J, Ueltschi G, Lischer CJ (2006). *Magnetic Resonance Imaging, Ultrasonography and Histology of the Suspensory Ligament Origin: a Comparative Study of Normal Anatomy of Warmblood Horses*. Equine Veterinary Journal 38(6), 508-516

Bland, M. (2015). *An Introduction to Medical Statistics* (4th ed., pp. 427). Oxford University Press, Oxford.

Brokken M., Rucker, R. & Murray, R. (2011). *'Chapter 14 – The Metacarpal/metatarsal Region'* in Murray, R.C (Ed) Equine MRI, Wiley-Blackwell, 1º Ed, 362-373

Brokken, M. T., Schneider, R. K., Sampson, S. N., Tucker, R. L., Gavin, P. R., & Ho, C. P. (2007). Magnetic resonance imaging features of proximal metacarpal and metatarsal injuries in the horse. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *48*(6), 507–517. https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2007.00288.x

Buchner, H. H. F. (2013). Gait adaptation in lameness. In W. Back & H. M. Clayton (Eds.), *Equine Locomotion* (2nd ed., pp. 175–194). Saunders Ltd.

Buchner, H.H.F., Savelberg, H.H.C.M., Schamhardt, H.C., et al., (1996a). Limb movement adaptations in horses with experimentally induced fore or hind limb lameness. Equine Vet. J. 28, 63–70.

Butcher, M. T., & Ashley-Ross, M. (2002). Fetlock joint kinematics differ with age in thoroughbred racehorses. *Journal of Biomechanics*, *35*(5), 563–571. https://doi.org/10.1016/s0021-9290(01)00223-8

Butler, J. A., Colles, C. M., Dyson, S. J., Kold, S. E., & Poulos, P. W. (2017). *Clinical radiology of the horse*. John Wiley & Sons.

Camp, C. L., & Smith, N. (1942). *Phylogeny and Functions of the Digital Ligaments of the Horse* (2nd ed., Vol. 13, pp. 69-124). University of California Press.

Clayton, H. M. & Schamhardt, H. C. (2013). Measurement techniques for gait analysis. In W. Back & H. M. Clayton (Eds.), *Equine Locomotion* (2nd ed., pp. 31–55). Saunders Ltd.

Clayton, H. M. (2004). *The Dinamic Horse: A Biomechanical Guide to Equine Movement and Performance*. Sport Horse Publications. Mason

Clayton, H. M., Chateau, H., & Back, W. (2013). Forelimb function. In W. Back & H. Clayton (Eds.), *Equine Locomotion* (2nd ed., pp. 99–122). Saunders Ltd.

Clayton, H. M., Sha, D., Stick, J. & Elvin, N. (2007). 3D kinematics of the equine metacarpophalangeal joint at walk and trot. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, *02*(02), 86–91. https://doi.org/10.1160/vcot-07-01-0011

Crass, J. R., Genovese, R. L., Render, J. A., & Bellon, E. M. (1992). Magnetic resonance, ultrasound and histopathologic correlation of acute and healing equine tendon injuries. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, *33*(4), 206-216.

Crowe, O. M., Dyson, S. J., Wright, I. M., Schramme, M. C., & Smith, R. K. W. (2004). *Treatment of chronic or recurrent proximal suspensory desmitis using radial pressure wave therapy in the horse*. Equine veterinary journal, 36(4), 313-316.

Dahlgren, L. A., van der Meulen, M. C. H., Bertram, J. E. A., Starrak, G. S., & Nixon, A. J. (2002). Insulin-like growth factor-I improves cellular and molecular aspects of healing in a collagenase-induced model of flexor tendinitis. *Journal of Orthopaedic Research*, *20*(5), 910–919. https://doi.org/10.1016/s0736-0266(02)00009-8

Denoix, J. M. (1987). *Étude biomécanique de la main du cheval : extensométrie des rayons métacarpo-phalangiens et surfaces articulaires de contact (sur membre isolé soumis à compression)*. Université Claude Bernard, Lyon I, p 565

Denoix, J. M. (1994). *Functional Anatomy of Tendons and Ligaments in the Distal Limbs (Manus and Pes). Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 10(2), 273–322.* doi:10.1016/s0749-0739(17)30358-9

Dyce, K.M., Sack, W.O., Wensing, C.J.G., 1996. The forelimb of the horse. In: Textbook of veterinary anatomy, second ed. W.B. Saunders, Philadelphia, pp. 573–609.

Dyson SJ (1995). Proximal Suspensory Desmitis in the Hindlimb. *Equine Veterinary Education* 7 (5), 275-278. https://doi.org/10.1111/j.2042-3292.1995.tb01245.x

Dyson, S. (1991). Proximal suspensory desmitis: clinical, ultrasonographic and radiographic features. *Equine veterinary journal*, *23*(1), 25-31.

Dyson, S. (1994). Proximal suspensory desmitis in the hindlimb: 42 cases. *British Veterinary Journal*, *150*(3), 279–291. https://doi.org/10.1016/s0007-1935(05)80008-9

Dyson, S. (2000). *Proximal Suspensory Desmitis in the Forelimb and the Hindlimb* (Vol. 46, Issues 137–142). Proceedings of the Annual convention of the AAEP 2000. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-577-2

Dyson, S. (2007). *Diagnosis and Management of Common Suspensory Lesions in the Forelimbs and Hindlimbs of Sport Horses. Clinical Techniques in Equine Practice, 6(3), 179–188.* doi:10.1053/j.ctep.2007.08.004

Dyson, S. (2018). Suspensory branch injuries in sports horses and racehorses. *UK-Vet Equine*, *2*(3), 90–96. https://doi.org/10.12968/ukve.2018.2.3.90

Dyson, S., & Genovese, R. L. (2011). The Suspensory Apparatus. In M. W. Ross & S. J. Dyson (Eds.), *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse* (2nd ed., pp. 738–754). Saunders.

Dyson, S., & Murray, R. (2011). Management of hindlimb proximal suspensory desmopathy by neurectomy of the deep branch of the lateral plantar nerve and plantar fasciotomy: 155 horses (2003–2008). *Equine Veterinary Journal*, *44*(3), 361–367. https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2011.00445.x

Dyson, S., Arthur, R. M., Palmer, S. E., & Richardson, D. (1995). *Suspensory Ligament Desmitis*. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, 11(2), 177–215. doi:10.1016/s0749-0739(17)30319-x

Elemmawy, Y. M., Senna, N. A., Abu-Seida, A. M., & Youssef, A. F. (2019). Suspensory Branch Desmitis in a Horse: Ultrasonography, Computed Tomography, Magnetic Resonance Imaging, and Gross Postmortem Findings. *Journal of equine veterinary science*, *80*, 49-55.

Fairburn, A. J., Busschers, E., & Barr, A. R. S. (2016). Subclinical ultrasonographic abnormalities of the suspensory ligament branches in National Hunt racehorses. *Equine Veterinary Journal*, *49*(4), 475–479. https://doi.org/10.1111/evj.12639

Ford, T. S., Ross, M. W., & Orsini, P. G. (1989). A Comparison of Methods for Proximal Palmar Metacarpal Analgesia in Horses. *Veterinary Surgery*, *18*(2), 146–150. https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.1989.tb01059.x

Fortier, L. (2010). Clinical Use of Stem Cells, Marrow Components, and Other Growth Factors. In *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse* (2nd ed., pp. 761–764). Saunders.

Fortier, L. A., & Smith, R. K. (2008). Regenerative Medicine for Tendinous and Ligamentous Injuries of Sport Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, *24*(1), 191–201. https://doi.org/10.1016/j.cveq.2007.11.002

Getty, R. (1975). Sisson e Grossman: Anatomia dos Animais Domésticos – 2 volumes. 5ª edição. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro

Gibson, K.T. & Steel, C.M. (2002). Tutorial Article - Conditions of the Suspensory Ligament Causing Lameness in Horses. Equine Veterinary Education 14(1), 39-50

Hassan, E. A., Jenkyn, T. R., & Dunning, C. E. (2007). Direct comparison of kinematic data collected using an electromagnetic tracking system versus a digital optical system. *Journal of Biomechanics*, *40*(4), 930–935. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2006.03.019

Herzog, W., Nigg, B. M., Read, L. J., & Olsson, E. (1989). Asymmetries in ground reaction force patterns in normal human gait. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *21*(1), 110–114. https://doi.org/10.1249/00005768-198902000-00020

Hewes, C. A., & White, N. A. (2006). *Outcome of desmoplasty and fasciotomy for desmitis involving the origin of the suspensory ligament in horses: 27 cases (1995–2004).* Journal of the American Veterinary Medical Association, 229(3), 407-412.

Hipp, J., & Atala, A. (2008). Sources of Stem Cells for Regenerative Medicine. *Stem Cell Reviews*, *4*(1), 3–11. https://doi.org/10.1007/s12015-008-9010-8

Jansen, M.O., Raaij, J.A.G.M., van Bogert, A.J., van den Schamhardt, H.C., Hartman, W. (1992). Quantitative analysis of computer-averaged electromyographic profiles of intrinsic limb muscles in ponies at the walk. *Am. J. Vet. Res*, *53(12),* 2343–2349.

Kainer RA & Fails AD (2011). 'Functional Anatomy of the Equine Musculoskeletal System' in Baxter GM, Adams and Stashack's Lameness in horses, 6ªEd, Wiley-Blackwell, 55-56, 77- 78

Kallerud, A. S., Fjordbakk, C. T., Hendrickson, E. H. S., Persson-Sjodin, E., Hammarberg, M., Rhodin, M., & Hernlund, E. (2020). Objectively measured movement asymmetry in yearling Standardbred trotters. *Equine Veterinary Journal*, *53*(3), 590–599. https://doi.org/10.1111/evj.13302

Kang, H. J., & Kang, E. S. (1999). Ideal concentration of growth factors in rabbit's flexor tendon culture. *Yonsei Medical Journal*, *40*(1), 26. https://doi.org/10.3349/ymj.1999.40.1.26

Kasashima, Y., Kuwano, A., Katayama, Y., Taura, Y., & Yoshihara, T. (2002). Magnetic resonance imaging application to live horse for diagnosis of tendinitis. *Journal of veterinary medical science*, *64*(7), 577-582.

Lacitignola, L., Rossella, S., Pasquale, D. L., & Crovace, A. (2020). Power Doppler to investigate superficial digital flexor tendinopathy in the horse. *Open Veterinary Journal*, *9*(4), 317. https://doi.org/10.4314/ovj.v9i4.7

Marchador. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, *61*(4), 968–979. https://doi.org/10.1590/s0102-09352009000400027Lage, M. C. G. R., Bergmann, J. A. G., Procópio, A. M., Pereira, J. C. C., & Biondini, J. (2009). Associação entre medidas lineares e angulares de equinos da raça Mangalarga

Leach, D.H., 1983. Biomechanical considerations in raising and lowering the heel. In *Proceedings of the Annual Convention Am. Assoc. Equine Practice* 28, 333–342.

Lischer, C. J., Ringer, S. K., Schnewlin, M., Imboden, I., Fürst, A., Stöckli, M., & Auer, J. (2006). *Treatment of chronic proximal suspensory desmitis in horses using focused electrohydraulic shockwave therapy*. Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 148(10), 561-568.

Marneris, D., & Dyson, S. J. (2014). Clinical features, diagnostic imaging findings and concurrent injuries in 71 sports horses with suspensory branch injuries. *Equine Veterinary Education*, *26*(6), 312–321. https://doi.org/10.1111/eve.12175

McCarroll, G.D. (1999). The use of extracorporal shock wave lithotripsy for treatment of distal tarsal arthropathies of the horse, in *Proceedings of the 18th Annual Assoc Equine Sports Medicine*;40–41

McClure, S.R., VanSickle, D., White, M.R. (2000) Extracorporeal shock wave therapy: what is it? What does it do to equine bone?, in *Proceedings of the 46th Annual Am Assoc Equine Practice;*197– 199

McClure, S., VanSickle, D., Evans, R., Reinertson, E., & Moran, L. (2004). The effects of extracorporeal shock-wave therapy on the ultrasonographic and histologic appearance of collagenase-induced equine forelimb suspensory ligament desmitis. *Ultrasound in Medicine & Biology*, *30*(4), 461–467. https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2003.12.005

McGuigan, M. P., & Wilson, A.M. (2003). The effect of gait and digital flexor muscle activation on limb compliance in the forelimb of the horse Equus caballus. *Journal of Experimental Biology*, *206*(8), 1325–1336. https://doi.org/10.1242/jeb.00254

Meehan, L., & Labens, R. (2016). Diagnosing desmitis of the origin of the suspensory ligament. *Equine Veterinary Education*, *28*(6), 335-343.

Meierhenry, B. (2005). Suspensory Ligament Injuries in Horses. California: UCDAVIS

Minshall, G. J., & Wright, I. M. (2010). Arthroscopic diagnosis and treatment of intra-articular insertional injuries of the suspensory ligament branches in 18 horses. *Equine Veterinary Journal*, *38*(1), 10–14. https://doi.org/10.2746/042516406775374243

Mitchell, R. D. (2004). *Treatment of tendon and ligament injuries with UBM powder* (ACell-Vet). In Proceedings (Vol. 32, pp. 190-3). 14th Annu Am Coll Vet Surg Forum.

Molloy, T., Wang, Y., & Murrell, G. A. C. (2003). The Roles of Growth Factors in Tendon and Ligament Healing. *Sports Medicine*, *33*(5), 381–394. https://doi.org/10.2165/00007256-200333050-00004

Morales, J. L., Manchado, M., Vivo, J., Galisteo, A. M., Aguera, E., & Miró, F. (1998). Angular kinematic patterns of limbs in elite and riding horses at trot. *Equine Veterinary Journal*, *30*(6), 528–533. https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1998.tb04529.x

Nagy, A., & Dyson, S. (2011). *Magnetic resonance imaging and histological findings in the proximal aspect of the suspensory ligament of forelimbs in nonlame horses. Equine Veterinary Journal, 44(1), 43–50.* doi:10.1111/j.2042-3306.2011.00365.x

Peloso, J.G., Stick, J.A., Soutas-Little, R.W., et al., (1993). Computer-assisted three dimensional gait analysis of amphotericininduced carpal lameness in horses. Am. J. Vet. Res. 54, 1535–1543.

Pezzanite, L., Contino, E., & Kawcak, C. (2018). *Lameness originating from the proximal metacarpus/tarsus: A review of local analgesic techniques and clinical diagnostic findings. Equine Veterinary Education.* doi:10.1111/eve.12904

Pfau, T., Parkes, R. S., Burden, E. R., Bell, N., Fairhurst, H., & Witte, T. H. (2015). Movement asymmetry in working polo horses. *Equine Veterinary Journal*, *48*(4), 517–522. https://doi.org/10.1111/evj.12467

Pluim, M., Martens, A., Vanderperren, K., Sarrazin, S., Koene, M., Luciani, A., van Weeren, P., & Delesalle, C. (2018). Short- and long term follow-up of 150 sports horses diagnosed with tendinopathy or desmopathy by ultrasonographic examination and treated with high-power laser therapy. *Research in Veterinary Science*, *119*, 232–238. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.06.003

Pluim, M., Martens, A., Vanderperren, K., van Weeren, R., Oosterlinck, M., Dewulf, J., Kichouh, M., Van Thielen, B., Koene, M. H. W., Luciani, A., Plancke, L., & Delesalle, C. (2020). High-Power Laser Therapy Improves Healing of the Equine Suspensory Branch in a Standardized Lesion Model. *Frontiers in Veterinary Science*, *7*. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00600

Rabba, S., Grulke, S., Verwilghen, D., Evrard, L., & Busoni, V. (2018). *B-mode and power Doppler ultrasonography of the equine suspensory ligament branches: A descriptive study on 13 horses. Veterinary Radiology & Ultrasound, 59(4), 453–460.* doi:10.1111/vru.12610

Ramires, G. G., de Rezende, M. P. G., de Abreu, U. G. P., & de Oliveira, N. M. (2013). Medidas angulares de equinos da raça quarto de milha utilizados em provas de laço comprido.

In *Embrapa Pantanal-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Simpósio sobre recursos naturais e socioeconómicos do pantanal, 6; Evento de iniciação científica do pantanal, 1., 2013, Corumbá, MS. Desafios e soluções para o Pantanal: resumos. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2013

Ramzan, P. H. L., Palmer, L., Dallas, R. S., & Shepherd, M. C. (2012). Subclinical ultrasonographic abnormalities of the suspensory ligament branch of the athletic horse: A survey of 60 Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, *45*(2), 159–163. https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00588.x

Ratzlaff et al, 1979 (pagina 36 – métodos de analise cinematica) Ratzlaff, M.H., Grant, B.D., Adrian, M., Feeney-Dixon, C., 1979. Evaluation of equine locomotion using electrogoniometry and cinematography: research and clinical applications. Proc. Am. Assoc. Equine Practnrs. 25, 381.

Ratzlaff, M.H. & Grant, B.D., 1986. The use of electrogoniometry and cinematography in the diagnosis and evaluation of forelimb lameness. Proceedings of the Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners 31, 183–198.

Sprayberry, K. A., & Robinson, N. E. (2014). Robinson's Current Therapy in Equine Medicine-E-Book. Elsevier Health Sciences.

Rheimer JM (2010). ‘How to Maximize Image Quality for the Sonographic Evaluation of the Hind Proximal Suspensory Ligament’ Proceedings of American Association of Equine Practitioners 56, 239-243

Rhodin, M., Persson-Sjodin, E., Egenvall, A., Serra Bragança, F. M., Pfau, T., Roepstorff, L., Weishaupt, M. A., Thomsen, M. H., van Weeren, P. R., & Hernlund, E. (2018). Vertical movement symmetry of the withers in horses with induced forelimb and hindlimb lameness at trot. *Equine Veterinary Journal*, *50*(6), 818–824. https://doi.org/10.1111/evj.12844

Riemersma, D.J., van den Bogert, A.J., Jansen, M.O., Schamhardt, H.C., 1996. Influence of shoeing on ground reaction forces and tendon strains in the forelimbs of ponies. Equine Vet. J. 28, 126–132.

Ross, M. W. (2011). Chapter 7 - Movement. In M. W. Ross & S. Dyson (Eds.), *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse* (2nd ed., pp. 64–80). Saunders. https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-6069-7.00007-9

Ross, M. W., Smith, R. K. W., & Smith, J. J. (2006). Anabolic effects of acellular bone marrow, platelet rich plasma, and serum on equine suspensory ligament fibroblasts in vitro. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, *19*(01), 43–47. https://doi.org/10.1055/s-0038-1632972

Ross, M.W. & Dyson, S.J. (2003). Diagnosis and Management of Lameness in the Horse. 2ªedição. Saunders Elsevier. USA.

Schumacher, J., Schramme, M. C., Schumacher, J., & DeGraves, F. J. (2013). Diagnostic analgesia of the equine digit. *Equine Veterinary Education*, *25*(8), 408–421. https://doi.org/10.1111/eve.12001

Smith, R. K. W., & Goodship, A. E. (2008). Tendon and ligament physiology: response to exercise and training. In K. W. Hinchcliff, R. J. Geor, & A. J. Kaneps (Eds.), *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse* (1st ed., pp. 106–128). Saunders Ltd.

Soffler, C., & Hermanson, J. W. (2006). Muscular design in the equine interosseus muscle. *J Morphol, 267(6),* 696–704. https://doi.org/10.1002/jmor.10433

Souza, M. V., Van Weeren, P. R., Van Schie, H. T. M., & Van De Lest, C. H. A. (2010). *Regional differences in biochemical, biomechanical and histomorphological characteristics of the equine suspensory ligament. Equine Veterinary Journal, 42(7), 611–620.* doi:10.1111/j.2042-3306.2010.0089.x

Specht, T.E., Nixon, A.J. & Moyer D.J. (1988). Equine Synovia after an intra-articular injection of lidocaine or mepivacaine. Vet. Surg. 17, 42

Tang, J. B., Xu, Y., Ding, F., & Wang, X. T. (2003). Tendon healing in vitro: Promotion of collagen gene expression by bFGF with NF-κB gene activation. *The Journal of Hand Surgery*, *28*(2), 215–220. https://doi.org/10.1053/jhsu.2003.50052

Taylor, B.M., Tipton, C.M., Adrian, M., Karpovich, P.V., 1966. Action of certain joints in the legs of the horse recorded electrogoniometrically. Am. J. Vet. Res. 27, 85–89.

Thompson, K.H., Cheung, T.K., Silverman, M., 1993. The effect of toe angle on tendon, ligament, band and hoofwall strains. J. Equine Vet. Sci. 13, 651–654

Toews, M. V. (2005). Desvio padrão in www.*wikipedia.org*/. Acedido em 20 de abril de 2021 em https://pt.wikipedia.org/wiki/Desvio_padr%C3%A3o

Tomás, J. M. (2012). *Relevância da imagem ecográfica no diagnóstico de lesão no ligamento suspensor do boleto em equinos* (Dissertação de Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa.

Tóth, F., Schumacher, J., Schramme, M., Holder, T., Adair, H. S., & Donnell, R. L. (2008). *Compressive Damage to the Deep Branch of the Lateral Plantar Nerve Associated with Lameness Caused by Proximal Suspensory Desmitis. Veterinary Surgery, 37(4), 328–335.* doi:10.1111/j.1532-950x.2008.00385.x

Tweedell, K. (2008). New Paths to Pluripotent Stem Cells. *Current Stem Cell Research & Therapy*, *3*(3), 151–162. https://doi.org/10.2174/157488808785740361

van Weeren, P. R. (2013). History. In W. Back & H. M. Clayton (Eds.), *Equine Locomotion* (2nd ed., pp. 1–24). Saunders Ltd.

Wang, C.J., Paich, Avery, S.Y. (2000). Shock waves enhanced neovascularization at the tendon bone junction. An experimental dog model, in *Proceedings of the 3rd Congress International Society Musculoskeletal Shockwave Therapy*;96.

Weiler H, Jaugstetter H, Jacobi R, et al. Effects of extracorporeal shock wave therapy (EWST), in Proceedings. 1st Symp Extracorporeal Shock Wave Uses in Vet Med 2002;39–40

Werpy, N. M., & Denoix, J. M. (2012). Imaging of the equine proximal suspensory ligament. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, *28*(3), 507-525.

Williams, G. & Mckenna, A., (2014). *Horse Movement: Structure, Function and Rehabilitation*. The Crowood Press Ltd. Ramsbury.

Wilson, A. M., McGuigan, M. P., Su, A., & van den Bogert, A. J. (2001). Horses damp the spring in their step. *Nature*, *414*(6866), 895–899. https://doi.org/10.1038/414895a

Yoneno, K., Ohno, S., Tanimoto, K., Honda, K., Tanaka, N., Doi, T., Kawata, T., Tanaka, E., Kapila, S., & Tanne, K. (2005). Multidifferentiation potential of mesenchymal stem cells in three-dimensional collagen gel cultures. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, *75A*(3), 733–741. https://doi.org/10.1002/jbm.a.30488

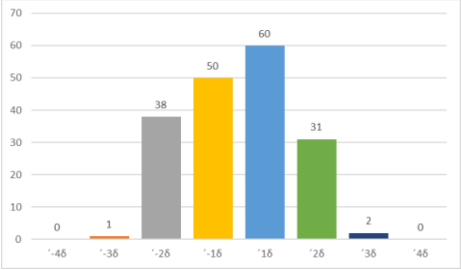
Zauscher, J. M., Estrada, R., Edinger, J., & Lischer, C. J. (2012). The proximal aspect of the suspensory ligament in the horse: How precise are ultrasonographic measurements? *Equine Veterinary Journal*, *45*(2), 164–169. https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00597.x

Zhang, F., Liu, H., Stile, F., Lei, M. P., Pang, Y., Oswald, T. M., Beck, J., Dorsett-Martin, W., & Lineaweaver, W. C. (2003). Effect of Vascular Endothelial Growth Factor on Rat Achilles Tendon Healing. *Plastic and Reconstructive Surgery*, *112*(6), 1613–1619. https://doi.org/10.1097/01.prs.0000086772.72535.a4

Zielińska, P., Nicpoń, J., Kiełbowicz, Z., Soroko, M., Dudek, K., & Zaborski, D. (2020). *Effects of High Intensity Laser Therapy in the Treatment of Tendon and Ligament Injuries in Performance Horses. Animals, 10(8), 1327.* doi:10.3390/ani10081327

Anexos

Anexo I – Valores dos ângulos (n=182) e distribuição das frequências (5.1.2)



(δ)	n casos	(δ)
(-4δ)	0	<-3
(-3δ)	1	>= -3 a < -2
(-2δ)	38	>= -2 a < -1
(-1δ)	50	> = -1 a < 0
(+1δ)	60	> = 0 a < 1
(+2δ)	31	> = 1 a < 2
(+3δ)	2	> = 2 a < 3
(+4δ)	0	> 3
n=	182	

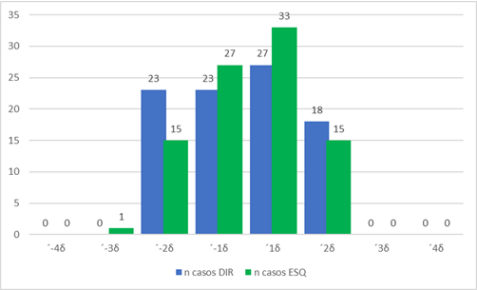
DIR+ESQ	n	Z	(δ)
74	1	-2,12	(-3δ)
76	1	-1,89	(-2δ)
76	2	-1,89	(-2δ)
77	3	-1,77	(-2δ)
77	4	-1,77	(-2δ)
78	5	-1,66	(-2δ)
78	6	-1,66	(-2δ)
78	7	-1,66	(-2δ)
78	8	-1,66	(-2δ)
79	9	-1,54	(-2δ)
79	10	-1,54	(-2δ)
79	11	-1,54	(-2δ)
79	12	-1,54	(-2δ)
79	13	-1,54	(-2δ)
79	14	-1,54	(-2δ)
79	15	-1,54	(-2δ)
80	16	-1,43	(-2δ)
80	17	-1,43	(-2δ)
80	18	-1,43	(-2δ)
80	19	-1,43	(-2δ)
80	20	-1,43	(-2δ)
81	21	-1,31	(-2δ)
81	22	-1,31	(-2δ)
81	23	-1,31	(-2δ)
82	24	-1,20	(-2δ)
82	25	-1,20	(-2δ)
82	26	-1,20	(-2δ)
82	27	-1,20	(-2δ)
82	28	-1,20	(-2δ)
82	29	-1,20	(-2δ)
82	30	-1,20	(-2δ)
83	31	-1,08	(-2δ)
83	32	-1,08	(-2δ)
83	33	-1,08	(-2δ)
83	34	-1,08	(-2δ)
83	35	-1,08	(-2δ)
83	36	-1,08	(-2δ)
83	37	-1,08	(-2δ)
83	38	-1,08	(-2δ)

84	1	-0,96	(-1δ)
84	2	-0,96	(-1δ)
84	3	-0,96	(-1δ)
84	4	-0,96	(-1δ)
84	5	-0,96	(-1δ)
84	6	-0,96	(-1δ)
85	7	-0,85	(-1δ)
85	8	-0,85	(-1δ)
86	9	-0,73	(-1δ)
86	10	-0,73	(-1δ)
86	11	-0,73	(-1δ)
86	12	-0,73	(-1δ)
86	13	-0,73	(-1δ)
86	14	-0,73	(-1δ)
87	15	-0,62	(-1δ)
87	16	-0,62	(-1δ)
87	17	-0,62	(-1δ)
87	18	-0,62	(-1δ)
88	19	-0,50	(-1δ)
88	20	-0,50	(-1δ)
88	21	-0,50	(-1δ)
88	22	-0,50	(-1δ)
88	23	-0,50	(-1δ)
88	24	-0,50	(-1δ)
88	25	-0,50	(-1δ)
89	26	-0,39	(-1δ)
89	27	-0,39	(-1δ)
89	28	-0,39	(-1δ)
90	29	-0,27	(-1δ)
90	30	-0,27	(-1δ)
90	31	-0,27	(-1δ)
90	32	-0,27	(-1δ)
90	33	-0,27	(-1δ)
90	34	-0,27	(-1δ)
90	35	-0,27	(-1δ)
90	36	-0,27	(-1δ)
91	37	-0,16	(-1δ)
91	38	-0,16	(-1δ)
91	39	-0,16	(-1δ)
91	40	-0,16	(-1δ)
91	41	-0,16	(-1δ)
91	42	-0,16	(-1δ)
92	43	-0,04	(-1δ)
92	44	-0,04	(-1δ)
92	45	-0,04	(-1δ)
92	46	-0,04	(-1δ)
92	47	-0,04	(-1δ)
92	48	-0,04	(-1δ)
92	49	-0,04	(-1δ)
92	50	-0,04	(-1δ)

93	1	0,07	(+1δ)
93	2	0,07	(+1δ)
93	3	0,07	(+1δ)
93	4	0,07	(+1δ)
93	5	0,07	(+1δ)
93	6	0,07	(+1δ)
93	7	0,07	(+1δ)
94	8	0,19	(+1δ)
94	9	0,19	(+1δ)
94	10	0,19	(+1δ)
94	11	0,19	(+1δ)
94	12	0,19	(+1δ)
94	13	0,19	(+1δ)
95	14	0,30	(+1δ)
95	15	0,30	(+1δ)
95	16	0,30	(+1δ)
95	17	0,30	(+1δ)
95	18	0,30	(+1δ)
96	19	0,42	(+1δ)
96	20	0,42	(+1δ)
96	21	0,42	(+1δ)
96	22	0,42	(+1δ)
96	23	0,42	(+1δ)
96	24	0,42	(+1δ)
96	25	0,42	(+1δ)
97	26	0,53	(+1δ)
97	27	0,53	(+1δ)
97	28	0,53	(+1δ)
97	29	0,53	(+1δ)
97	30	0,53	(+1δ)
97	31	0,53	(+1δ)
97	32	0,53	(+1δ)
97	33	0,53	(+1δ)
97	34	0,53	(+1δ)
97	35	0,53	(+1δ)
98	36	0,65	(+1δ)
98	37	0,65	(+1δ)
98	38	0,65	(+1δ)
98	39	0,65	(+1δ)
99	40	0,76	(+1δ)
99	41	0,76	(+1δ)
99	42	0,76	(+1δ)
99	43	0,76	(+1δ)
99	44	0,76	(+1δ)
99	45	0,76	(+1δ)
99	46	0,76	(+1δ)
99	47	0,76	(+1δ)
99	48	0,76	(+1δ)
99	49	0,76	(+1δ)
100	50	0,88	(+1δ)
100	51	0,88	(+1δ)
100	52	0,88	(+1δ)
101	53	1,00	(+1δ)
101	54	1,00	(+1δ)
101	55	1,00	(+1δ)
101	56	1,00	(+1δ)
101	57	1,00	(+1δ)
101	58	1,00	(+1δ)
101	59	1,00	(+1δ)
101	60	1,00	(+1δ)

102	1	1,11	(+2δ)
102	2	1,11	(+2δ)
102	3	1,11	(+2δ)
102	4	1,11	(+2δ)
102	5	1,11	(+2δ)
102	6	1,11	(+2δ)
102	7	1,11	(+2δ)
102	8	1,11	(+2δ)
102	9	1,11	(+2δ)
103	10	1,23	(+2δ)
103	11	1,23	(+2δ)
103	12	1,23	(+2δ)
103	13	1,23	(+2δ)
103	14	1,23	(+2δ)
103	15	1,23	(+2δ)
103	16	1,23	(+2δ)
103	17	1,23	(+2δ)
104	18	1,34	(+2δ)
104	19	1,34	(+2δ)
104	20	1,34	(+2δ)
104	21	1,34	(+2δ)
105	22	1,46	(+2δ)
105	23	1,46	(+2δ)
105	24	1,46	(+2δ)
105	25	1,46	(+2δ)
105	26	1,46	(+2δ)
106	27	1,57	(+2δ)
106	28	1,57	(+2δ)
106	29	1,57	(+2δ)
109	30	1,92	(+2δ)
109	31	1,92	(+2δ)
110	1	2,03	(+3δ)
111	2	2,15	(+3δ)

Anexo II – Valores dos ângulos DIR (n=91) e ESQ (n=91) e distribuições do número de casos ‘DIR’ e ‘ESQ’ da amostra de controlo (5.1.5)



ESQ

(δ)	n	(δ)
(-4δ)	0	<-3
(-3δ)	0	>= -3 a < -2
(-2δ)	23	>= -2 e < -1
(-1δ)	23	> = -1 e < 0
(+1δ)	27	> = 0 e < 1
(+2δ)	18	> = 1 e < 2
(+3δ)	0	> = 2 a < 3
(+4δ)	0	> 3

ESQ	n	Z	(δ)
74	1	-1,98	(-3δ)
76	1	-1,76	(-2δ)
77	2	-1,66	(-2δ)
77	3	-1,66	(-2δ)
78	4	-1,55	(-2δ)
78	5	-1,55	(-2δ)
79	6	-1,44	(-2δ)
80	7	-1,33	(-2δ)
80	8	-1,33	(-2δ)
80	9	-1,33	(-2δ)
80	10	-1,33	(-2δ)
80	11	-1,33	(-2δ)
81	12	-1,23	(-2δ)
81	13	-1,23	(-2δ)
82	14	-1,12	(-2δ)
82	15	-1,12	(-2δ)
85	1	-0,80	(-1δ)
86	2	-0,69	(-1δ)
86	3	-0,69	(-1δ)
86	4	-0,69	(-1δ)
86	5	-0,69	(-1δ)
87	6	-0,58	(-1δ)
87	7	-0,58	(-1δ)
88	8	-0,48	(-1δ)
88	9	-0,48	(-1δ)
88	10	-0,48	(-1δ)
88	11	-0,48	(-1δ)
88	12	-0,48	(-1δ)
89	13	-0,37	(-1δ)
89	14	-0,37	(-1δ)
90	15	-0,26	(-1δ)
90	16	-0,26	(-1δ)
90	17	-0,26	(-1δ)
90	18	-0,26	(-1δ)
91	19	-0,15	(-1δ)
91	20	-0,15	(-1δ)
91	21	-0,15	(-1δ)
91	22	-0,15	(-1δ)
92	23	-0,05	(-1δ)
92	24	-0,05	(-1δ)
92	25	-0,05	(-1δ)
92	26	-0,05	(-1δ)
92	27	-0,05	(-1δ)

93	1	0,06	(+1δ)
93	2	0,06	(+1δ)
93	3	0,06	(+1δ)
93	4	0,06	(+1δ)
93	5	0,06	(+1δ)
93	6	0,06	(+1δ)
94	7	0,17	(+1δ)
94	8	0,17	(+1δ)
94	9	0,17	(+1δ)
95	10	0,27	(+1δ)
96	11	0,38	(+1δ)
96	12	0,38	(+1δ)
96	13	0,38	(+1δ)
96	14	0,38	(+1δ)
96	15	0,38	(+1δ)
97	16	0,49	(+1δ)
97	17	0,49	(+1δ)
97	18	0,49	(+1δ)
97	19	0,49	(+1δ)
97	20	0,49	(+1δ)
97	21	0,49	(+1δ)
97	22	0,49	(+1δ)
98	23	0,60	(+1δ)
98	24	0,60	(+1δ)
98	25	0,60	(+1δ)
99	26	0,70	(+1δ)
99	27	0,70	(+1δ)
99	28	0,70	(+1δ)
99	29	0,70	(+1δ)
100	30	0,81	(+1δ)
100	31	0,81	(+1δ)
101	32	0,92	(+1δ)
101	33	0,92	(+1δ)
102	1	1,03	(+2δ)
102	2	1,03	(+2δ)
102	3	1,03	(+2δ)
102	4	1,03	(+2δ)
102	5	1,03	(+2δ)
102	6	1,03	(+2δ)
102	7	1,03	(+2δ)
103	8	1,13	(+2δ)
103	9	1,13	(+2δ)
103	10	1,13	(+2δ)
103	11	1,13	(+2δ)
103	12	1,13	(+2δ)
104	13	1,24	(+2δ)
105	14	1,35	(+2δ)
105	15	1,35	(+2δ)

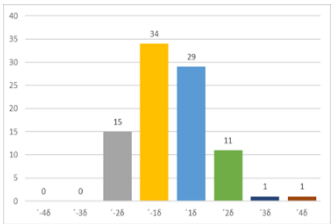
DIR

(δ)	n	(δ)
(-4δ)	0	<-3
(-3δ)	1	>= -3 a < -2
(-2δ)	15	>= -2 e < -1
(-1δ)	27	> = -1 e < 0
(+1δ)	33	> = 0 e < 1
(+2δ)	15	> = 1 e < 2
(+3δ)	0	> = 2 a < 3
(+4δ)	0	> 3

DIR	n	Z	(δ)
76	1	-1,76	(-2δ)
78	2	-1,55	(-2δ)
78	3	-1,55	(-2δ)
79	4	-1,44	(-2δ)
79	5	-1,44	(-2δ)
79	6	-1,44	(-2δ)
79	7	-1,44	(-2δ)
79	8	-1,44	(-2δ)
79	9	-1,44	(-2δ)
81	10	-1,23	(-2δ)
82	11	-1,12	(-2δ)
82	12	-1,12	(-2δ)
82	13	-1,12	(-2δ)
82	14	-1,12	(-2δ)
82	15	-1,12	(-2δ)
83	16	-1,01	(-2δ)
83	17	-1,01	(-2δ)
83	18	-1,01	(-2δ)
83	19	-1,01	(-2δ)
83	20	-1,01	(-2δ)
83	21	-1,01	(-2δ)
83	22	-1,01	(-2δ)
83	23	-1,01	(-2δ)
84	1	-0,90	(-1δ)
84	2	-0,90	(-1δ)
84	3	-0,90	(-1δ)
84	4	-0,90	(-1δ)
84	5	-0,90	(-1δ)
84	6	-0,90	(-1δ)
85	7	-0,80	(-1δ)
86	8	-0,69	(-1δ)
86	9	-0,69	(-1δ)
87	10	-0,58	(-1δ)
87	11	-0,58	(-1δ)
88	12	-0,48	(-1δ)
88	13	-0,48	(-1δ)
89	14	-0,37	(-1δ)
90	15	-0,26	(-1δ)
90	16	-0,26	(-1δ)
90	17	-0,26	(-1δ)
90	18	-0,26	(-1δ)
91	19	-0,15	(-1δ)
91	20	-0,15	(-1δ)
92	21	-0,05	(-1δ)
92	22	-0,05	(-1δ)
92	23	-0,05	(-1δ)

93	1	0,06	(+1δ)
94	2	0,17	(+1δ)
94	3	0,17	(+1δ)
94	4	0,17	(+1δ)
95	5	0,27	(+1δ)
95	6	0,27	(+1δ)
95	7	0,27	(+1δ)
95	8	0,27	(+1δ)
96	9	0,38	(+1δ)
96	10	0,38	(+1δ)
97	11	0,49	(+1δ)
97	12	0,49	(+1δ)
97	13	0,49	(+1δ)
98	14	0,60	(+1δ)
99	15	0,70	(+1δ)
99	16	0,70	(+1δ)
99	17	0,70	(+1δ)
99	18	0,70	(+1δ)
99	19	0,70	(+1δ)
99	20	0,70	(+1δ)
100	21	0,81	(+1δ)
101	22	0,92	(+1δ)
101	23	0,92	(+1δ)
101	24	0,92	(+1δ)
101	25	0,92	(+1δ)
101	26	0,92	(+1δ)
101	27	0,92	(+1δ)
102	1	1,03	(+2δ)
102	2	1,03	(+2δ)
103	3	1,13	(+2δ)
103	4	1,13	(+2δ)
103	5	1,13	(+2δ)
104	6	1,24	(+2δ)
104	7	1,24	(+2δ)
104	8	1,24	(+2δ)
105	9	1,35	(+2δ)
105	10	1,35	(+2δ)
105	11	1,35	(+2δ)
106	12	1,45	(+2δ)
106	13	1,45	(+2δ)
106	14	1,45	(+2δ)
109	15	1,78	(+2δ)
109	16	1,78	(+2δ)
110	17	1,88	(+2δ)
111	18	1,99	(+2δ)

Anexo III - Valores de ASI (n=91) e distribuição das frequências (5.2.2)



(δ)	n casos	(δ)
(-4δ)	0	< -3
(-3δ)	0	>=-3 a < -2
(-2δ)	15	>= -2 e < -1
(-1δ)	34	> = -1 e < 0
(+1δ)	29	> = 0 e < 1
(+2δ)	11	> = 1 e < 2
(+3δ)	1	>= 2 a < 3
(+4δ)	1	> 3

DIR <ESQ [(-2δ) e (-1δ)] ASI [0,98% a 12,00%] n= 40 (44,0%) x̄ ± δ = -5,08 ± 3,13	DIR = ESQ n=5 (5,5%)	DIR > ESQ [(+1δ) e (+2δ)] ASI [0,98% a 12,00%] n= 40 (44,0%) x̄ ± δ = -5,08 ± 3,13

ASI	n	Z	(δ)
-12,35	1	-1,96	(-2δ)
-11,90	2	-1,89	(-2δ)
-10,78	3	-1,71	(-2δ)
-10,64	4	-1,69	(-2δ)
-10,31	5	-1,64	(-2δ)
-9,14	6	-1,45	(-2δ)
-9,05	7	-1,44	(-2δ)
-8,79	8	-1,40	(-2δ)
-8,09	9	-1,29	(-2δ)
-8,09	10	-1,29	(-2δ)
-8,00	11	-1,27	(-2δ)
-7,49	12	-1,19	(-2δ)
-6,98	13	-1,11	(-2δ)
-6,90	14	-1,10	(-2δ)
-6,45	15	-1,03	(-2δ)
-5,52	1	-0,88	(-1δ)
-5,03	2	-0,80	(-1δ)
-4,76	3	-0,76	(-1δ)
-4,76	4	-0,76	(-1δ)
-4,71	5	-0,75	(-1δ)
-4,65	6	-0,74	(-1δ)
-4,65	7	-0,74	(-1δ)
-4,55	8	-0,72	(-1δ)
-4,35	9	-0,69	(-1δ)
-4,26	10	-0,68	(-1δ)
-4,12	11	-0,66	(-1δ)
-4,04	12	-0,64	(-1δ)
-3,96	13	-0,63	(-1δ)
-3,96	14	-0,63	(-1δ)
-3,88	15	-0,62	(-1δ)
-3,77	16	-0,60	(-1δ)
-3,73	17	-0,59	(-1δ)
-3,59	18	-0,57	(-1δ)
-2,53	19	-0,41	(-1δ)
-2,35	20	-0,38	(-1δ)
-2,33	21	-0,37	(-1δ)
-2,30	22	-0,37	(-1δ)
-2,20	23	-0,35	(-1δ)
-1,98	24	-0,32	(-1δ)
-1,96	25	-0,31	(-1δ)
-1,26	26	-0,20	(-1δ)
-1,26	27	-0,20	(-1δ)
-1,09	28	-0,18	(-1δ)
-0,96	29	-0,16	(-1δ)

0,00	30	0,00	(-1δ)
0,00	31	0,00	(-1δ)
0,00	32	0,00	(-1δ)
0,00	33	0,00	(-1δ)
0,00	34	0,00	(-1δ)

0,98	1	0,15	(+1δ)
1,92	2	0,30	(+1δ)
1,94	3	0,30	(+1δ)
2,04	4	0,32	(+1δ)
2,04	5	0,32	(+1δ)
2,04	6	0,32	(+1δ)
2,11	7	0,33	(+1δ)
2,13	8	0,33	(+1δ)
2,15	9	0,34	(+1δ)
2,15	10	0,34	(+1δ)
2,17	11	0,34	(+1δ)
2,90	12	0,45	(+1δ)
2,96	13	0,46	(+1δ)
3,02	14	0,47	(+1δ)
3,17	15	0,50	(+1δ)
3,35	16	0,53	(+1δ)
3,68	17	0,58	(+1δ)
3,87	18	0,61	(+1δ)
3,96	19	0,62	(+1δ)
4,00	20	0,63	(+1δ)
4,04	21	0,64	(+1δ)
4,21	22	0,66	(+1δ)
4,30	23	0,68	(+1δ)
4,88	24	0,77	(+1δ)
5,08	25	0,80	(+1δ)
5,08	26	0,80	(+1δ)
5,24	27	0,82	(+1δ)
5,94	28	0,94	(+1δ)
6,21	29	0,98	(+1δ)
7,41	1	1,17	(+2δ)
7,50	2	1,18	(+2δ)
7,50	3	1,18	(+2δ)
8,53	4	1,35	(+2δ)
9,52	5	1,50	(+2δ)
9,64	6	1,52	(+2δ)
9,90	7	1,56	(+2δ)
10,26	8	1,62	(+2δ)
11,65	9	1,84	(+2δ)
11,65	10	1,84	(+2δ)
12,00	11	1,89	(+2δ)
13,07	1	2,06	(+3δ)
19,80	1	3,13	(+4δ)